



**Самарский государственный
аграрный университет**

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования

ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ И ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

**СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ
XI СТУДЕНЧЕСКОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ**

11 декабря 2025 г.

Кинель 2026

УДК 621.31
ББК 40.76
Э45

Рекомендовано научно-техническим советом Самарского ГАУ

Редакционная коллегия:

Татьяна Сергеевна Гриднева – канд. техн. наук;
Сергей Иванович Васильев – канд. техн. наук, доцент;
Марат Рафаилович Фатхутдинов – канд. техн. наук, доцент.

Э45 Электрооборудование и электротехнологии в сельском хозяйстве: сборник научных трудов. – Кинель: ИБЦ Самарского ГАУ, 2026. – 95 с.

Сборник включает лучшие статьи, представленные на XI научно-практической конференции «Электрооборудование и электротехнологии в сельском хозяйстве» Самарского ГАУ. В сборнике представлены результаты обзора литературных источников, предложены оригинальные схемы и конструкции различных устройств.

Издание представляет интерес для специалистов агропромышленного комплекса, научных и научно-педагогических работников сельскохозяйственного направления, бакалавров, магистрантов, студентов, аспирантов и руководителей сельскохозяйственных предприятий.

Авторы опубликованных статей несут ответственность за патентную чистоту, достоверность и точность приведенных фактов, цитат, экономико-статистических данных, собственных имен и прочих сведений, а также за разглашение данных, не подлежащих открытой публикации. Статьи приводятся в авторской редакции.

УДК 621.31
ББК 40.76

ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ И АВТОМАТИЗАЦИЯ АПК

Обзорная статья
УДК 621.33: 62-529

КЛАССИФИКАЦИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ РОБОТОВ

Иван Александрович Дикуша

Самарский государственный аграрный университет, Кинель, Россия
Ivan.Dikusha@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9563-8602>

В статье рассмотрены промышленные роботы различных видов, разработана их классификация, определены модели роботов, применяемых на современном производстве.

Ключевые слова: робот, автоматизация, классификация, роботизация, промышленное производство.

Для цитирования: Дикуша И.А. Классификация промышленных роботов // Электрооборудование и электротехнологии в сельском хозяйстве: сб. науч. тр. Кинель: ИБЦ Самарского ГАУ, 2026. С. 3-7.

CLASSIFICATION OF INDUSTRIAL ROBOTS

Ivan A. Dikusha

Samara State Agrarian University, Kinel, Russia
Ivan.Dikusha@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9563-8602>

In this article, industrial robots of various types are considered, their classification is developed, and robot models used in modern production are determined.

Keywords: robot, automation, classification, robotization, industrial production.

For citation: Dikusha I. A. (2026). Classification of industrial robots. Electrical equipment and electrical technologies in agriculture: collection of scientific papers. (pp. 3-7). Kinel: PLC Samara SAU (in Russ.).

В современном мире процесс автоматизации затронул практически все отрасли, оптимизируя процессы и повышая эффективность производства. В настоящее время технологии развились на достаточно высокий уровень, в связи с этим появилась необходимость разработать классификацию на промышленную робототехнику [1-6].

Роботы, применяемые в промышленных процессах, выполняют различные функции; промышленные роботы – это автоматические устройства, которые состоят из устройства, задающего программу и манипулятора. Робот выполняет действия, соответствующие параметрам, которые заданы программой. Промышленные роботы задействованы в огромном количестве технологических операций [7, 8].

Современное гибкое автоматизированное производство, где применяются автоматизированные системы, включают в себя промышленных роботов. В настоящее время очень много разных роботов, отличающихся друг от друга выполняемыми функциями, характеристиками и назначением. Но, несмотря на различия в конструкции промышленных роботов, обязательно должны быть управляющий блок, который отвечает за исполнительные органы, и манипулятор. В классификацию промышленных роботов входят несколько видов [9-11].

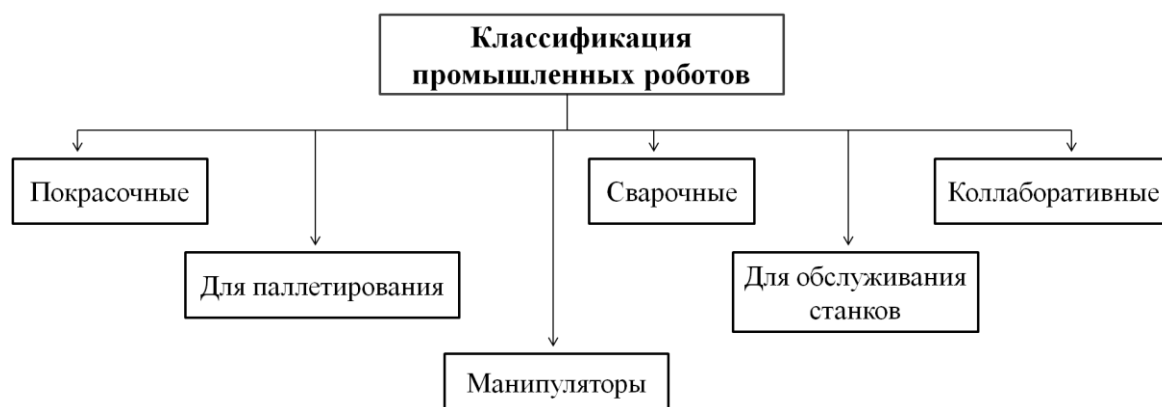


Рис.1. Классификация промышленных роботов

Роботы для покраски выполняют функцию нанесения качественного лакокрасочного покрытия на различные виды поверхностей.

Роботы для сварки создают конструктивно сложные элементы и помогают экономить время и снижать затраты производства.

Роботы для паллетирования используются для разгрузки и загрузки различных грузов на поддонах.

Роботы манипуляторы – с их помощью на производстве перемещают изделия под нужным углом.

Роботы для обслуживания станков, применяются в паре со станком и обеспечивают непрерывную и своевременную загрузку материалов, благодаря такой технологии повышается производительность на 30%. Одного робота хватает на несколько станков.

Роботы коллаборативные работают вместе человеком, имеют небольшие габариты и безопасны, основная область применения – автомобилестроение и электрика.

Основными отраслями, где применяются промышленные роботы являются: сельскохозяйственное производство: здесь роботы встречаются в процессе сборки техники, на животноводческих фермах, в полевых работах, беспилотные летательные аппараты; автомобилестроение: роботы здесь задействованы на всех этапах, они сокращают затраты труда и повышают производительность; пищевая промышленность: роботы задействованы на различных стадиях переработки продукции, снижают себестоимость производимой продукции; электротехника: роботы снижают возможность ошибки благодаря своей точности и способности позиционирования.

Также промышленные роботы можно разделить по типу выполняемых операций: 1) технологические роботы выполняют основные операции; 2) вспомогательные – поднимают и транспортируют грузы; 3) универсальные – выполняют различные операции как основные, так и вспомогательные.

По специализации роботы бывают: 1) специализированными – выполняют операции одного вида; 2) специальные – выполняют конкретный вид технологических операций; 3) универсальные – выполняют расширенный список операций, как вспомогательных и основных.

По типу управления роботы делятся на: промышленные роботы с ЧПУ (числовым программным управлением); 2) промышленные роботы с адаптивным управлением; 3) промышленные роботы с интеллектуальным управляющим блоком.

На сегодняшний день в мире есть много производителей промышленных роботов, но лидерами считаются несколько.

1) *Hanwha* – это высокотехнологичная компания, основанная в Южной Корее. Данная компания занимается выпуском промышленных роботов коллаборативного типа HCR-5A. Робот с очень высокой точностью применим для упаковки и сортировки продукции, сборки и обслуживание станков и др.



Рис. 2. Робот Hanwha HCR-5A

Следующим представителем производства роботов является немецкая фирма Кука. Роботы данной марки отличаются высокой надёжностью и эффективностью. Флагманом компании представляется модель KUKA KR QUANTEC PA. Модель применяется в пищевой промышленности.



Рис. 3. Робот KUKA KR QUANTEC PA



Рис. 4. Робот FANUC M-2000iA/1200

Последним популярным поставщиком промышленных роботов является японская компания Фанук, которая специализируется на создании роботов манипуляторов. Главная модель

FANUC M-2000iA/1200 обладает грузоподъемностью более 1 тонны, отличается высокой производительностью, в настоящее время это один из самых сильных роботов в мире.

В результате можно сделать вывод о том, что промышленные роботы применяются во всех отраслях, производящих определенный вид продукции. В наше время практически ни одно производственное предприятие не обходится без роботов. Использование роботов в производственных процессах значительно повышает качество продукции, эффективность процессов сборки, снижают затраты, исключают человеческий фактор, делают процессы более безопасными и энергоэффективными [12].

Список источников

1. Гриднева Т.С., Нугманов С.С. Автоматизация процесса загрузки дробилки // Актуальные проблемы аграрной науки и пути их решения: сб. науч. тр. Кинель: РИЦ СГСХА. 2016. С. 313-315.

2. Васильев С.И., Машков С.В., Крючин П.В. Теоретическое обоснование автоматизации картирования поля для совершенствования способа отбора проб почвы // Известия Самарской государственной академии. 2019. №1. С. 47-55. doi: 10.12737/27832.

3. Рязанов А.В., Гриднева Т.С., Нугманов С.С. Применение электрофизических способов для повышения эффективности выращивания сельскохозяйственных культур // Инновационные достижения науки и техники АПК : сб. науч. тр. Кинель : РИО СГСХА, 2018. С. 379-381.

4. Разработка интенсивных электротехнологий и технических средств для цифрового сельского хозяйства: отчет о НИР (заключительн.); рук. Машков С.В.; исполн. Крючин П.В., Васильев С.И., Гриднева Т.С., Фатхутдинов М.Р., Нугманов С.С., Ишкин П.А., Сыркин В.А., Мокрицкий С.Н., Афонин А.Е., Бунтова Е.В., Мельникова Н.А., Моргунов Д. Н. Кинель, 2019. 67 с. № АААА-А19-119012490037-5.

5. Gridneva T.S., Mashkov S.V., Syrkin V.A., Vasilyev S.I. Studying the effect of electrohydraulically treated soil solutions on plant growth and development // Bio Web of Conferences. International Scientific-Practical Conference «Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources» (FIES 2020). 2020. P. 62-71.

6. Совершенствование электрофизических способов и технических средств для контроля и воздействия на сельскохозяйственные объекты : отчет о НИР (промежуточ.); рук. Нугманов С.С.; исполн. Гриднева Т.С., Васильев С.И., Савельева Э.Н. Кинель, 2014. 28 с. № ГР 01201376403.

7. Гриднева Т.С., Сыркин В.А., Модернизация устройства управления роботом-манипулятором МП-9С для проведения лабораторных работ по дисциплине «Автоматика» // Инновации в системе высшего образования: сб. науч. тр. Кинель, 2022. С. 166-171.

8. Гриднева Т.С. Электроснабжение : практикум. Кинель : РИЦ СГСХА, 2015. 111 с.

9. Солодовников С.Ю., Сергиевич Т.В. Теоретико-методологические предпосылки исследования роботизации экономики // Экономика и управление, 2022. Т. 28, № 6. С. 538–548.

10. Рамеш Б.Н., Набоков В.И., Скворцов Е.А. Классификация и особенности робототехники в сельском хозяйстве // Аграрный вестник Урала, 2017. № 2 (156). С. 82–88.

11. Зильберман, Н.Н. Социальные роботы-помощники на производстве // Гуманитарная информатика, 2013. Вып. 7. С. 66–71.

12. Энергосберегающие элементы электротехнологии и светокультуры растений, обеспечивающие перспективы развития АПК : монография / С.И. Васильев, С.В. Машков, В.А. Сыркин [и др.]. – Кинель : Самарский государственный аграрный университет, 2022. – 155 с.

References

1. Gridneva T.S. & Nugmanov S.S. (2016). Automation of the crusher loading process. *Actual'nyye problemy agrarnoy nauki i puti ikh resheniya: sb. nauch. tr. (Actual problems of agrarian science and ways to solve them: sat. scientific tr.)*. (pp. 313-315). Kinel (in Russ.)

2. Vasilyev, S.I., Mashkov, S.V. & Kruchin, P.V. (2019). Theoretical underpinning of fields mapping automation for improvement of the way of soil sampling. *Izvestiia Samarskoi gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii (Bulletin Samara State Agricultural Academy)*, 1, 47-55. (In Russ.). Doi: 10.12737/27832.

3. Ryazanov A.V., Gridneva, T. S. & Nugmanov S. S. (2018). The use of electrophysical methods to increase the efficiency of growing crops. *Innovacionnye dostizheniya nauki i tekhniki APK : sb. nauch. tr. (Innovative achievements of science and technology of the agro-industrial complex : collection of scientific works)*. (pp. 379-381). Kinel (in Russ.).

4. Maschkov S.V., Vasiliev S.I., Kruchin, P.V. [et al] (2017) Development of intensive electrical technologies and technical means for digital agriculture. Research report, Kinel, 67, no. GR AAAA-A19-119012490037-5 (in Russ).

5. Gridneva T. S., Mashkov S. V., Syrkin V. A. & Vasilyev S. I. (2020). Studying the effect of electrohydraulically treated soil solutions on plant growth and development. *Bio Web of Conferences. International Scientific-Practical Conference «Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources» (FIES 2020)*, 62-71.

6. Nugmanov S.S., Gridneva T.S., Vasiliev S.I., Savelyeva E.N. (2014). Improvement of electrophysical methods and technical means for control and impact on agricultural facilities. Research report, Kinel, 28. No. GR 01201376403 (in Russ).

7. Gridneva T.S. & Syrkin V.A. (2022). Modernization of the control device of the manipulator robot MP-9C for laboratory work on the discipline «Automation». : *sb. nauch. tr. (Innovations in the system of higher education : collection of scientific works)*. (pp. 166-171). Kinel (in Russ.).

8. Gridneva, T.S. (2015). Power supply : workshop. Kinel. 186 p. (in Russ.).

9. Solodovnikov S.Yu. & Serhievich T.V. (2022). Theoretical and methodological prerequisites for studying economy robotization. *Ekonomika i upravlenie. (Economics and Management)*, 28(6), 538-548. (In Rus).

10. Ramesh B.N., Nabokov V. I. & Skvortsov , E. A. (2017). Classification and features of robotics in agriculture. *Agrarian Bulletin of the Urals*, 2(156), 82-88. (In Rus).

11. Zilberman N.N. (2013). Social robots-assistants in production. *Humanitarian Informatics*, 7, pp. 66-71. (In Rus).

12. Vasilyev, S.I., Mashkov, S.V. Syrkin V.A. [et al] (2022). Energy-saving elements of electrical technology and light culture of plants, providing prospects for the development of agriculture (in Russ.).

Информация об авторе:

Дикуща И. А. – магистрант.

Information about the author:

Dikusha I. A. – master's student.

Вклад автора:

Дикуща И. А. – написание статьи.

Contribution of the author:

Dikusha I. A. – writing articles.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

Илья Александрович Тургулин¹, Степан Игоревич Петров²,
Татьяна Сергеевна Гриднева³

^{1,2,3}Самарский государственный аграрный университет, Кинель, Россия

¹turgusha135@gmail.com, orcid: 0009-0001-3264-5247

²stepan.petrov.1996@mail.ru

³t-grid@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0001-8413-170X>

Представлены особенности использования солнечной энергии для теплоснабжения сельскохозяйственных потребителей.

Ключевые слова: энергопотребление, сельское хозяйство, потребитель, теплоснабжение, солнечная установка.

Для цитирования: Тургулин И. А., Петров С. И., Гриднева Т. С. Использование солнечной энергии для теплоснабжения сельскохозяйственных потребителей// Электрооборудование и электротехнологии в сельском хозяйстве: сб. науч. тр. Кинель: ИБЦ Самарского ГАУ, 2026. С. 8-11.

THE USE OF SOLAR ENERGY FOR HEAT SUPPLY AGRICULTURAL CONSUMERS

Ilya A. Turgulin¹, Stepan I. Petrov², Tatiana S. Gridneva³

^{1,2,3} Samara State Agrarian University, Kinel, Russia

¹turgusha135@gmail.com, orcid: 0009-0001-3264-5247

²stepan.petrov.1996@mail.ru

³t-grid@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0001-8413-170X>

The features of the use of solar energy for heat supply to agricultural consumers are presented.

Keywords: energy consumption, agriculture, consumer, heat supply, solar installation.

For citation: Turgulin I. A., Petrov S. I. & Gridneva T. S. (2026). Automated commercial accounting systems electricity. Electrical equipment and electrical technologies in agriculture: collection of scientific papers. (pp. 8-11). Kinel: PLC Samara SAU (in Russ.).

Сельское хозяйство играет ключевую роль в обеспечении населения продовольствием, однако эта отрасль также является значительным потребителем энергии. Понимание особенностей энергопотребления в сельскохозяйственном секторе важно для разработки эффективных стратегий управления энергетическими ресурсами [1-6].

Основными особенностями энергопотребления сельскохозяйственных потребителей являются [7-9]:

- сезонность, т.к. энергопотребление в сельском хозяйстве имеет ярко выраженный сезонный характер, обусловленный циклами производственных процессов. Периоды посева, орошения, сбора урожая требуют значительно больше энергии, чем межсезонные периоды;
- распределённость. Сельскохозяйственные объекты, такие как фермы, теплицы, ирригационные системы, зачастую расположены на значительном расстоянии друг от друга, что усложняет централизованное управление энергопотреблением;

- зависимость от погодных условий. Многие сельскохозяйственные процессы, включая орошение, сушку, охлаждение, в значительной степени зависят от погодных условий, что делает энергопотребление менее предсказуемым;
- высокая доля энергозатрат. Сельское хозяйство относится к энергоемким отраслям, где затраты на энергоресурсы могут составлять до 30% от общих производственных издержек.

Для повышения энергоэффективности сельскохозяйственного производства необходимо применять комплексные решения, включающие внедрение энергосберегающих технологий, использование возобновляемых источников энергии, оптимизацию производственных процессов и управления энергопотреблением [10]. Только комплексный подход позволит сельскохозяйственным производителям сократить энергетические затраты, снизить воздействие на окружающую среду и повысить конкурентоспособность отрасли в целом.

Стратегию развития энергетической базы села составляют перспективные направления и целевые показатели развития систем и средств энергообеспечения, снижения энергоемкости сельхозпроизводства и роста его энергоэффективности, повышения комфортности проживания и труда сельских жителей, а также прогнозируемые потребности в энергии и структура энергоносителей [10].

На долю сельского хозяйства России приходится около 10 % всей потребляемой энергии в стране, а с учётом местных источников топлива – до 15% [11].

Плотность электрической нагрузки сельских электрических сетей небольшая, т.к. потребители электрической энергии разбросаны по значительной территории. Помимо этого, сельские электрические сети имеют большую протяженность, что значительно снижает надежность электроснабжения. Также, где ведется сельскохозяйственное производство, имеются регионы без централизованного энергоснабжения. Поэтому энергоёмкость продукции в сельском хозяйстве примерно в два раза выше, чем в промышленности.

Значительно снизилась надежность и качество энергоснабжения, возросло число и продолжительность отключений электроэнергии и теплоснабжения по различным причинам, так что по всем энергетическим показателям имеется отставание по сравнению с передовыми странами. При наличии значительных запасов энергоресурсов, как традиционных, так и местных, использование их в сельском хозяйстве еще не стало рациональным и эффективным [10].

Снижение показателей энергоемкости продукции сельского хозяйства определялось рядом факторов:

- значительное перемещение доли производимой продукции из общественного сектора в частный;
- значительное (непропорциональное) увеличение тарифов на энергоресурсы;
- имеющий место в последнее время рост продуктивности сельхозпроизводства положительно повлиял на снижение энергоемкости;
- технический прогресс, включая реализацию новых энергоэкономных и менее затратных технологий, процессов, оборудования и технических средств с трудом, но все же пробивает себе дорогу. Их внедрение на объектах отраслей сельскохозяйственного производства также способствует снижению энергозатрат.

В настоящее время разрабатываются системы и средства автономного энергообеспечения с использованием газа, местных и возобновляемых энергоресурсов. Ряд их уже разработан, и они могут использоваться теми потребителями, где они окажутся наиболее эффективными.

Поэтому важной задачей является разработка методологии и рекомендаций по выбору и обоснованию эффективных систем и технических средств энергообеспечения характерных сельских объектов.

В эпоху глобального климатического кризиса, растущих цен на энергоносители и стремления к экологически чистым решениям, солнечные установки приобретают все большую актуальность. Это инновационная технология, способная не только удовлетворить наши энергетические потребности, но и внести весомый вклад в сохранение окружающей среды.

Главным преимуществом солнечных установок является их возобновляемость и экологичность. В отличие от традиционных источников энергии, таких как ископаемое топливо, солнечная энергия не производит вредных выбросов и не истощает природные

ресурсы. Более того, использование солнечных установок позволяет снизить зависимость от колебаний цен на ископаемое топливо, обеспечивая стабильность энергоснабжения.

Помимо экологических преимуществ, солнечные технологии становятся все более доступными и экономически выгодными для домохозяйств и предприятий. Снижение стоимости солнечных панелей, наряду с государственными субсидиями и налоговыми льготами, делают эту технологию все более привлекательной для широкого круга потребителей. Инвестиции в солнечные установки не только позволяют снизить энергетические расходы, но и могут стать источником дополнительного дохода за счет продажи избытков электроэнергии в сеть.

Таким образом, солнечные установки представляют собой ключевое решение для перехода к более устойчивому и экологичному будущему. Их широкое распространение не только способствует сокращению выбросов парниковых газов, но и открывает новые возможности для экономического развития и повышения энергетической независимости. Инвестиции в солнечную энергетику – это инвестиции в здоровье планеты и благополучие будущих поколений.

Список источников

1. Рязанов А.В., Гриднева Т.С., Нугманов С.С. Применение электрофизических способов для повышения эффективности выращивания сельскохозяйственных культур // Инновационные достижения науки и техники АПК: сб. науч. тр. Кинель: РИО СГСХА, 2018. С. 379-381.

2. Разработка интенсивных электротехнологий и технических средств для цифрового сельского хозяйства: отчет о НИР (заключительн.); рук. Машков С.В.; исполн. Крючин П.В., Васильев С.И., Гриднева Т.С., Фатхутдинов М.Р., Нугманов С.С., Ишкин П.А., Сыркин В.А., Мокрицкий С.Н., Афонин А.Е., Бунтова Е.В., Мельникова Н.А., Моргунов Д.Н. Кинель, 2019. 67 с. № АААА-А19-119012490037-5.

3. Сыркин В.А., Гриднева Т.С., Васильев С.И., Тарасов С.Н. Исследование воздействия магнитного поля на семена проса // Инновационные достижения науки и техники АПК: Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции. – Самара: Самарская государственная сельскохозяйственная академия, 2018. – С. 673-676.

4. Энергосберегающие элементы электротехнологий и светокультуры растений, обеспечивающие перспективы развития АПК : монография / С. И. Васильев, С. В. Машков, В. А. Сыркин [и др.]. – Кинель : Самарский государственный аграрный университет, 2022. – 155 с.

5. Mashkov S.V, Vasil'ev S.I., Fatkhutdinov M.R. Gridneva T. Using an electric field to stimulate the vegetable crops growth // International Transaction Journal of Engineering, Management and Applied Sciences and Technologies. 2020. No.16. Vol. 11. P. 1-11. Doi: 10.14456/ITJEMAST.2020.331.

6. Васильев С.И., Машков С.В., Сыркин В.А. Комплекс энергосберегающих элементов технологии выращивания овощных культур в контролируемых условиях // Вестник аграрной науки Дона, 2020. № 4(52). С. 10-19.

7. Гриднева Т.С. Электроснабжение : практикум. Кинель : РИЦ СГСХА, 2015. 111 с.

8. Гриднева Т.С., Нугманов С.С., Сыркин В.А. Возможности энергосбережения при использовании бытовых электроприемников // Инновационные достижения науки и техники АПК : сб. науч. тр. Кинель : РИО Самарского ГАУ, 2019. С. 375-378.

9. Васильев С.И., Гриднева Т.С. Оценка влияния энергоэффективных источников света на качество электроэнергии в электрических сетях и системах электроснабжения // Инновационные достижения науки и техники АПК : сборник научных трудов. – Кинель : РИО Самарского ГАУ, 2019. – С. 369-372.

10. Стребков Д.С., Тихомиров Д.А., Тихомиров А.В. Показатели потребления топливно-энергетических ресурсов в сельском хозяйстве и энергоемкости сельхозпроизводства, их прогноз на период до 2030 года // Вестник ВНИИМЖ, 2018. № 4(32). С.4-8.

11. Ахметжанов Р.А. Повышение эффективности использования солнечной и ветровой энергии для теплоснабжения сельскохозяйственных потребителей : дисс. канд. техн. наук. Челябинск, 2005. 186 с.

References

1. Ryazanov A.V., Gridneva, T.S. & Nugmanov, S.S. (2018). The use of electrophysical methods to increase the efficiency of growing crops. *Innovacionnye dostizheniya nauki i tekhniki APK: sb. nauch. tr. (Innovative achievements of science and technology of the agro-industrial complex: collection of scientific works)*. (pp. 379-381). Kinel (in Russ.).
2. Maschkov S.V., Vasiliev S.I., Kruchin, P.V. [et al] (2019). Development of intensive electrical technologies and technical means for digital agriculture. Research report, Kinel, 67, no. GR AAAA-A19-119012490037-5 (in Russ.).
3. Syrkin V.A., Gridneva T.S., Vasiliev S.I. & Tarasov S.N. (2018). Study of the impact of a magnetic field on millet seeds. *Innovative achievements of science and technology of the agro-industrial complex: Collection of scientific papers of the International Scientific and Practical Conference*. Samara: Samara State Agricultural Academy. (pp. 673-676). (in Russ.).
4. Vasilyev, S.I., Mashkov, S.V. Syrkin V.A. [et al] (2022). Energy-saving elements of electrical technology and light culture of plants, providing prospects for the development of agriculture (in Russ.).
5. Mashkov S.V, Vasil'ev S.I., Fatkhutdinov M.R. & Gridneva T.S. (2020). Using an electric field to stimulate the vegetable crops growth. *International Transaction Journal of Engineering, Management and Applied Sciences and Technologies*, 16, 11, 1-11. Doi: 10.14456/ITJEMAST.2020.331.
6. Vasilyev, S.I., Mashkov, S.V. & Syrkin V.A. (2020). A complex of energy-saving elements for the technology of growing vegetable crops under controlled conditions. *Vestnik agrarnoj nauki Dona (Bulletin of Agrarian Science of the Don)*, 4 (52), 10-19.
7. Gridneva, T.S. (2015). Power supply : workshop. Kinel. 186 p. (in Russ.).
8. Gridneva T.S., Nugmanov S.S. & Syrkin V.A. (2019). Energy saving possibilities when using household electric receivers. *Innovacionnye dostizheniya nauki i tekhniki APK : sb. nauch. tr. (Innovative achievements of science and technology of the agro-industrial complex : collection of scientific works)*. (pp. 375-378). Kinel (in Russ.).
9. Vasilyev, S.I. & Gridneva T.S. (2019). Assessment of the impact of energy-efficient light sources on the quality of electricity in electrical networks and power supply systems // *Innovacionnye dostizheniya nauki i tekhniki APK : sb. nauch. tr. (Innovative achievements of science and technology of the agro-industrial complex : collection of scientific works)*. (pp. 369-372). Kinel (in Russ.).
10. Strebkov D.S., Tikhomirov D.A., Tikhomirov A.V. (2018). Indicators of consumption of fuel and energy resources in agriculture and energy intensity of agricultural production, their forecast for the period up to 2030. *Vestnik VNIIMZH (Bulletin of VNIIMZH)*, 4(32), 4-8.
11. Akhmetzhanov R.A. Povyshenie effektivnosti ispol'zovaniya solnechnoj i vetrovoj energii dlya teplosnabzheniya sel'skohozyajstvennyh potrebitelej. Diss. kand. tehn. nauk (Improving the efficiency of using solar and wind energy for heat supply to agricultural consumers. Ph.D. Tesis). Chel-yabinsk. 2005. 186 p. (in Russ.).

Информация об авторах:

Тургулин И. А. – магистрант;
Петров С. И. – магистрант;
Гриднева Т. С. – кандидат технических наук, доцент.

Information about the authors:

Turgulin I. A. – master's student;
Petrov S. I. – master's student;
Gridneva T. S. – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor.

Вклад авторов:

Тургулин И. А. – написание статьи;
Петров С. И. – написание статьи;
Гриднева Т. С. – научное руководство.

Contribution of the authors:

Turgulin I. A. – writing articles;
Petrov S. I. – writing articles;
Gridneva T. S. – scientific management.

РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СХЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ГИДРОПОННОЙ УСТАНОВКИ

**Роман Вячеславович Нефедов¹, Степан Сергеевич Радченко²,
Владимир Анатольевич Сыркин³**

^{1,2,3} Самарский государственный аграрный университет, Кинель, Россия

¹rom.nefyodow2014@yandex.ru. <https://orcid.org/0009-0005-4274-9575>

²stepan.radchenko.2014@mail.ru <https://orcid.org/0009-0008-4091-3732>

³Sirkin_VA@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2531-5423>

Разработана электрическая схема управления автоматизированной гидропонной установкой. Схема позволяет управлять установкой в автоматическом и ручном режимах.

Ключевые слова: гидропоника, полив, досвечивание, магнитная стимуляция, электрическая схема, автоматизация.

Для цитирования: Нефедов Р. В., Радченко С. С., Сыркин В. А. Разработка электрической схемы автоматизированной гидропонной установки // Электрооборудование и электротехнологии в сельском хозяйстве: сб. науч. тр. Кинель : ИБЦ Самарского ГАУ, 2026. С. 12-15.

JUSTIFICATION OF THE CONVEYOR PARAMETERS OF THE INSTALLATION FOR SOWING AND MAGNETIC STIMULATION OF MICROGREEN SEEDS

Roman V. Nefedov¹, Stepan S. Radchenko², Vladimir A. Syrkin³

^{1,2,3} Samara State Agricultural University, Kinel, Russia

¹rom.nefyodow2014@yandex.ru. <https://orcid.org/0009-0005-4274-9575>

²stepan.radchenko.2014@mail.ru <https://orcid.org/0009-0008-4091-3732>

³Sirkin_VA@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2531-5423>

An electrical control circuit for an automated hydroponic system has been developed. The circuit allows for automatic and manual operation.

Keywords: hydroponics, watering, supplementary lighting, magnetic stimulation, electrical circuit, automation.

For citation: Nefedov R. V., Radchenko S. S. & Syrkin V. A. (2026). Development of an electrical circuit for an automated hydroponic system. Electrical equipment and electrical technologies in agriculture: collection of scientific papers. (pp. 12-15). Kinel : PLC Samara SAU (in Russ.)

Использование автоматизированных систем в сельском хозяйстве позволяет снизить затраты труда и повысить качество производственного процесса за счет постоянного контроля и управления. При этом использование дополнительных способов стимуляции, например, таких как воздействие на растения магнитным полем, позволяет повысить интенсивность роста и урожайность. Это влияет на снижение периода выращивания, затрат труда и электроэнергии [1, 2, 3, 8].

Цель исследований – повышение эффективности выращивания растений за счет использования автоматизированной гидропонной установки.

Задача исследований: разработать электрическую принципиальную схему автоматизированной гидропонной установки.

На кафедре «Электрификация и автоматизация АПК» разработана автоматизированная установка с применением магнитной стимуляции растений. Установка представляет собой четырех ярусную ступенчатую автоматизированную конструкцию. Она включает гидропонную систему, систему досвечивания и систему магнитной стимуляции [4, 5].

Для функционирования устройства, была разработана электрическая схема устройства выращивания растений, совмещающая в себе схему управления и силовую (рис.).

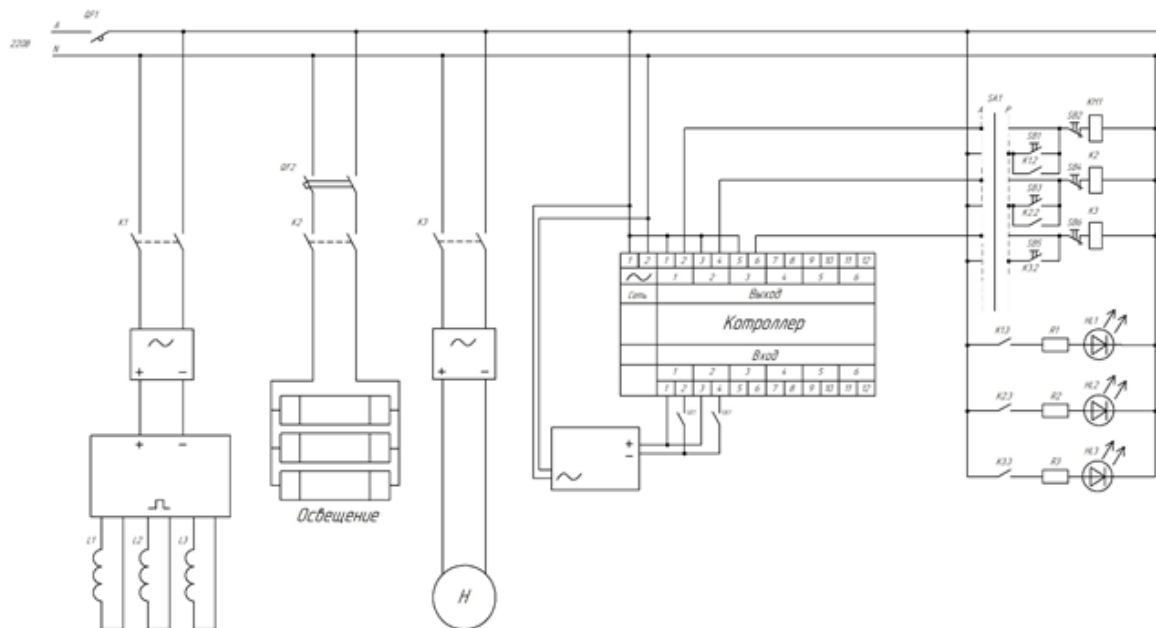


Рис. Электрическая принципиальная схема управления автоматизированной гидропонной установкой

Схема управления позволяет работать устройству в автоматическом режиме, а также в ручном режиме, переключая переключатель S1 в положения «А» или «Р». Работа системы в автоматическом режиме осуществляется при помощи программируемого контроллера (ПЛК МК120.64Р-35.2Т), а в ручном управлении кнопками – SB1...SB3 [6, 7, 9-11].

Рассмотрим принцип работы системы в автоматическом режиме.

При нажатии на кнопку «ВКЛ.» на программируемом контроллере включаются магнитные пускатели KM1, KM2 и KM3, которые в свою очередь включают катушки индуктивности LL1...LL24, водяной насос Н, а также светодиодные лампы. Установка начинает функционировать.

Катушки индуктивности LL1...LL24 и светодиодные фитолампы так же подключены к контроллеру. С помощью контроллера программируется их время работы [6].

Таким образом, разработанная схема управления позволит автоматизировать процессы выращивания растений, что снизит затраты туда и увеличить урожайность растений.

Список источников

1. Васильев С.И., Машков С.В., Сыркин В.А. Комплекс энергосберегающих элементов технологии выращивания овощных культур в контролируемых условиях // Вестник аграрной науки Дона. – Зерноград: РИО Донского ГАУ, 2020. – С. 10-19.

2. Рамазанов Р.А., Сабиров Д.Х., Сыркин В.А. Воздействие магнитного поля на биологические объекты // Электрооборудование и электротехнологии в сельском хозяйстве : Сборник научных трудов по материалам II Всероссийской научно-практической конференции. Самара: Самарская государственная сельскохозяйственная академия, 2017. – С. 137-141.

3. Сыркин В.А. Результаты исследования воздействия магнитного поля на всхожесть семян микрорзелени горчицы // Совершенствование инженерно-технического обеспечения производственных процессов и технологических систем: Материалы национальной научно-практической конференции с международным участием, посвященной 75-летию основания инженерного факультета ФГБОУ ВО Оренбургский ГАУ. – Оренбург: ФГБОУ ВО Оренбургский ГАУ, 2025. – С. 152-156.

4. Петров А.М., Сыркин В.А. Анализ зарубежных сеялок для рядового посева и тенденции их развития // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2007. – № 3. – С. 26-28.

5. Сыркин В.А. Обоснование подачи семян катушечно-штифтовым посевающим аппаратом // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2015. – № 3. С. 49-52.

6. Кочетов В.И., Сыркин В.А. Электротехника и электроника : методические указания для практических занятий. Кинель : Самарская государственная сельскохозяйственная академия, 2014. – 52 с.

7. Патент № 2699720 С1 Российская Федерация, МПК А01G 7/04. Устройство магнитной стимуляции растений : № 2018132780 : заявл. 14.09.2018 : опубл. 09.09.2019 / В. А. Сыркин, С. И. Васильев, П. В. Крючин [и др.] ; заявитель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Самарский государственный аграрный университет". – EDN IWNFOB.

8. Гриднева Т.С., Нугманов С.С. Автоматизация процесса загрузки дробилки // Актуальные проблемы аграрной науки и пути их решения : сб. науч. тр. Кинель : РИЦ СГСХА. 2016. С. 313-315.

9. Установка для предпосевной стимуляции семян Сыркин В.А., Котов Д.Н., Киселев Р.В., Гриднева Т.С., Тарасов С.Н., Фатхутдинов М.Р. Патент на полезную модель RU 187044 U1, 14.02.2019. Заявка № 2018132766 от 14.09.2018.

10. Сыркин, В. А. Исследование воздействия импульсного магнитного поля на семена пшеницы / В. А. Сыркин, Р. В. Киселев, С. С. Зотов // Вклад молодых ученых в аграрную науку : материалы Международной научно-практической конференции, Кинель, 18 апреля 2018 года. – Кинель: Самарская государственная сельскохозяйственная академия, 2018. – С. 263-267.

11. Васильев С. И., Машков С. В., Гриднева Т. С., Кудряков Е. В. Обоснование характеристик электрического поля для повышения энергосбережения при выращивании овощных культур // Самара АгроВектор. 2022. Т. 2. № 2. С. 17-27. doi: 10.55170/29493536_2022_2_2_17.

References

1. Vasiliev S.I., Mashkov S.V., Syrkin V.A. (2020). Complex of energy-saving elements of technology for growing vegetable crops under controlled conditions // *Bulletin of agrarian science of the Don*. - Zernograd: RIO Donskogo SAU. - (pp.10-19). (in Russ.).

2. Ramazanov, R.A. The effect of a magnetic field on biological objects / R.A. Ramazanov, D.H. Sabirov, V.A. Syrkin // *Electrical equipment and electrical technologies in agriculture : A collection of scientific papers based on the materials of the II All-Russian Scientific and Practical Conference*. Samara: Samara State Agricultural Academy, 2017. pp. 137-141.

3. Syrkin V.A. (2025). Results of a study on the effect of a magnetic field on the germination of mustard microgreen seeds // *Improving the engineering and technical support of production processes and technological systems: Proceedings of the national scientific and practical conference*

with international participation dedicated to the 75th anniversary of the founding of the engineering faculty of the Orenburg State Agrarian University. (pp.152-156). (in Russ.).

4. Petrov A.M., Syrkin V. A. (2007). Analysis of foreign seeders for ordinary seeding and trends in their development // *Proceedings of the Samara State Agricultural Academy*, 3, 26-28.

5. Syrkin V.A. (2015). Justification for seed delivery by a reel-and-pin seeding device // *Proceedings of the Samara State Agricultural Academy*, 3, 49-52.

6. Kochetov V. I., Syrkin V. A. (2014). Electrical engineering and electronics : *guidelines for practical exercises* – Kinel : Samara State Agricultural Academy. 52 p.

7. Patent No. 2699720 C1, Russian Federation, IPC A01G 7/04. Device for Magnetic Stimulation of Plants : No. 2018132780 : filed on 14.09.2018 : published on 09.09.2019 / V. A. Syrkin, S. I. Vasilyev, P. V. Kryuchin [et al.] ; applicant: Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Samara State Agrarian University".

8. Gridneva T. S. & Nugmanov S. S. (2016). *Automation of the crusher loading process. Aktual'nyye problemy agrarnoy nauki i puti ikh resheniya : sb. nauch. tr. (Actual problems of agrarian science and ways to solve them: sat. scientific tr.)*. (pp. 313-315). Kinel (in Russ.)

9. Patent No. 187044 U1 Russian Federation. Installation for pre-sowing seed stimulation / V.A. Syrkin, Kotov D.N., Kiselev R.V., Gridneva T.S., Tarasov S.N., Fatkhutdinov M.R.; applicant Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Samara State Agrarian University" No. 2018132766: application. 14/09/2018 (in Russ.).

10. Syrkin, V. A. Research on the Effect of a Pulsed Magnetic Field on Wheat Seeds / V. A. Syrkin, R. V. Kiselev, and S. S. Zotov // *Contribution of Young Scientists to Agricultural Science: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference, Kinel, April 18, 2018.* – Kinel: Samara State Agricultural Academy, 2018. – Pp. 263-267.

11. Vasil'ev, S. I., Maschkov, S. V., Gridneva, T. S. & Kudryakov, E. V. (2022). Substantiation of the characteristics of the electric field to increase energy saving in growing vegetables. *Samara AgroVektor (Samara AgroVector)*, 2, 2, 17-27. (In Russ.). doi: 10.55170/29493536_2022_2_2_17.

Информация об авторах:

Сыркин В. А. – кандидат технических наук, доцент;

Нефедов Р. В. – магистрант;

Радченко С. С. – магистрант.

Information about the authors:

Syrkin V. A. – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;

Nefedov R. V. – master's student;

Radchenko S. S. – master's student.

Вклад авторов:

Сыркин В. А. – научное руководство;

Нефедов Р. В. – написание статьи;

Радченко С. С. – написание статьи.

Contribution of the authors:

Syrkin V. A. – scientific management;

Nefedov R. V. – writing articles;

Radchenko S. S. – writing articles.

РАЗРАБОТКА СТРУКТУРЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПЧЕЛОВОДЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

Андрей Сергеевич Дорофеев¹, Владимир Анатольевич Сыркин²

^{1,2}Самарский государственный аграрный университет, Самара, Россия

¹andrejdorofeev982@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0009-8445-9508>

²Sirkin_VA@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2531-5423>

В статье рассматривается автоматизированный комплекс для пчеловодства, ориентированный на повышение продуктивности и устойчивости пчелиных семей за счет применения сенсорных систем, робототехнических средств и интеллектуальных алгоритмов управления. Представлена архитектура комплекса, включающая аппаратный и программный уровни, описаны основные методы мониторинга состояния ульев и автоматического регулирования микроклимата. Особое внимание уделено примеру расчета экономической и производственной эффективности внедрения автоматизированного комплекса.

Ключевые слова: пчеловодство, автоматизация, IoT, интеллектуальные системы, сенсорный мониторинг, экономическая эффективность.

Для цитирования: Дорофеев А. С., Сыркин В. А. Разработка структуры автоматизированного пчеловодческого комплекса // Электрооборудование и электротехнологии в сельском хозяйстве: сб. науч. тр. Кинель : ИБЦ Самарского ГАУ, 2026. С. 16-19.

DEVELOPMENT OF THE STRUCTURE OF AN AUTOMATED BEEKEEPING COMPLEX

Andrey S. Dorofeev¹, Vladimir A. Syrkin²

^{1,2} Samara State Agrarian University, Samara, Russia

¹andrejdorofeev982@gmail.com , <https://orcid.org/0009-0009-8445-9508>

²Sirkin_VA@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2531-5423>

The article discusses an automated complex for beekeeping, focused on increasing the productivity and sustainability of bee colonies through the use of sensor systems, robotic means and intelligent control algorithms. The architecture of the complex is presented, including hardware and software levels, the main methods of monitoring the state of hives and automatic regulation of microclimate are described. Special attention is paid to the example of calculating the economic and production efficiency of implementing an automated complex

Keywords: beekeeping, automation, IoT, intelligent systems, sensor monitoring, economic efficiency.

For citation: Dorofeev A. S. & Syrkin V. A. (2026). Development of the structure of an automated beekeeping complex. Electrical equipment and electrical technologies in agriculture: collection of scientific papers. (pp. 16-19). Kinel : PLC Samara SAU (in Russ.)

Пчеловодство является важнейшей отраслью сельского хозяйства, обеспечивающей производство меда, воска и других продуктов, а также выполняющей ключевую функцию

опыления сельскохозяйственных культур. В условиях современного агропромышленного комплекса пчеловодство сталкивается с рядом проблем: ростом заболеваемости пчел, сокращением численности семей, усложнением климатических условий и дефицитом квалифицированных кадров [1-4].

Традиционные методы обслуживания пасек требуют значительных временных затрат и зависят от субъективного опыта пчеловода. Это приводит к запаздыванию выявления заболеваний, роения и неблагоприятных условий содержания. В связи с этим актуальной является разработка автоматизированных комплексов для пчеловодства, обеспечивающих непрерывный мониторинг состояния ульев и поддержку принятия решений [1].

Структура автоматизированного пчеловодческого комплекса.

1. Аппаратная часть.

Автоматизированный комплекс включает следующие основные элементы:

- Интеллектуальный улей, оснащенный датчиками температуры, влажности и концентрации CO₂;
- Весовой модуль, установленный под ульем, для определения динамики массы;
- Акустический датчик, регистрирующий характерный звуковой фон пчелиной семьи;
- Исполнительные устройства (вентиляционные заслонки, нагревательные элементы);
- Коммуникационный модуль (LoRa, GSM или Wi-Fi);
- Источник автономного питания (солнечная панель и аккумулятор) [5, 6].

Электротехническая инфраструктура автоматизированной пасеки.

Источники электропитания:

- Подключение к сети 220/380 В: для стационарных комплексов с мастерской, медогонкой, системой отопления/вентиляции [1].
- Автономное энергоснабжение: солнечные панели (фотоэлектрические модули), ветрогенераторы малой мощности и аккумуляторные батареи (АКБ) для питания систем мониторинга и связи в полевых условиях. Расчет необходимой мощности (Вт*ч/сутки).
- Системы бесперебойного питания (ИБП): для критически важных систем (видеонаблюдение, контроль температуры зимовника).
- Система распределения электроэнергии: щит управления с устройствами защитного отключения (УЗО), автоматическими выключателями, стабилизаторами напряжения (особенно важно для чувствительной электроники).
- Кабельные сети: использование влагозащищенных (IP67) и устойчивых к УФ-излучению кабелей для наружной прокладки [5].

Основные подсистемы автоматизации и их электротехническое обеспечение.

Система климат-контроля в улье и зимовнике:

- Датчики: цифровые датчики температуры и влажности (DHT22, DS18B20), подключенные к микроконтроллеру (Arduino, ESP32, Raspberry Pi).
- Исполнительные механизмы:
- Обогрев: низковольтные греющие пленки или провода (12/24 В) с терморегулятором для предотвращения замерзания клуба зимой и стимуляции весеннего развития.
- Вентиляция: маломощные вентиляторы (кулеры 12 В) с управлением через ШИМ (широотно-импульсная модуляция) для регулировки скорости. Датчики CO₂ [7].

Программная часть.

Программное обеспечение комплекса реализует следующие функции:

- сбор и хранение телеметрических данных;
- анализ состояния пчелиной семьи;
- формирование предупреждений и рекомендаций;
- визуализация данных для оператора;
- поддержка удаленного управления.

Методы автоматизированного мониторинга.

1. Контроль микроклимата.

Температура в зоне расплода является критическим параметром и должна поддерживаться в диапазоне 34-36 °С. Отклонения фиксируются датчиками и компенсируются автоматическим включением вентиляции или подогрева [7].

2. Весовой анализ.

Изменение массы улья используется для:

- оценки интенсивности медосбора;
- выявления начала роения;
- контроля кормовых запасов.

3. Акустический анализ.

Звуковой сигнал анализируется по спектральным характеристикам. Повышение уровня шума и изменение частотных компонентов может указывать на стресс, роение или отсутствие матки.

Таким образом, автоматизированный пчеловодческий комплекс окупается в течение нормативного срока эксплуатации и обеспечивает устойчивый экономический эффект. Автоматизированный комплекс в пчеловодстве представляет собой перспективное направление развития отрасли. Использование сенсорных и интеллектуальных технологий позволяет повысить продуктивность пасеки, снизить трудозатраты и улучшить контроль состояния пчелиных семей. Пример расчета подтверждает экономическую целесообразность внедрения подобных систем при средних и крупных масштабах хозяйства. Дальнейшие исследования целесообразно направить на снижение стоимости оборудования и повышение точности алгоритмов диагностики.

Список источников

1. Шнайдер И.А., Сайфутдинов Р.А., Сыркин В.А. Разработка мобильной автоматизированной системы откачки меда // Вклад молодых ученых в аграрную науку: сб. науч. тр. – Кинель : РИО СГСХА, 2014. – С. 133-139.

2. Патент № 177683 U1 Российская Федерация. Индукционная воскотопка / В.А. Сыркин, С.И. Васильев, Д.Н. Котов [и др.] – № 2017125571 : заявл. 17.07.2017 : опубл. 06.03.2018, Бюл. №7. – 7 с. : ил.

3. Патент № 183484 U1 Российская Федерация, Индукционная воскотопка / В.А. Сыркин, С.В. Машков, Д.Н. Котов [и др.] – № 2018118631 : заявл. 18.05.2018 : опубл. 24.09.2018, Бюл. №27. – 7 с. : ил.

4. Сыркин В.А., Шнайдер И.А., Антонов Е.Г., Кудряков Е.В. Влияние параметров игольчатых валиков на работу электромагнитного привода вибрационно-игольчатого устройства распечатки сотовых рамок // Вклад молодых ученых в аграрную науку: сб. науч. тр. – Кинель : РИО СГСХА, 2015. – С. 362-367.

5. Сыркин В.А., Крючин П.В. Разработка технологической схемы установки автоматизированной откачки меда // Методы и технические средства повышения эффективности использования электрооборудования в промышленности и сельском хозяйстве, Том 2. – Ставрополь: Ставропольский ГАУ, 2016. – С. 367-370.

6. Сыркин В.А., Васильев, С.И. Обоснование частоты вращения ротора радиальной электрифицированной медогонки с горизонтальной осью вращения // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2016. – № 4. – С. 51-54.

7. Романенко А.А., Сидоров П.В. Автоматизация процессов в пчеловодстве // Вестник аграрной науки. – 2021. – № 4. – С. 45–52.

8. Гриднева Т.С., Нугманов С.С. Автоматизация процесса загрузки дробилки // Актуальные проблемы аграрной науки и пути их решения : сб. науч. тр. Кинель : РИО СГСХА. 2016. С. 313-315.

References

1. Shneider I.A, Saifutdinov R.A. & Syrkin V.A. (2014). Development of a mobile automated honey pumping system. *The contribution of young scientists to agricultural science: materials of the international scientific and practical conference*. (pp.133-139). (in Russ.).
2. Patent No. 177683. Russian Federation. Induction wax melter / Syrkin V.A., Vasiliev S.I., Kotov D.N. - No. 2017125571; dec. 17.07.2017. pub. 06.03.2018, Bull. No. 7. - 7 p.
3. Patent No. 183484. Russian Federation. Induction wax melter / Syrkin V.A., Mashkov S.V., Kotov D.N. - No. 2018118631; dec.18.05.2018. pub. 24.09.2018, Bull. No. 27. - 7 p.
4. Syrkin V.A., Shneider I.A, Antonov E.G. & Kudryakov E.V. (2015). The influence of the parameters of needle rollers on the operation of the electromagnetic drive of a vibration-needle device for printing honeycomb frames. *The contribution of young scientists to agricultural science: materials of the international scientific and practical conference*. (pp.362-367). (in Russ.).
5. Syrkin V.A. & Kruchin P.V. (2016). Development of a technological scheme for an automated honey pumping installation. *Methods and technical means of increasing the efficiency of using electrical equipment in industry and agriculture, Volume 2. – Stavropol*. Stavropol SAU, 367-370. (in Russ.).
6. Syrkin V.A. & Vasiliev (2016). Justification of the rotor speed of a radial electrified honey extractor with a horizontal axis of rotation. *Proceedings of the Samara State Agricultural Academy*, 4, 51-54. (in Russ.).
7. Romanenko A. A. & Sidorov P. V. (2021). Automation of Processes in Beekeeping // *Bulletin of Agrarian Science*, 4, 45–52. (in Russ.).
8. Gridneva T. S. & Nugmanov S. S. (2016). *Automation of the crusher loading process. Aktual'nyye problemy agrarnoy nauki i puti ikh resheniya : sb. nauch. tr. (Actual problems of agrarian science and ways to solve them: sat. scientific tr.)*. (pp. 313-315). Kinel (in Russ.)

Информация об авторах:

Сыркин В. А. – кандидат технических наук, доцент;
Дорофеев А. С. – студент.

Information about the authors:

Syrkin V. A. – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
Dorofeev A. S. – student.

Вклад авторов:

Сыркин В. А. – научное руководство;
Дорофеев А. С. – написание статьи.

Contribution of the authors:

Syrkin V. A. – scientific management;
Dorofeev A. S. – writing the article.

ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ В АПК

Обзорная статья
УДК 633.152.47

ЧАСТОТНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ

Иван Иванович Дик

Самарский государственный аграрный университет, Кинель, Россия
ivan.dik.19@bk.ru <https://orcid.org/0000-0001-6610-5620>

Рассмотрены виды частотных преобразователей переменного электрического тока. Изучено устройство и схема функционирования частотных преобразователей. Выявлены преимущества и недостатки частотных данных систем.

Ключевые слова: частотный преобразователь, электрический ток, функционирование.

Для цитирования: Дик И. И. Частотные преобразователи переменного тока в агропромышленном комплексе // Электрооборудование и электротехнологии в сельском хозяйстве: сб. науч. тр. Кинель: ИБЦ Самарского ГАУ, 2026. С. 20-24.

AC FREQUENCY CONVERTERS IN THE AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX

Ivan. I. Dick

Samara State Agrarian University, Kinel, Russia
ivan.dik.19@bk.ru, <http://orcid.org/0000-0001-6610-5620>

The types of frequency converters of alternating electric current are considered. The device and the scheme of operation of frequency converters are studied. The advantages and disadvantages of frequency data systems are revealed.

Keywords: frequency converter, electric current, operation.

For citation: Dick I.I. Frequency converters in the agro-industrial complex. Electrical equipment and electrical technologies in agriculture: collection of scientific papers. (pp. 20-24). Kinel: PLC Samara SAU (in Russ.).

В современном мире активно автоматизируют производственные процессы с целью повышения эффективности производства, снижение затрат. Большая доля оборудования приводится в действие с помощью асинхронных электрических двигателей [1-5]. Недостатком данных двигателей является высокий пусковой ток, негативно влияющий на электропроводку и двигатель, а также сложность регулировки оборотов. Для плавного пуска и изменения частоты вращения асинхронных электродвигателей применяют частотные преобразователи переменного тока.

В данной статье рассматриваются принцип функционирования частотных преобразователей, их главные преимущества и недостатки.

Частотный преобразователь (рис. 1) – это устройство, изменяющее частоту переменного тока, подаваемого на электрический двигатель. Что позволяет изменять частоту вращения двигателя без изменения напряжения сети.



Рис. 1. Частотные преобразователи

Частотный преобразователь состоит из следующих основных компонентов: выпрямителя, фильтра и инвертора (рис. 2). Первым элементом частотного преобразователя является выпрямитель, где переменный электрический ток сети преобразуется в постоянный ток с помощью диодов, объединенных в выпрямитель [6]. Далее установлен фильтр, позволяющий сглаживать пульсации выпрямленного электрического тока. Следующим элементом является инвертор, который преобразует постоянный ток обратно в переменный. Часто, для уменьшения высокочастотных помех еще устанавливается выходной фильтр.

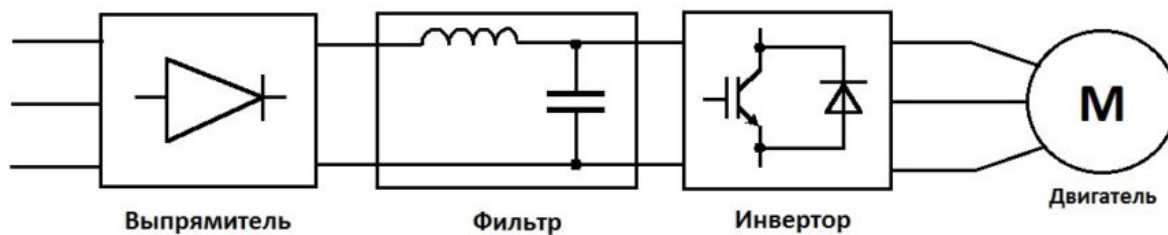


Рис. 2. Схема частотного преобразователя

Управление частотой производится широко импульсным модулятором, который подает сигналы для изменения частоты тока на инвертор. Для управления широко импульсным модулятором применяется микроконтроллер, управляемый либо вручную с помощью регулятора оборотов, либо программой, введенной в микроконтроллер. На микроконтроллер так же подается сигнал с выхода частотного преобразователя, что позволяет более корректно изменять

частоту тока. Также современные частотные преобразователи позволяют устанавливать датчики оборотов на выходной вал электрического двигателя, что позволяет останавливать электродвигатель в случае превышения нагрузки.

Применение частотных преобразователей позволяет сэкономить до 30 % электроэнергии [7]. Это достигается оптимизацией работы двигателя под условия эксплуатации. Так же частотные преобразователи позволяют увеличить срок службы оборудования, так как плавный пуск и остановка электродвигателя предотвращает резкие пусковые токи, механические толчки и рывки. Так же с помощью частотных преобразователей можно повысить качество работы, так как изменяя частоту рабочего тока можно отрегулировать частоту вращения выходного вала с точностью до 1 оборота в минуту.

Частотные преобразователи используются в различных отраслях промышленности, а также в автомобилестроении и робототехнике. Наиболее часто частотные преобразователи используются на конвейерных линиях и транспортерах, насосах и вентиляторах, метало- и деревообрабатывающих станках. Также частотные преобразователи используются в лифтах и других подъемных механизмах, в которых необходимо обеспечить плавность хода.

Таким образом, частотные преобразователи это важным элемент промышленной автоматизации и роботизации. Они обеспечивают экономию энергии, повышают надежность и долговечность оборудования, а также улучшают качество производимой продукции. Благодаря своей универсальности и широкому спектру применения, частотные преобразователи продолжают оставаться востребованными в различных областях промышленности.

Частотные преобразователи становятся все более популярными в сельском хозяйстве, играя ключевую роль в оптимизации работы различных механизмов и систем. В сельском хозяйстве, где энергозатраты могут составлять значительную часть бюджета, экономия энергии особенно важно. Например, в системах полива частотные преобразователи позволяют точно настраивать скорость насосов в зависимости от потребностей растений, что не только экономит электроэнергию, но и обеспечивает оптимальные условия для роста.

Частотные преобразователи также способствуют автоматизации процессов [8]. Современные агрономические технологии требуют высокой точности и контроля, и ЧП идеально вписываются в эту картину. Они могут интегрироваться с системами управления, позволяя фермерам дистанционно контролировать и настраивать оборудование, что значительно упрощает управление большими площадями.

В сельском хозяйстве часто возникают резкие изменения нагрузки, например, при запуске или остановке оборудования. Частотные преобразователи помогают сгладить эти колебания, что увеличивает срок службы механизмов и снижает риск поломок. Это особенно актуально для таких машин, как тракторы и комбайны, где надежность и долговечность имеют первостепенное значение.

Использование частотных преобразователей также может влиять на качество сельскохозяйственной продукции. Например, в процессе переработки продуктов питания более точное управление скоростью конвейеров и другого оборудования позволяет сократить время обработки и минимизировать механические повреждения, что в конечном итоге ведет к повышению качества конечного продукта.

Таким образом, частотные преобразователи представляют собой важный инструмент для повышения эффективности и устойчивости сельского хозяйства. Их применение позволяет не только сократить затраты на электроэнергию, но и улучшить качество продукции, автоматизировать процессы и увеличить срок службы оборудования. В условиях современного рынка, где конкуренция растет, внедрение таких технологий становится не просто желательным, а необходимым шагом для успешного ведения агробизнеса [9-12].

Список источников

1. Разработка интенсивных электротехнологий и технических средств для цифрового сельского хозяйства : отчет о НИР (заключительн.); рук. Машков С.В.; исполн. Крючин П.В., Васильев С.И., Гриднева Т.С., Фатхутдинов М.Р., Нугманов С.С., Ишкин П.А., Сыркин В.А., Мокрицкий С.Н., Афонин А.Е., Бунтова Е.В., Мельникова Н.А., Моргунов Д.Н. Кинель, 2019. 67 с. № АААА-А19-119012490037-5.
2. Васильев С.И., Машков С.В., Крючин П.В. Теоретическое обоснование автоматизации картирования поля для совершенствования способа отбора проб почвы // Известия Самарской государственной академии. 2019. №1. С. 47-55. doi: 10.12737/27832.
3. Mashkov S.V., Vasilyev S.I., Fatkhutdinov M.R. Gridneva T.S. Using an electric field to stimulate the vegetable crops growth // International Transaction Journal of Engineering, Management and Applied Sciences and Technologies. 2020. No.16. Vol. 11. P. 1-11. doi: 10.14456/ITJEMAST.2020.331.
4. Васильев С.И., Машков С.В., Гриднева Т.С., Сыркин В.А. Разработка биотехнологического модуля для интенсификации технологии производства органической овощной продукции // Современному АПК – эффективные технологии : мат. Междунар. науч.-практ. конф. Т.4. Ижевск : ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2019. С. 86-89.
5. Gridneva T.S., Mashkov S.V., Syrkin V.A., Vasilyev S.I. Studying the effect of electrohydraulically treated soil solutions on plant growth and development // Bio Web of Conferences. International Scientific-Practical Conference «Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources» (FIES 2020). 2020. P. 62-71. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20202700062>.
6. Частотные преобразователи – виды, отличия и особенности [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://industrialization.ru/chastotnye-preobrazovateli-vidy-otlichiya-i-osobennosti/>
7. Гриднева, Т. С. Электроснабжение : Практикум / Т. С. Гриднева. – Кинель : Самарская государственная сельскохозяйственная академия, 2015. – 111 с. – ISBN 978-5-88575-399-9.
8. Гриднева Т.С., Сыркин В.А., Модернизация устройства управления роботом-манипулятором МП-9С для проведения лабораторных работ по дисциплине «Автоматика» // Инновации в системе высшего образования: сб. науч. тр. Кинель, 2022. С. 166-171.
9. Yudaev I.V, Mashkov S.V, Vasilyev S.V. [et al.]. Improvement of Technology of Electrical and Magnetic Stimulation of Seeds and Crop Plants // Handbook of Research on Energy-Saving Technologies for Environmentally-Friendly Agricultural Development. Hershey, PA, USA : IGI Global, 2020. P. 365-396.
10. Рязанов, А. В. Применение электрофизических способов для повышения эффективности выращивания сельскохозяйственных культур / А. В. Рязанов, Т. С. Гриднева, С. С. Нугманов // Инновационные достижения науки и техники АПК : Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции, Кинель: Самарская государственная сельскохозяйственная академия, 2018. – С. 379-381.
11. Система мониторинга объектов ГЛОНАССсофт «АгроТехнология 2.0»: уч.пособие / Т.С. Гриднева, С.В. Машков, П.В. Крючин [и др.. – Кинель: РИО СГСХА, 2018. – 140 с.
12. Гриднева Т. С., Васильев С. И., Ишкин П. А., Сыркин В. А. Разработка портативного измерителя твердости почвы с функцией ГЛОНАСС // Самара АгроВектор. 2025. Т. 5. № 1. С. 33-39. doi: 10.55170/2949-3536-2025-5-1-33-39.

References

1. Maschkov S.V., Vasiliev S.I., Kruchin, P.V. [et al] (2017). Development of intensive electrical technologies and technical means for digital agriculture. Research report, Kinel, 67, No. GR АААА-А19-119012490037-5 (in Russ).

2. Vasilyev S.I., Mashkov, S.V. & Kruchin, P.V. (2019). Theoretical underpinning of fields mapping automation for improvement of the way of soil sampling. *Izvestiia Samarskoi gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii (Bulletin Samara State Agricultural Academy)*, 1, 47-55. (In Russ.). Doi: 10.12737/27832.

3. Mashkov S.V, Vasil'ev S.I., Fatkhutdinov M.R. & Gridneva T.S. (2020). Using an electric field to stimulate the vegetable crops growth. *International Transaction Journal of Engineering, Management and Applied Sciences and Technologies*, 16, 11, 1-11. doi: 10.14456/ITJEMAST.2020.331.

4. Vasiliev S.I., Mashkov S.V., Gridneva T.S., & Syrkin V.A. (2019). Development of a biotechnological module for the intensification of organic vegetable production technology. *Sovremennomu APK – effektivnye tekhnologii : mat. Mezhdunarodnoj nauch.-prakt. konf. (Modern agro-industrial complex - effective technologies : mat. International Scientific and Practical Conference)*. (pp. 86-89). Izhevsk (in Russ.).

5. Gridneva T.S., Mashkov S.V., Syrkin V.A. & Vasilyev S.I. (2020). Studying the effect of electrohydraulically treated soil solutions on plant growth and development. *Bio Web of Conferences. International Scientific-Practical Conference «Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources» (FIES 2020)*, 62-71. <https://doi.org/10.1051/bio-conf/20202700062>.

6. Frequency converters - types, differences and features [Electronic resource]: URL: <https://industriation.ru/chastotnye-preobrazovateli-vidy-otlichiya-i-osobennosti/>

7. Gridneva, T. S. Electric Power Supply: A Practical Guide / T. S. Gridneva. – Kinel: Samara State Agricultural Academy, 2015. – 111 p.

8. Gridneva T.S. & Syrkin V.A. (2022). Modernization of the control device of the manipulator robot MP-9C for laboratory work on the discipline «Automation» : *sb. nauch. tr. (Innovations in the system of higher education : collection of scientific works)*. (pp. 166-171). Kinel (in Russ.).

9. Yudaev I., Mashkov S., Vasilyev S. [et al.] (2020). Improvement of Technology of Electrical and Magnetic Stimulation of Seeds and Crop Plants. *Handbook of Research on Energy-Saving Technologies for Environmentally-Friendly Agricultural Development*. 2020, 365-396.

10. Ryazanov, A. V. Application of Electrophysical Methods to Increase the Efficiency of Crop Production / A. V. Ryazanov, T. S. Gridneva, and S. S. Nugmanov // *Innovative Achievements in Science and Technology of the Agro-Industrial Complex: Collection of Scientific Papers of the International Scientific and Practical Conference*, Kinel: Samara State Agricultural Academy, 2018. Pp. 379-381.

11. Glonassoft AgroTechnology 2.0 Facility Monitoring system: study guide. Gridneva T.S., Maschkov S.V., Kryuchin P.V. [et al] (2018). Kinel. 140 p. (in Russ.).

12. Gridneva, T. S., Vasilyev, S. I., Ishkin, P. A. & Syrkin, V. A. (2025). Development of a portable soil hardness tester with GLONASS function. *Samara AgroVektor (Samara AgroVector)*, 5, 1, 33-39. (In Russ.). doi: 10.55170/2949-3536-2025-5-1-33-39.

Информация об авторе:

Дик И. И. – магистрант.

Information about the author:

Dick I. I. – master's student.

Вклад автора:

Дик И. И. – написание статьи.

Contribution of the author:

Dick I. I. – writing an article.

ШАГОВЫЕ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛИ

Виктор Анатольевич Ванюшкин¹, Татьяна Сергеевна Гриднева²

^{1,2}Самарский государственный аграрный университет, Кинель, Россия

¹viktorvanushkin20062003@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-3580-4055>

²t-grid@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0001-8413-170X>

В статье проводится анализ применения шаговых двигателей (ШД) в различных сферах агропромышленного комплекса (АПК). Рассмотрены преимущества и недостатки использования ШД по сравнению с другими типами приводов. Проанализированы конкретные примеры применения ШД в автоматизированных системах АПК, включая точность посева, управление поливом и сортировку сельскохозяйственной продукции. Особое внимание уделено перспективам развития технологий ШД и их потенциальной роли в повышении эффективности и устойчивости сельскохозяйственного производства.

Ключевые слова: шаговый двигатель, автоматизация, точность позиционирования, устойчивое развитие, оптимизация, сельскохозяйственная техника.

Для цитирования: Ванюшкин В. А., Гриднева Т. С., Шаговые двигатели// Электрооборудование и электротехнологии в сельском хозяйстве : сб. науч. тр. Кинель: ИБЦ Самарского ГАУ, 2026. С. 25-28.

STEPPER MOTORS

Victor A. Vanyushkin¹, Tatiana S. Gridneva²

^{1,2}Samara State Agrarian University, Kinel, Russia

¹viktorvanushkin20062003@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-3580-4055>

²t-grid@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0001-8413-170X>

The article analyzes the application of stepper motor in various spheres of agro-industrial complex. The advantages and disadvantages of using stepper motors in comparison with other types of drives are considered. Specific examples of application of stepper motors in automated systems of agro-industrial complex are analyzed, including precision sowing, irrigation control and sorting of agricultural products. Particular attention is paid to the prospects of development of agricultural industry technologies and their potential role in improving the efficiency and sustainability of agricultural production.

Keywords: stepper motor, automation, positioning accuracy, sustainable development, optimization, agricultural machinery.

For citation: Vanyushkin V. A. & Gridneva T. S. (2026). Stepper motors. Electrical equipment and electrical technologies in agriculture: collection of scientific papers. (pp. 28-28). Kinel: PLC Samara SAU (in Russ.).

Агропромышленный комплекс (АПК) является одной из ключевых отраслей экономики, требующей постоянного повышения эффективности и устойчивости производства [1-4]. Автоматизация и роботизация играют важную роль в достижении этих целей [5,6]. Шаговые двигатели (ШД) являются одним из наиболее важных компонентов автоматизированных

систем в АПК, обеспечивая точное позиционирование и управление механизмами. В данной статье проводится анализ применения шаговых двигателей в АПК, выявляются их преимущества и ограничения, а также рассматриваются перспективы развития для повышения эффективности производства.

Преимущества и недостатки шаговых двигателей [7-9]:

- шаговые двигатели обеспечивают высокую точность позиционирования, что крайне важно в процессах, требующих высокой точности, таких как посев, сортировка и управление микроклиматом;

- простота управления: управление шаговыми двигателями осуществляется с помощью простых импульсных сигналов, что облегчает разработку систем управления и снижает их стоимость;

- надежность и долговечность: шаговые двигатели обладают высокой надежностью и долговечностью, что важно для работы в условиях интенсивной эксплуатации.

- отсутствие обратной связи: в большинстве применений шаговых двигателей не требуется обратная связь, что упрощает и удешевляет систему управления;

- доступность и низкая стоимость, ведь шаговые двигатели, как правило, более доступны и имеют более низкую стоимость по сравнению с сервоприводами.

Недостатки:

- ограниченная скорость: шаговые двигатели имеют ограничения по максимальной скорости вращения, что может быть недостатком в некоторых приложениях, требующих высокой скорости;

- невысокая эффективность: шаговые двигатели, как правило, менее эффективны по сравнению с другими типами приводов, особенно при высоких нагрузках;

- возможность пропуска шагов: при превышении крутящего момента шаговый двигатель может пропустить шаги, что приведет к ошибке позиционирования;

- вибрации и шум: при работе шаговых двигателей могут возникать вибрации и шум, что может быть нежелательным при работе некоторых устройств.

Рассмотрим примеры применения шаговых двигателей в АПК.

Системы точного посева. Шаговые двигатели могут использоваться для точного дозирования семян и внесения удобрений, обеспечивая равномерное распределение по площади и оптимальную густоту посева. В системах управления поливом они применяются для управления клапанами и насосами, обеспечивая точное дозирование воды и оптимизацию полива. В сортировочных линиях двигатели применяются для перемещения продукции по сортировочным линиям и точного позиционирования механизмов, обеспечивая высокую скорость и точность сортировки. В автоматизированных системах кормления шаговые двигатели используются для дозирования кормов и перемещения кормораздатчиков, обеспечивая точное распределение корма среди животных.

Шаговые двигатели широко используются в системах управления микроклиматом для управления заслонками, вентиляторами и другими устройствами, обеспечивая поддержание оптимального микроклимата в теплицах и животноводческих помещениях. Роботизированные системы: используются для перемещения манипуляторов, захватов и других механизмов, обеспечивая точность и гибкость выполняемых операций.

Перспективы развития технологий шаговых двигателей в АПК.

Увеличение крутящего момента и скорости путем разработки новых материалов и конструкций, что позволит увеличить крутящий момент и скорость вращения двигателей.

С целью повышения эффективности: разработка новых алгоритмов управления и схем приводов позволяет повысить эффективность шаговых двигателей и снизить их энергопотребление. Снижение вибраций и шума: разработка новых технологий управления и конструкций позволяет снизить вибрации и шум при их работе.

Интеграция шаговых двигателей с интеллектуальными системами управления на базе искусственного интеллекта и машинного обучения позволяет оптимизировать их работу в режиме реального времени. Перспективным развитием технологий также является разработка

специализированных шаговых двигателей, предназначенных для работы в условиях АПК, с учетом специфики их эксплуатации (влажность, пыль, агрессивные среды).

Таким образом, шаговые двигатели являются важным компонентом автоматизированных систем в АПК, обеспечивая высокую точность позиционирования и управления механизмами. Дальнейшее развитие технологий шаговых двигателей и их интеграция с интеллектуальными системами управления позволят существенно повысить эффективность и устойчивость сельскохозяйственного производства. Это способствует достижению ключевых целей развития АПК, таких как повышение производительности, снижение затрат и обеспечение продовольственной безопасности [10, 11-13].

Список источников

1. Разработка интенсивных электротехнологий и технических средств для цифрового сельского хозяйства : отчет о НИР (заключительн.); рук. Машков С.В.; исполн. Крючин П.В., Васильев С.И., Гриднева Т.С., Фатхутдинов М.Р., Нугманов С.С., Ишкин П.А., Сыркин В.А., Мокрицкий С.Н., Афонин А.Е., Бунтова Е.В., Мельникова Н.А., Моргунов Д.Н. Кинель, 2019. 67 с. № АААА-А19-119012490037-5.
2. Васильев С.И., Машков С.В., Крючин П.В. Теоретическое обоснование автоматизации картирования поля для совершенствования способа отбора проб почвы // Известия Самарской государственной академии. 2019. №1. С. 47-55. doi: 10.12737/27832.
3. Васильев С.И., Машков С.В., Гриднева Т.С., Сыркин В.А. Разработка биотехнологического модуля для интенсификации технологии производства органической овощной продукции // Современному АПК – эффективные технологии : мат. Междунар. науч.-практ. конф. Т.4. Ижевск : ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2019. С. 86-89.
4. Gridneva T.S., Mashkov S.V., Syrkin V.A., Vasilyev S.I. Studying the effect of electrohydraulically treated soil solutions on plant growth and development // Bio Web of Conferences. International Scientific-Practical Conference «Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources» (FIES 2020). 2020. P. 62-71. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20202700062>.
5. Гриднева Т.С., Нугманов С.С. Автоматизация процесса загрузки дробилки // Актуальные проблемы аграрной науки и пути их решения : сб. науч. тр. Кинель : РИЦ СГСХА. 2016. С. 313-315.
6. Гриднева Т.С., Сыркин В.А., Модернизация устройства управления роботом-манипулятором МП-9С для проведения лабораторных работ по дисциплине «Автоматика» // Инновации в системе высшего образования: сб. науч. тр. Кинель, 2022. С. 166-171.
7. Сапожкова А.Ю. Проблемы интеграции агротехнологий в инжиниринг устойчивого развития малых сельскохозяйственных предприятий // Вестник науки, 2024. № 5 (74). Том 1. С. 123-129.
8. Федосеева Н.А., Загвоздкин М.В. Перспективные области применения беспилотных летательных аппаратов // Научный журнал, 2017. № 9 (22). С. 26-29.
9. Емельянов А.В., Шилин А.Н. Шаговые двигатели : учеб. пособие. Волгоград : ВолГТУ, 2005. 48 с.
10. Система мониторинга объектов ГЛОНАССсофт «АгроТехнология 2.0»: уч.посobie / Т.С. Гриднева, С.В. Машков, П.В. Крючин [и др.]. – Кинель: РИО СГСХА, 2018. – 140 с.
11. Энергосберегающие элементы электротехнологии и светокультуры растений, обеспечивающие перспективы развития АПК : монография / С.И. Васильев, С.В. Машков, В.А. Сыркин [и др.]. – Кинель : Самарский государственный аграрный университет, 2022. – 155 с.
12. Гриднева Т. С., Васильев С. И., Ишкин П. А., Сыркин В. А. Разработка портативного измерителя твердости почвы с функцией ГЛОНАСС // Самара АгроВектор. 2025. Т. 5. № 1. С. 33-39. doi: 10.55170/2949-3536-2025-5-1-33-39.
13. Васильев С. И., Машков С. В., Гриднева Т. С., Кудряков Е. В. Обоснование характеристик электрического поля для повышения энергосбережения при выращивании овощных культур // Самара АгроВектор. 2022. Т. 2. № 2. С. 17-27. doi: 10.55170/29493536_2022_2_2_17.

References

1. Maschkov S.V., Vasiliev S.I., Kruchin, P.V. [et al] (2017). Development of intensive electrical technologies and technical means for digital agriculture. Research report, Kinel, 67, No. GR AAAA-A19-119012490037-5 (in Russ.).
2. Vasilyev S.I., Mashkov, S.V. & Kruchin, P.V. (2019). Theoretical underpinning of fields mapping automation for improvement of the way of soil sampling. *Izvestiia Samarskoi gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii (Bulletin Samara State Agricultural Academy)*, 1, 47-55. (In Russ.). Doi: 10.12737/27832.
3. Vasiliev S.I., Mashkov S.V., Gridneva T.S., & Syrkin V.A. (2019). Development of a biotechnological module for the intensification of organic vegetable production technology. *Sovremennomu APK – effektivnye tekhnologii : mat. Mezhdunarodnoj nauch.-prakt. konf. (Modern agro-industrial complex - effective technologies : mat. International Scientific and Practical Conference)*. (pp. 86-89). Izhevsk (in Russ.).
4. Gridneva T.S., Mashkov S.V., Syrkin V.A. & Vasilyev S.I. (2020). Studying the effect of electrohydraulically treated soil solutions on plant growth and development. *Bio Web of Conferences. International Scientific-Practical Conference «Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources» (FIES 2020)*, 62-71. <https://doi.org/10.1051/bio-conf/20202700062>.
5. Gridneva T.S. & Nugmanov S.S. (2016). *Automation of the crusher loading process. Aktual'nyye problemy agrarnoy nauki i puti ikh resheniya : sb. nauch. tr. (Actual problems of agrarian science and ways to solve them: sat. scientific tr.)*. (pp. 313-315). Kinel (in Russ.).
6. Gridneva T.S. & Syrkin V.A. (2022). Modernization of the control device of the manipulator robot MP-9C for laboratory work on the discipline «Automation» : *sb. nauch. tr. (Innovations in the system of higher education : collection of scientific works)*. (pp. 166-171). Kinel (in Russ.).
7. Sapozhkova A.Yu. (2024). Problems of integration of agrotechnologies in engineering sustainable development of small agricultural preparations. *Vestnik nauki (Bulletin of Science)*, 5, 123-129. (In Russ.).
8. Fedoseeva N.A. (2017). Perspective areas of application of unmanned aerial vehicles. *Nauchnyj zhurnal (Scientific Journal)*, 9(22), 26-29. (In Russ.).
9. Emelyanov A.V. & Shilin, A.N. (2005). Stepper motors : textbook. Volgograd. 48. (in Russ.).
10. Glonassoft AgroTechnology 2.0 Facility Monitoring system: study guide. Gridneva T.S., Maschkov S.V., Kryuchin P.V. [et al] (2018). Kinel. 140 p. (in Russ.).
11. Vasilyev, S.I., Mashkov, S.V. Syrkin V.A. [et al] (2022). Energy-saving elements of electrical technology and light culture of plants, providing prospects for the development of agriculture (in Russ.).
12. Gridneva, T. S., Vasilyev, S. I., Ishkin, P. A. & Syrkin, V. A. (2025). Development of a portable soil hardness tester with GLONASS function. *Samara AgroVektor (Samara AgroVector)*, 5, 1, 33-39. (In Russ.). doi: 10.55170/2949-3536-2025-5-1-33-39.
13. Vasil'ev, S. I., Maschkov, S. V., Gridneva, T. S. & Kudryakov, E. V. (2022). Substantiation of the characteristics of the electric field to increase energy saving in growing vegetables. *Samara AgroVektor (Samara AgroVector)*, 2, 2, 17-27. (In Russ.). doi: 10.55170/29493536_2022_2_2_17.

Информация об авторах:

Ванюшкин В. А. – магистрант;

Гриднева Т. С. – кандидат технических наук, доцент.

Information about the authors:

Vanyushkin V. A. – master's student;

Gridneva T. S. – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor.

Вклад авторов:

Ванюшкин В. А. – написание статьи;

Гриднева Т. С. – научное руководство.

Contribution of the authors:

Vanyushkin V. A. – writing articles;

Gridneva T. S. – scientific management.

СОВРЕМЕННОЕ ПРОИЗВОДСТВО СВЕТОДИОДНЫХ СВЕТИЛЬНИКОВ

Владимир Александрович Донских¹, Денис Николаевич Моргунов²

^{1,2} Самарский государственный аграрный университет, Кинель, Россия

¹donskihv71@gmail.com. <https://orcid.org/0009-0001-8246-8058>

²morgunov.dn@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0007-3315-5999>

Современное производство светодиодных светильников – это высокотехнологичный процесс, включающий полный цикл производства от проектирования до монтажа. Актуальность современного производства обусловлена не просто заменой лампочек, а переходом к интеллектуальным энергосистемам и глобальной «зеленой» повесткой.

Ключевые слова: производство, светодиодный светильник, энергоэффективность.

Для цитирования: Донских В. А., Моргунов Д. Н. Современное производство светодиодных светильников // Электрооборудование и электротехнологии в сельском хозяйстве: сб. науч. тр. Кинель : ИБЦ Самарского ГАУ, 2026. С. 29-33.

MODERN PRODUCTION OF LED LIGHTS

Vladimir A. Donskih¹, Denis N. Morgunov²

^{1,2} Samara State Agricultural University, Kinel, Russia

¹donskihv71@gmail.com. <https://orcid.org/0009-0001-8246-8058>

²morgunov.dn@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0007-3315-5999>

Modern LED lighting production is a high-tech process that includes a full production cycle from design to installation. The relevance of modern production is not just about replacing light bulbs, but about the transition to smart energy systems and the global green agenda.

Keywords: production, LED lighting, energy efficiency.

For citation: Donskih V. A. & Morgunov D. N. (2026). Modern production of LED lights. Electrical equipment and electrical technologies in agriculture: collection of scientific tr. (pp. 29-33) Kinel : IBC of Samara State Agrarian University (in Russ).

Современное производство светодиодных светильников характеризуется комплексным подходом, включающим внедрение передовых технологий, использование современных материалов, автоматизацию процессов и строгий контроль качества. Это позволяет создавать энергоэффективные, функциональные и долговечные осветительные приборы, соответствующие современным стандартам эффективности и экологичности [1-3, 7].

Цель работы – ознакомиться с современным производством светодиодных светильников на примере ООО ПТП «ЭнергоСтандарт».

Задачи:

1. Рассмотреть различные этапы производства.
2. Выявить вклад каждого цеха в производственный процесс.

Цех SMT (технология поверхностного монтажа) – это производственное подразделение, где осуществляется сборка электронных компонентов на печатных платах с использованием автоматизированных методов (рис. 1). SMT (Surface Mount Technology) —

метод установки электронных компонентов непосредственно на поверхность печатной платы, без использования сквозных отверстий [1,2].

В этом цеху сосредоточены инженеры, которые помимо печати плат занимаются разработкой конструктива светильников, корпусов светильников и светотехническими расчетами. На этапе проектирования производится 3D моделирование новых приборов освещения и их проверка.

Все готовые светодиодные модули перед сборкой светильников проходят обязательное тестирование.



Рис. 1. Линия для производства печатных плат и светодиодных линеек

Основная задача механической обработки – это подготовка корпусов к покраске и дальнейшей сборке светильников. Ввиду того, что литые корпуса приходят в производство не подготовленными, работники цеха шлифуют, сверлят отверстия и нарезают резьбу (рис. 2) [1].

Кроме алюминиевых изделий, в производстве есть изделия из стали, у которых приходится осуществлять зачистку швов и подготовку к покраске.

Часть приборов освещения сделаны из экструдированного профиля, включающего алюминий и пластик. Согласно техническому заданию такие приборы изготавливаются разной длины, для чего существует специальный распиловочный станок, где по заданному размеру пилится профиль и пластик одновременно.



Рис. 2. Подготовленный к покраске алюминиевый корпус светильника

На производстве есть собственная камера порошкового окрашивания. Ее преимуществами являются быстрое нанесение краски и долговечность ее эксплуатации (рис. 3).



Рис. 3. Окрашенный и готовый к сборке корпус светильника

Заключительный этап производства осуществляется в цехе сборки. Сюда поступают корпуса из цеха механической обработки, светодиодные модули из цеха SMT, и происходит ручная сборка, подпайка электронных компонентов.

Далее светильники проходят не просто выборочную проверку на работоспособность, а тестирование на специальных стендах каждого прибора из партии (рис. 4).

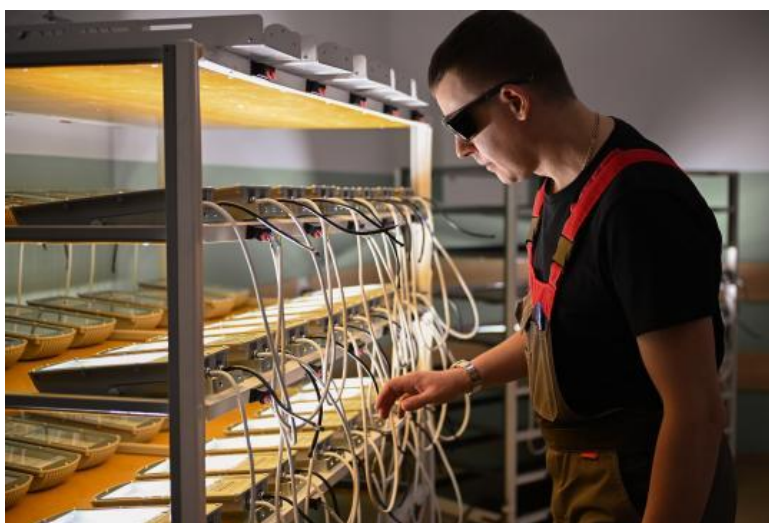


Рис. 4. Тестирование готовых светильников

Также на заводе производятся светотехнические изделия на заказ, под индивидуальные требования заказчика. При этом устройства могут иметь несколько способов воздействия на биологические объекты, например, досвечивание и магнитная стимуляция растений [4-6, 8-12].

Современное производство светодиодных светильников – это сложный технологический процесс, включающий в себя множество этапов, за каждым из которых стоит работа всех цехов предприятия. Каждый цех вносит огромный вклад в весь процесс создания светодиодных светильников и осуществляет многоуровневый контроль качества.

Список источников

1. Энергостандарт [Электронный ресурс]. URL: <https://essvet.ru>
2. Группа компаний «Энергоспецстрой» [Электронный ресурс]. URL: <https://энергоспецстрой.рф>
3. Разработка интенсивных электротехнологий и технических средств для цифрового сельского хозяйства : отчет о НИР (заключительн.); рук. Машков С.В.; исполн. Крючин П.В., Васильев С.И., Гриднева Т.С., Фатхутдинов М.Р., Нугманов С.С., Ишкин П.А., Сыркин В.А., Мокрицкий С.Н., Афонин А.Е., Бунтова Е.В., Мельникова Н.А., Моргунов Д.Н. Кинель, 2019. 67 с. № АААА-А19-119012490037-5.
4. Патент № 2827156 С1 Российской Федерации, МПК С1: А01G 7/04; А01Н 4/00. Устройство для досвечивания и стимуляции ростков меристемных культур магнитным полем / Сыркин В.А., Машков С.В.; Котов Д.Н., Донских В.А. заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Самарский государственный аграрный университет» № 2024112656 заявл. 08.05.2024. – Опубл. 23.09.2024. Бюл. №27.
5. Патент № 2770469 С1 Российская Федерация, МПК А01G 7/04. Устройство для освещения и стимуляции ростков картофеля [Текст] / В.А. Сыркин, С.В. Машков, Т.С. Гриднева [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Самарский государственный аграрный университет». № 2021127434 : заявл. 17.09.2021 : опубл. 18.04.2022. Бюл. №11. – 7 с.
6. Патент № 2693743 С1 Российская Федерация, МПК А01С 1/02. Устройство для освещения и облучения ростков картофеля [Текст] / В.А. Сыркин, С.В. Машков; заявитель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Самарский государственный аграрный университет». № 2018134337 : заявл. 01.10.2018 : опубл. 04.07.2019; Бюл. №19. – 6 с.
7. Васильев С.И. Результаты исследования спектральных характеристик светодиодов, применяемых в электротехнологии досвечивания сельскохозяйственных культур: Наука и современность: сборник материалов V-ой международной научно-практической конференции / С.И. Васильев, Д.Н. Моргунов. – М.: НИЦ «Империya», 2016. – С. 37-38.
8. Yudaev I., Mashkov S., Vasil'yev S., Syrkin V., Shevchenko S., Sirakov K. (2020) Improvement of technology of electrical and magnetic stimulation of seeds and crop plants. Handbook of research on energy-saving technologies for environmentally-friendly agricultural development. (pp. 365-396) (in USA).
9. Разработка комплекса энергосберегающих элементов технологии выращивания овощных культур в условиях культивационных сооружений : отчет о НИР (заключительн.); рук. Васильев С.И., исполн. Васильев С.И., Машков С.В., Фатхутдинов М.Р., Сыркин В.А., Гриднева Т.С., Ишкин П.А., Крючин П.В., Котов Д.Н., Ракитина В.В., Моргунов Д.Н. – Кинель, 2020. – 156 с. – № ГР АААА-А20-120013190050-0.
10. Энергосберегающие элементы электротехнологии и светокультуры растений, обеспечивающие перспективы развития АПК : монография / С.И. Васильев, С.В. Машков, В.А. Сыркин [и др.]. – Кинель : Самарский государственный аграрный университет, 2022. – 155 с.
11. Евсеев Е.А., Васильев С.И., Машков С.В. Разработка конструктивной схемы фитоустановки для малообъемного выращивания микрозелени и овощных культур // Известия самарской государственной сельскохозяйственной академии, 2023. – № 4. – С. 58–64. doi: 10.55170/19973225_2023_8_4_58.
12. Сыркин В. А., Гриднева Т. С. Разработка устройства для досвечивания и стимуляции растений при микроклональном размножении в условиях in vitro // Самара АгроВектор. 2024. Т. 4. № 3. С. 99-104. doi: 10.55170/2949-3536-2024-4-3-99-104.

References

1. Energostandart. Retrieved from. URL: <https://essvet.ru> (in Russ).

2. Group of Companies «Energospetsstroy». Retrieved from. URL: <https://энергоспецстрой.рф> (in Russ).
3. Maschkov S.V., Vasiliev S.I., Kruchin, P.V. [et al] (2017) Development of intensive electrical technologies and technical means for digital agriculture. Research report, Kinel, 67, No. GR AAAA-A19-119012490037-5 (in Russ).
4. Patent No. 2827156 C1 Russian Federation, IPC A01G 7/04. Device for supplementary illumination and stimulation of sprouts of meristem crops with a magnetic field / V. A. Syrkin, S. V. Mashkov, D.N. Kotov [etc.]; applicant Federal State Budgetary Educational Institution of Higher 23.09.2024/18/2022. Bull. No. 27, 7.
5. Patent No. 2770469 C1 Russian Federation, IPC A01G 7/04. Device for illumination and stimulation of potato sprouts / V. A. Syrkin, S. V. Mashkov, T. S. Gridneva [etc.]; applicant Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Samara State Agrarian University". No. 2021127434: application. 09/17/2021: publ. 04/18/2022. Bull. No. 11, 7.
6. Patent No. 2693743 C1 Russian Federation, IPC A01G 7/02. Device for lighting and irradiation of potato sprouts / V. A. Syrkin, S. V. Mashkov; applicant Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Samara State Agrarian University" No. 2018134337: application. 10/01/2018: publ. 07/04/2019; Bull. No. 19, 6.
7. Vasil'yev S.I. (2016). The results of the study of the spectral characteristics of LEDs used in electrical technology for supplementary illumination of agricultural crops. Science and modernity. (pp. 37...38) Moscow (in Russ).
8. Yudaev I., Mashkov S., Vasil'yev S., Syrkin V., Shevchenko S., Sirakov K. (2020). Improvement of technology of electrical and magnetic stimulation of seeds and crop plants. Handbook of research on energy-saving technologies for environmentally-friendly agricultural development. (pp. 365-396) (in USA).
9. Vasil'yev S. I., Maschkov S. V., Fatkhutdinov M. R., Syrkin V. A., Gridneva T. S., Ischkin P. A., Kryuchin P. V., Rakitina V.V., Morgunov D. N. (2020). Development of a complex of energy-saving elements of technology for growing vegetable crops in conditions of high-tech cultivation facilities. Research report. (p. 156). Kinel. No. GR AAAA-A20-120013190050-0 (in Russ).
10. Vasilyev, S.I., Mashkov, S.V. Syrkin V.A. [et al] (2022). Energy-saving elements of electrical technology and light culture of plants, providing prospects for the development of agriculture (in Russ.).
11. Evseev E.A., Vasil'yev S.I., Mashkov S.V. Development of a design scheme for a phytoinstallation for small-scale cultivation of microgreens and vegetable crops // Bulletin of the Samara State Agricultural Academy. 2023. No. 4. pp. 58–64. doi: 10.55170/19973225_2023_8_4_58.
12. Syrkin, V. A. & Gridneva, T. S. (2024). Development of a device for additional illumination and stimulation of plants during microclonal propagation in in vitro conditions. Samara AgroVektor (Samara AgroVector), 4, 3, 99-104. (In Russ.). doi: 10.55-170/2949-3536-2024-4-3-99-104.

Информация об авторах:

Моргунов Д. Н. – кандидат технических наук, доцент;
Донских В. А. – студент.

Information about the authors:

Morgunov D. N. – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
Donskih V. A. – student.

Вклад авторов:

Моргунов Д. Н. – научное руководство;
Донских В. А. – написание статьи.

Contribution of the authors:

Morgunov D. N. – scientific management;
Donskih V. A. – writing articles.

ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ В АПК

Обзорная статья
УДК 621.32; 628.98

АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК СОВРЕМЕННЫХ ФИТОСВЕТИЛЬНИКОВ

**Иван Александрович Ворламов¹, Светлана Владимировна Тесленко²,
Сергей Иванович Васильев³**

^{1,2,3} Самарский государственный аграрный университет, Кинель, Россия.

¹vorlam_15@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0012-4534-4973>

²svetlanateslenko13@icloud.com, <http://orcid.org/0000-0002-4568-4357>

³si_vasilev@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0003-4368-3123>

В статье анализируются характеристики современных светильников. Рассматриваются подробно такие параметры, как мощность, световой поток, цветовая температура и спектральный состав, а также применение современных светильников обеспечивает простоту использования и возможность контролировать условия освещения из любой точки мира.

Ключевые слова: освещение, фитосветильник, растение, спектральный состав, фитолампа.

Для цитирования: Ворламов И. А., Тесленко С. В., Васильев С. И. Анализ характеристик современных фитосветильников : Электрооборудование и электротехнологии в сельском хозяйстве: сб. науч. тр. – Кинель: ИБЦ Самарского ГАУ, 2026. С. 34-38.

ANALYSIS OF THE CHARACTERISTICS OF MODERN PHYTOPLASTICS

Ivan A. Vorlamov¹, Svetlana V. Teslenko², Sergey I. Vasil'yev³

^{1,2,3}Samara State Agrarian University, Kinel, Russia.

¹vorlam_15@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0012-4534-4973>

²svetlanateslenko13@icloud.com, <http://orcid.org/0000-0002-4568-4357>

³si_vasilev@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0003-4368-3123>

The article analyzes the characteristics of modern lamps. Parameters such as power, luminous flux, color temperature and spectral composition are considered in detail, as well as the use of modern lamps provides ease of use and the ability to control lighting conditions from anywhere in the world.

Key words: lighting, phyto-luminaire, lighting, spectral composition, phytolamp.

For citation: Vorlamov I. A., Teslenko S. V. & Vasil'yev S. I. (2026). Analysis of the characteristics of modern phytoplastics. Electrical equipment and electrical technologies in agriculture : collection of scientific papers. (pp. 34-38). Kinel : PLC Samara SAU (in Russ).

Фитосветильники – это специальные светодиодные осветительные приборы, предназначенные для обеспечения оптимального освещения комнатных растений. С их помощью можно управлять спектральным составом света, интенсивностью освещения и продолжительностью светового дня, тем самым оптимизируя рост и развитие комнатных растений, особенно при отсутствии естественного освещения.

Фитосветильники предлагают широкий спектр функций и возможностей для использования в самых разных условиях. Они подходят как для домашнего выращивания комнатных

растений, так и для профессионального использования в тепличном, вертикальном земледелии и других сельскохозяйственных проектах [1, 2].

Современные технологии освещения играют важную роль в сельском хозяйстве, особенно при выращивании в закрытых помещениях. Лампы для выращивания растений – один из самых популярных и эффективных типов освещения, используемых для стимулирования роста и развития растений. Целью данного исследования является изучение и описание основных характеристик современного освещения растений [3].

Фитосветильники могут быть разных типов: линейные, панельные, модульные и компактные. Линейные фитосветильники представляют собой длинные светодиодные ленты, которые можно настроить на определенные длины волн. Панельные светильники для выращивания растений состоят из светодиодных чипов, закрепленных на специальной панели. Модульные светильники для выращивания растений включают в себя отдельные светодиодные модули, которые можно комбинировать для получения желаемой длины и интенсивности света. Компактные фитолампы – это небольшие, но мощные светодиодные устройства, которые можно монтировать в стойку или подвешивать к потолку [4, 5, 8].

Несколько популярных брендов фитосветильников, которые широко используются в сельском хозяйстве и индустрии растениеводства, включают в себя [3, 6].

1. Mars Hydro: Компания Mars Hydro предлагает широкий ассортимент фитосветильников для выращивания растений в помещениях. Их продукция включает различные модели светодиодных фитосветильников, обеспечивающих спектральные характеристики, необходимые для фотосинтеза.

2. Spider Farmer: Бренд Spider Farmer специализируется на производстве энергоэффективных светодиодных фитосветильников для коммерческого и домашнего сельского хозяйства. Их продукция известна своей надежностью и долговечностью.

3. California Lightworks: Компания California Lightworks предлагает широкий выбор фитосветильников, включая мощные и программируемые светодиодные панели, разработанные для оптимального роста растений на всех стадиях их развития.

4. Quantum Board: Этот термин используется для обозначения светодиодных фитосветильников, созданных на основе квантовых плат, которые предлагают более равномерное распределение света и более широкий спектр для растений.

При анализе популярных моделей и брендов фитосветильников на рынке, вам стоит обратить внимание на следующие аспекты [1, 2, 7].

1. Технические характеристики: мощность, спектр света, интенсивность, угол распространения света, длительность жизни лампы и другие технические параметры.

2. Функционал: возможности управления освещением (например, диммирование, программное управление), возможность использования различных спектров света и подстройки под конкретные растения.

3. Эффективность и результаты: анализ пользовательских отзывов, научных исследований и практического опыта использования конкретных моделей и брендов.

4. Цена и качество: соотношение стоимости и качества продукции, анализ предложений на рынке и конкурентоспособность.

5. Инновационные решения: выявление уникальных особенностей и инновационных технологий в моделях фитосветильников различных брендов.

Одной из ключевых характеристик лампы для выращивания растений являются ее характеристики, которые включают такие параметры, как мощность, световой поток, цветовая температура и спектральный состав. Мощность освещения растения определяет потребляемую им энергию, а световой поток определяет количество излучаемого света. Цветовая температура указывает на цветовой диапазон света, излучаемого источником света, а спектральный состав определяет, какие длины волн света стимулируют рост растений.

Одной из важных особенностей современных ламп для выращивания растений является спектральный состав света. Фитосветильники способны модулировать световой спектр

для создания оптимальных условий для фотосинтеза и роста разных видов растений. Например, на вегетативной стадии требуется более синий спектр, а на стадии цветения – красный и дальний красный.

Еще одной важной характеристикой является интенсивность света. Современные светильники для выращивания растений дают возможность регулировать интенсивность света, позволяя адаптировать освещение к различным потребностям ваших растений и условиям окружающей среды.

Продолжительность дня также можно регулировать с помощью ламп для выращивания растений. Это особенно важно для поддержания оптимального состояния растений зимой, когда продолжительность светового дня сокращается.

Кроме того, современные светильники для выращивания растений часто имеют компактную конструкцию, легкий вес и низкое энергопотребление, что делает их простыми в использовании и экономичными в эксплуатации.

Некоторые лампы для выращивания растений оснащены специальными датчиками для мониторинга факторов роста растений и физиологического здоровья, поэтому настройки освещения можно динамически и автоматически регулировать.

Другие особенности современных светильников для выращивания растений включают в себя возможность управлять освещением через мобильные приложения или другие устройства, что обеспечивает простоту использования и возможность контролировать условия освещения из любой точки мира. Некоторые модели также имеют возможность создавать различные сцены освещения, позволяя имитировать естественный световой цикл растений на разных стадиях роста [3, 5].

Еще одной важной особенностью современных светильников для выращивания растений является их эффективность и долговечность. Благодаря светодиодной технологии они имеют низкое энергопотребление и длительный срок службы, что делает их экономичными и надежными в использовании.

Также некоторые лампы для выращивания растений оснащены системами охлаждения, которые позволяют поддерживать оптимальную температуру вокруг ваших растений, предотвращая перегрев и обеспечивая стабильную работу и долговечность светодиодов. Кроме того, современные лампы для выращивания растений могут быть оснащены датчиками экосистемы, способными контролировать уровень углекислого газа, влажность и температуру, чтобы создать оптимальные условия для роста растений.

Важной характеристикой современных фитосветильников является также их экологическая безопасность. Благодаря использованию LED-технологий, фитосветильники потребляют меньше электроэнергии и имеют меньший уровень тепловыделения, что делает их более экологичными и безопасными для окружающей среды. Кроме того, отсутствие использования опасных химических веществ или ртути делает их более безопасными для использования в домашних условиях.

Таким образом, современные лампы для выращивания растений представляют собой инновационные решения для выращивания растений в помещении с широким спектром функций и свойств, которые делают их важным инструментом для городского, вертикального земледелия, а также для домашнего использования. В то же время при выборе лампы для выращивания важно учитывать потребности и характеристики ваших конкретных растений и следовать инструкциям производителя и советам экспертов по сельскому хозяйству для достижения оптимальных результатов выращивания.

Фитосветильники являются технологически продвинутыми устройствами, способными обеспечить оптимальные условия роста и развития растений. Они являются неотъемлемым инструментом в сельском хозяйстве, оранжереях, вертикальном фермерстве и других отраслях, где растения играют важную роль. Непрерывное совершенствование технологий в области фитосветильников, обещает новые достижения и возможности в будущем.

Фитосветильники работают на основе принципов светотерапии, при которой используются световые волны определенной длины для стимуляции фотосинтеза и роста растений. Они

обеспечивают оптимальное освещение растений с учетом их потребностей в красном, синем и зеленом свете. К преимуществам ламп для выращивания растений относятся высокая энергоэффективность, длительный срок службы, низкие эксплуатационные расходы и возможность точного управления освещением [1, 7].

Заключение. Исследования характеристик современных светильников для растений привели нас к пониманию, что они представляют собой эффективное и инновационное решение для внутреннего освещения растений. Светильники для растений бывают различных типов и конструкций, а также различных характеристик и эффективности, что делает их привлекательными для использования в сельском хозяйстве. Понимание того, как работает фитосвет и его преимущества, поможет вам выбрать лучший вариант для конкретных условий выращивания растений [8-11].

Список источников

1. Энергосберегающие элементы электротехнологии и светокультуры растений, обеспечивающие перспективы развития АПК : монография / С.И. Васильев, С.В. Машков, В.А. Сыркин [и др.]. – Кинель : ИБЦ Самарского ГАУ, 2022. – 155 с.
2. Разработка интенсивных электротехнологий и технических средств для цифрового сельского хозяйства: отчет о НИР (промежуточн.); рук. Машков С.В.; исполн. Крючин П.В., Васильев С.И., Гриднева Т.С., Фатхутдинов М.Р., Нугманов С.С., Ишкин П.А., Сыркин В.А. и др. – Кинель, 2019. – 67 с. – № ГР АААА-А19-119011400093-1.
3. Совершенствование электрофизических способов и технических средств для контроля и воздействия на сельскохозяйственные объекты: отчет о НИР (промежуточн.); рук. Нугманов С.С.; исполн. Гриднева Т.С., Васильев С.И., Савельева Э.Н. – Кинель, 2014. – 28 с. – № ГР 01201476403.
4. Васильев С.И. Результаты исследования спектральных характеристик светодиодов применяемых в электротехнологии досвечивания сельскохозяйственных культур: Наука и современность: сборник материалов V-ой международной научно-практической конференции / С.И. Васильев, Д.Н. Моргунов. – М.: НИЦ «Империя», 2016. – С. 37-38.
5. Электрофизическая предпосевная обработка семян как способ интенсификации процессов в растениеводческой отрасли сельского хозяйства : монография / С.И. Васильев, И.В. Юдаев, С.В. Машков [и др.]. Кинель : РИО ФГБОУ ВО Самарского ГАУ. 2020. – 239 с.
6. Васильев С.И. Разработка интенсивной технологии и технического средства (биомодуля) для производства органической овощной продукции / С.И. Васильев, С.В. Машков, В.А. Сыркин, Т.С. Гриднева / Инновационные достижения науки и техники АПК: Сб. науч. тр. Международной научно-практической конференции. – Самара: РИО СГСХА, 2018. – С. 576-579.
7. Васильев, С.И. СВЧ-влажномер / С.И. Васильев, С.С. Нугманов, Т.С. Гриднева // Сельский механизатор. – 2014. – № 10. – С. 28–29.
8. Yudaev I., Mashkov S., Vasil'yev S., Syrkin V., Shevchenko S., Sirakov K. (2020) Improvement of technology of electrical and magnetic stimulation of seeds and crop plants. Handbook of research on energy-saving technologies for environmentally-friendly agricultural development. (pp. 365-396) (in USA).
9. Энергосберегающие элементы электротехнологии и светокультуры растений, обеспечивающие перспективы развития АПК : монография / С. И. Васильев, С. В. Машков, В. А. Сыркин [и др.]. – Кинель : Самарский государственный аграрный университет, 2022. – 155 с.
10. Разработка комплекса энергосберегающих элементов технологии выращивания овощных культур в условиях культивационных сооружений : отчет о НИР (заключительн.); рук. Васильев С.И., исполн. Васильев С.И., Машков С.В., Фатхутдинов М.Р., Сыркин В.А., Гриднева Т.С., Ишкин П.А., Крючин П.В., Котов Д.Н., Ракитина В.В., Моргунов Д.Н. – Кинель, 2020. – 156 с. – № ГР АААА-А20-120013190050-0.
11. Сыркин В. А., Гриднева Т. С. Разработка устройства для досвечивания и стимуляции растений при микроклональном размножении в условиях in vitro // Самара АгроВектор. 2024. Т. 4. № 3. С. 99-104. doi: 10.55170/2949-3536-2024-4-3-99-104.

References

1. Vasil'yev S.I., Maschkov S.V., Syrkin V.A. [et al] (2022). Energy-saving elements of electrical technology and plant photoculture, providing prospects for the development of the agro-industrial complex. *A monograph*. (p. 155). Kinel (in Russ).
2. Maschkov S.V., Vasil'yev S.I., Gridneva T.S. [et al] (2019). Development of intensive electrical technologies and technical means for digital agriculture. *Research report (interim)*. (p. 28). Kinel (in Russ). No. state registration AAAA-A19-119011400093-1.
3. Nugmanov S.S., Gridneva T.S., Vasil'yev S.I. [et al] (2014). Improvement of electrophysical methods and technical means for monitoring and influencing agricultural objects. *Research report (interim)*. (p. 67). Kinel (in Russ). No. state registration 01201476403.
4. Vasil'yev S.I. (2016). The results of the study of the spectral characteristics of LEDs used in electrical technology for supplementary illumination of agricultural crops. *Science and modernity*. (pp. 37...38) Moscov (in Russ).
5. Vasil'yev S.I., Yudaev I.V., Maschkov S.V. [et al] (2020). Electrophysical pre-sowing treatment of seeds as a way to intensify processes in the crop industry of agriculture. *Monograph*. (p. 239). Kinel (in Russ).
6. Vasil'yev S.I., Maschkov S.V., Syrkin V.A., Gridneva T.S. (2018). Development of intensive technology and technical means (biomodule) for the production of organic vegetable products. *Innovative achievements of science and technology of the agro-industrial complex*. (pp. 576-579) Samara (in Russ).
7. Vasil'yev, S.I. Microwave moisture meter. S.I. Vasiliev, S.S. Nugmanov, T.S. Gridneva. Rural machine operator. - 2014. - No. 10. - P. 28–29.
8. Yudaev I., Mashkov S., Vasil'yev S., Syrkin V., Shevchenko S., Sirakov K. (2020). Improvement of technology of electrical and magnetic stimulation of seeds and crop plants. Handbook of research on energy-saving technologies for environmentally-friendly agricultural development. (pp. 365-396) (in USA).
9. Vasilyev, S.I., Mashkov, S.V. Syrkin V.A. [et al] (2022). Energy-saving elements of electrical technology and light culture of plants, providing prospects for the development of agriculture (in Russ.).
10. Vasil'yev S. I., Maschkov S. V., Fatkhutdinov M. R., Syrkin V. A., Gridneva T. S., Ischkin P. A., Kryuchin P. V., Rakitina V.V., Morgunov D. N. (2020). Development of a complex of energy-saving elements of technology for growing vegetable crops in conditions of high-tech cultivation facilities. *Research report*. (p. 156). Kinel. No. GR AAAA-A20-120013190050-0 (in Russ).
11. Syrkin, V. A. & Gridneva, T. S. (2024). Development of a device for additional illumination and stimulation of plants during microclonal propagation in in vitro conditions. Samara AgroVektor (Samara AgroVektor), 4, 3, 99-104. (In Russ.). doi: 10.55-170/2949-3536-2024-4-3-99-104.

Информация об авторах:

Ворламов И. А. – магистрант;
Тесленко С. В. – магистрант;
Васильев С. И. – кандидат технических наук, доцент.

Information about the authors:

Vorlamov I. A. – master's student;
Teslenko S. V. – master's student;
Vasil'yev S. I. – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor.

Вклад авторов:

Ворламов И. А. – написание статьи;
Тесленко С. В. – написание статьи;
Васильев С. И. – научное руководство.

Contribution of the authors:

Vorlamov I. A. – writing articles;
Teslenko S. V. – writing articles;
Vasil'yev S. I. – scientific management.

ИССЛЕДОВАНИЕ УСТРОЙСТВ ДЛЯ КОМБИНИРОВАННОГО ОСВЕЩЕНИЯ РАСТЕНИЙ

**Александр Андреевич Андреев¹, Иван Александрович Ворламов²,
Сергей Иванович Васильев³**

^{1,2,3} Самарский государственный аграрный университет, Кинель, Россия

¹andreevsasa854@gmail.com, <http://orcid.org/0009-0007-9676-7319>

²vorlam_15@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0012-4534-4973>

³si_vasilev@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0003-4368-3123>

В статье представлены результаты исследований устройств для комбинированного освещения растений, использующих источники света с различным спектральным составом. Рассмотрены основные подходы к формированию спектров, проанализировано влияние комбинаций светодиодных модулей на морфологические и физиологические параметры растений. Приведены сравнительные данные эффективности фотосинтетической активной радиации, энергопотребления и равномерности облучения. Обоснованы рекомендации по выбору спектральных режимов для различных этапов вегетации.

Ключевые слова: комбинированное освещение, спектр излучения, светодиодные фитосветильники, фотосинтетическая активная радиация, энергоэффективность.

Для цитирования: Андреев А. А., Ворламов И. А., Васильев С. И. Исследование устройств для комбинированного освещения растений // Электрооборудование и электротехнологии в сельском хозяйстве: сб. науч. тр. – Кинель: ИБЦ Самарского ГАУ, 2026. С. 39-44.

RESEARCH OF DEVICES FOR COMBINED ILLUMINATION OF PLANTS

Aleksander A. Andreev¹, Ivan A. Vorlamov², Sergey I. Vasil'yev³

^{1,2,3} Samara State Agrarian University, Kinel, Russia

¹andreevsasa854@gmail.com, <http://orcid.org/0009-0007-9676-7319>

²vorlam_15@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0012-4534-4973>

³si_vasilev@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0003-4368-3123>

The article presents the results of studies of devices for combined illumination of plants using light sources with different spectral compositions. The main approaches to the formation of spectra are considered, the influence of combinations of LED modules on the morphological and physiological parameters of plants is analyzed. Comparative data on the effectiveness of photosynthetic active radiation, energy consumption, and uniformity of irradiation are presented. Recommendations on the choice of spectral modes for various stages of vegetation are substantiated.

Keywords: combined lighting, radiation spectrum, LED phyto-luminaires, photosynthetic active radiation, energy efficiency.

For citation: Andreev A. A., Vorlamov I. A. & Vasil'yev S. I. Research of devices for combined illumination of plants // Electrical equipment and electrical technologies in agriculture : collection of scientific papers. (pp. 39-44) Kinel : PLC Samara SAU (in Russ).

Обеспечение растений светом необходимой интенсивности и спектрального состава является одним из важнейших факторов, определяющих продуктивность сельскохозяйственных культур в условиях защищенного грунта. Световой режим влияет не только на интенсивность фотосинтеза, но и на морфогенез растений, сроки наступления фенологических фаз, устойчивость к заболеваниям и качество получаемой продукции. В связи с этим выбор оптимальных осветительных устройств представляет собой актуальную научно-практическую задачу [1, 3, 5].

Традиционно в тепличных хозяйствах применялись разрядные источники света – натриевые, металлогалогенные и люминесцентные лампы. Данные устройства имеют ряд существенных недостатков, среди которых ограниченные возможности регулирования спектрального состава излучения, значительное энергопотребление, относительно небольшой ресурс работы и наличие в спектре вредных для растений и человека компонентов. Развитие полупроводниковых технологий привело к появлению светодиодных осветительных систем, позволяющих формировать спектральный состав излучения с высокой точностью, адаптируя его под конкретные культуры и этапы вегетации [2, 3, 6].

В настоящее время на рынке представлено значительное количество устройств для комбинированного освещения растений, различающихся по типу используемых источников света, конструктивному исполнению, спектральным характеристикам и способам управления [1, 2, 7].

Целью настоящей работы является обзор и систематизация сведений о существующих устройствах комбинированного освещения, анализ их преимуществ и ограничений, а также выработка критериев выбора оптимальных решений для различных условий применения.

Устройства для комбинированного освещения растений могут быть классифицированы по нескольким основным признакам: типу используемых источников света, способу формирования спектра, конструктивному исполнению и характеру управления [3, 7, 8].

По типу источников света различают устройства на основе газоразрядных ламп (натриевых, металлогалогенных), люминесцентных ламп и светодиодов. Комбинированные системы могут включать различные сочетания указанных источников. Наибольшее распространение в современном растениеводстве получают светодиодные системы, обеспечивающие высокую энергоэффективность и возможность точного спектрального регулирования.

По способу формирования спектра выделяют устройства с фиксированным спектральным составом, в которых соотношение различных диапазонов излучения задано конструктивно и не может изменяться в процессе эксплуатации, и устройства с регулируемым спектром, позволяющие изменять интенсивность излучения в различных спектральных диапазонах независимо. Регулируемые системы обеспечивают возможность адаптации светового режима к потребностям растений на разных этапах развития, однако характеризуются более высокой стоимостью и сложностью управления.

По конструктивному исполнению различают линейные светильники, предназначенные для равномерного освещения больших площадей, точечные осветительные модули, используемые для локальной подсветки, и панельные системы, обеспечивающие высокую равномерность распределения светового потока. Выбор конструктивного типа определяется размерами освещаемой площади, высотой подвеса и особенностями выращиваемой культуры.

По характеру управления устройства могут быть оснащены ручной регулировкой параметров, программным управлением с возможностью задания временных и спектральных режимов, а также интегрированными системами автоматического управления на основе датчиков освещенности и физиологического состояния растений [1, 5, 8].

Спектральный состав излучения оказывает определяющее влияние на физиологические процессы, протекающие в растениях. Различные диапазоны спектра выполняют специфические функции в процессах фотосинтеза и фотоморфогенеза [5-7].

Синий свет (диапазон 400–500 нм) стимулирует процессы деления клеток, регулирует устьичную проводимость, влияет на формирование компактной архитектоники растений и предотвращает вытягивание. Красный свет (диапазон 600–700 нм) является основным энергетическим источником для фотосинтеза и оказывает значительное влияние на процессы цветения и плодообразования. Дальний красный свет (диапазон 700–800 нм) участвует в регуляции

фитохромной системы, контролирующей фотопериодические реакции и процессы прорастания семян. Зеленый свет (диапазон 500–600 нм) способствует проникновению излучения в нижние ярусы листового полога и может оказывать положительное влияние на продуктивность при определенных условиях [4, 6-8].

Комбинированные осветительные устройства позволяют формировать спектральный состав, оптимально соответствующий потребностям конкретной культуры. В зависимости от типа используемых источников возможны различные подходы к спектральной комбинации. В системах на основе светодиодов спектр формируется путем интеграции модулей с различными пиковыми длинами волн, что обеспечивает высокую гибкость и точность настройки.

Сравнительный анализ устройств комбинированного освещения позволяет выявить преимущества и ограничения каждого типа.

Светодиодные фитосветильники характеризуются высокой энергоэффективностью, достигающей 2,0-2,5 мкмоль/Дж, что существенно превышает показатели газоразрядных ламп. Они обладают длительным ресурсом работы, составляющим не менее 50000 часов, и низкой степенью деградации светового потока в процессе эксплуатации. Возможность точного регулирования спектрального состава позволяет адаптировать режим освещения под конкретные культуры и этапы вегетации. К недостаткам можно отнести относительно высокую первоначальную стоимость оборудования, необходимость применения специализированных систем управления и охлаждения, а также зависимость спектральных характеристик от температуры кристалла.

Натриевые лампы высокого давления традиционно широко применяются в тепличных хозяйствах благодаря высокой световой отдаче и относительно невысокой стоимости. Спектр излучения таких ламп смещен в красно-желтую область, что делает их пригодными для использования на этапе цветения и плодоношения. Однако натриевые лампы характеризуются значительным энергопотреблением, ограниченным ресурсом (до 12000 часов), отсутствием возможности регулирования спектра и наличием в спектре значительной доли инфракрасного излучения, что может приводить к перегреву растений.

Металлогалогенные лампы обеспечивают спектральный состав, близкий к естественному солнечному свету, что делает их пригодными для использования на вегетативном этапе. Однако данные устройства уступают светодиодным системам по энергоэффективности, имеют ограниченный ресурс и требуют применения специальных пускорегулирующих аппаратов.

Люминесцентные лампы характеризуются невысокой стоимостью и простотой применения, однако их энергоэффективность существенно ниже светодиодных систем, а спектральный состав ограничен возможностями используемых люминофоров [5-11].

При выборе устройств комбинированного освещения для конкретных условий применения необходимо учитывать совокупность факторов, определяющих эффективность их использования.

Тип выращиваемой культуры и этап вегетации являются определяющими факторами при выборе спектрального состава излучения. Для листовых культур предпочтительным является преобладание синего и зеленого спектров, для плодовых культур на этапе цветения и плодоношения – красного и дальнего красного.

Площадь освещаемой поверхности и высота подвеса определяют требуемую мощность и конструктивное исполнение осветительных устройств. Для больших площадей целесообразно применение линейных светильников с равномерным распределением светового потока, для небольших участков или локальной подсветки – точечных или панельных систем.

Энергетическая эффективность является важнейшим экономическим фактором, определяющим эксплуатационные затраты. Светодиодные системы, несмотря на более высокую первоначальную стоимость, обеспечивают существенную экономию электроэнергии в процессе эксплуатации.

Возможность автоматизации и интеграции в общую систему управления микроклиматом также является значимым фактором. Современные светодиодные системы могут быть оснащены контроллерами, позволяющими программировать спектральные и временные режимы, а также интегрироваться с датчиками освещенности, температуры и влажности.

Развитие устройств комбинированного освещения растений связано с совершенствованием элементной базы, разработкой адаптивных алгоритмов управления и интеграцией с системами мониторинга состояния растений.

Перспективным направлением является создание интеллектуальных осветительных систем, способных автоматически корректировать спектральный состав на основе данных о физиологическом состоянии растений, получаемых с помощью мультиспектральных датчиков или методов компьютерного зрения. Такие системы позволяют оптимизировать режимы освещения в реальном времени с учетом текущих потребностей культуры.

Дальнейшее повышение энергоэффективности связано с совершенствованием конструкции светодиодных кристаллов, увеличением квантового выхода и улучшением систем отвода тепла. Важным направлением является также разработка оптических систем, обеспечивающих равномерное распределение излучения с минимальными потерями.

Расширение спектрального диапазона регулирования за счет включения ультрафиолетового и дальнего красного излучения позволяет воздействовать на синтез биологически активных соединений, повышая качество продукции. Данное направление представляет особый интерес для получения продукции с заданными потребительскими свойствами.

Проведенный анализ устройств для комбинированного освещения растений позволяет сделать следующие выводы.

Современные светодиодные системы комбинированного освещения обладают значительными преимуществами перед традиционными источниками света, включая высокую энергоэффективность, длительный ресурс, возможность точного регулирования спектрального состава и интеграции в автоматизированные системы управления микроклиматом.

Выбор оптимального типа осветительного устройства должен основываться на учете биологических особенностей выращиваемой культуры, технических характеристик оборудования и экономических показателей. Для большинства культур защищенного грунта наиболее перспективным является применение светодиодных систем с регулируемым спектральным составом, обеспечивающих возможность адаптации режимов освещения к этапам вегетации.

Дальнейшее развитие рассматриваемого класса устройств связано с созданием интеллектуальных систем управления, совершенствованием элементной базы и расширением функциональных возможностей, что позволит повысить эффективность растениеводства и качество получаемой продукции при снижении ресурсозатрат.

Список источников

1. Головин В.В. Светодиодное освещение в сельском хозяйстве: спектральные аспекты и эффективность применения / В.В. Головин, И.Г. Тараканов // *Агрофизика*. – 2022. – № 4. – С. 12–19.

2. Смирнов А.Б. Влияние спектрального состава света на фотоморфогенез и продуктивность растений томата / А.Б. Смирнов, Н.В. Кузьмина // *Вестник Российского государственного аграрного заочного университета*. – 2021. – № 3. – С. 34–41.

3. Дорохов А.С. Энергоэффективные системы облучения для тепличных комплексов / А.С. Дорохов, В.Н. Белов // *Механизация и электрификация сельского хозяйства*. – 2023. № 1. С. 27–32.

4. Совершенствование электрофизических способов и технических средств для контроля и воздействия на сельскохозяйственные объекты: отчет о НИР (промежуточн.); рук. Нугманов С. С.; исполн. Гриднева Т.С., Васильев С.И., Савельева Э.Н. – Кинель, 2014. – 28 с. – № ГР 01201476403. – EDN TLTDFR.

5. Рязанов, А. В. Применение электрофизических способов для повышения эффективности выращивания сельскохозяйственных культур / А. В. Рязанов, Т. С. Гриднева, С. С. Нугманов // *Инновационные достижения науки и техники АПК : Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции*. Кинель: Самарская государственная сельскохозяйственная академия, 2018. – С. 379-381.

6. Васильев С.И. Результаты исследования спектральных характеристик светодиодов применяемых в электротехнологии досвечивания сельскохозяйственных культур: Наука и современность: сборник материалов V-ой международной научно-практической конференции / С.И. Васильев, Д.Н. Моргунов. – М.: НИЦ «Империя», 2016. – С. 37-38.

7. Васильев С.И. Комплекс энергосберегающих элементов технологии выращивания овощных культур в контролируемых условиях / С.И. Васильев, С.В. Машков, В.А. Сыркин // Вестник аграрной науки Дона. – 2020. – № 4(52). – С. 10-19. – EDN AQZZUD.

8. Васильев, С.И. Электротехника и электроника : уч.пособие / С.И. Васильев, И.В. Юдаев. Том Часть 1. – Кинель : Самарская государственная сельскохозяйственная академия, 2016. – 133 с. – ISBN 978-5-88575-411-8. – EDN VWVFKF.

9. Разработка комплекса энергосберегающих элементов технологии выращивания овощных культур в условиях культивационных сооружений : отчет о НИР (заключительн.); рук. Васильев С.И., исполн. Васильев С.И., Машков С.В., Фатхутдинов М.Р., Сыркин В.А., Гриднева Т.С., Ишкин П.А., Крючин П.В., Котов Д.Н., Ракитина В.В., Моргунов Д.Н. – Кинель, 2020. – 156 с. – № ГР АААА-А20-120013190050-0.

10. Совершенствование энергосберегающих способов электрофизического воздействия на семена и растения овощных культур, выращиваемых в защищенной среде : отчет о НИР (промежуточ.); рук. Васильев С.И. исполн. Машков С.В., Ишкин П.А., Фатхутдинов М.Р., Сыркин В.А., Крючин П.В., Гриднева Т.С., Моргунов Д.Н., Евсеев Е.А., Смолев К.С. Кинель, 2023. 162 с. № 123040300011-7.

11. Васильев С. И., Машков С. В., Гриднева Т. С., Кудряков Е. В. Обоснование характеристик электрического поля для повышения энергосбережения при выращивании овощных культур // Самара АгроВектор. 2022. Т. 2. № 2. С. 17-27. doi: 10.55170/29493536_2022_2_2_17.

References

1. Golovin V.V. & Tarakanov I.G. (2022). LED lighting in agriculture: spectral aspects and application efficiency. *Agrophysics*. No. 4 (pp. 12–19) (in Russ).

2. Smirnov A.B. & Kuzmina N.V. (2021). Influence of the spectral composition of light on photomorphogenesis and productivity of tomato plants. *Bulletin of the Russian State Agrarian Correspondence University*. No. 3. (pp. 34 – 41) (in Russ).

3. Dorokhov A.S. & Belov V.N. (2023). Energy-efficient irradiation systems for greenhouse complexes. *Mechanization and electrification of agriculture*. No. 1. (pp. 27 – 32) (in Russ).

4. Nugmanov S.S., Gridneva T.S., Vasil'yev S.I. [et al] (2014). Improvement of electrophysical methods and technical means for monitoring and influencing agricultural objects. *Research report (interim)*. (p. 28). Kinel (in Russ). No. state registration 01201476403.

5. Ryazanov, A. V. Application of Electrophysical Methods to Increase the Efficiency of Crop Production / A. V. Ryazanov, T. S. Gridneva, and S. S. Nugmanov // Innovative Achievements in Science and Technology of the Agro-Industrial Complex: Collection of Scientific Papers of the International Scientific and Practical Conference, Kinel: Samara State Agricultural Academy, 2018. – Pp. 379-381.

6. Vasil'yev S.I. (2016). The results of the study of the spectral characteristics of LEDs used in electrical technology for supplementary illumination of agricultural crops. *Science and modernity*. (pp. 37...38) (in Russ).

7. Vasil'yev S.I., Mashkov S.V. & Syrkin V.A. (2020). Complex of energy-saving elements of technology for growing vegetable crops under controlled conditions. *Bulletin of Agrarian Science of the Don*. No. 4 (52). (pp. 10-19) (in Russ).

8. Vasil'yev S.I. & Yudaev I.V. (2016). Electrical Engineering and Electronics: Recommended by the Educational and Methodological Association of Universities of the Russian Federation for Agricultural Engineering Education as a teaching aid for students studying bachelor's degree programs in the field of training "Agroengineering". Volume Part 1. (133 p.) Kinel (in Russ). ISBN 978-5-88575-411-8.

9. Vasil'yev S. I., Maschkov S. V., Fatkhutdinov M. R., Syrkin V. A., Gridneva T. S., Ischkin P. A., Kryuchin P. V., Rakitina V.V., Morgunov D. N. (2020). Development of a complex of energy-saving elements of technology for growing vegetable crops in conditions of high-tech cultivation facilities. *Research report*. (p. 156). Kinel. No. GR AAAA-A20-120013190050-0 (in Russ).

10. Vasil'yev S.I., Maschkov S.V., Ischkin P.A., Fatkhutdinov M.R., Syrkin V.A., Kryuchin P.V., Gridneva T.S., Morgunov D.N., Evseev E.A., Smolev K.S. (2023). Development of a complex of energy-saving elements of technology for growing vegetable crops in conditions of high-tech cultivation facilities. *Research report*. (p. 162). Kinel. No. GR 123040300011-7 (in Russ).

11. Vasil'ev, S. I., Maschkov, S. V., Gridneva, T. S. & Kudryakov, E. V. (2022). Substantiation of the characteristics of the electric field to increase energy saving in growing vegetables. *Samara AgroVektor (Samara AgroVector)*, 2, 2, 17-27. (In Russ.). doi: 10.55170/29493536_2022_2_2_17.

Информация об авторах:

Андреев А. А. – студент;

Ворламов И. А. – магистрант;

Васильев С. И. – кандидат технических наук, доцент.

Information about the authors:

Andreev A. A. – student;

Vorlamov I. A. – master student;

Vasil'yev S. I. – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor.

Вклад авторов:

Андреев А. А. – написание статьи;

Ворламов И. А. – написание статьи;

Васильев С. И. – научное руководство.

Contribution of the authors:

Andreev A. A. – writing articles;

Vorlamov I. A. – writing articles;

Vasil'yev S. I. – scientific management.

Обзорная статья

УДК 621.32

ОБЗОР СВЕТИЛЬНИКОВ ДЛЯ ОСВЕЩЕНИЯ КАРТОФЕЛЕХРАНИЛИЩ

**Максим Александрович Егоренков¹, Алексей Николаевич Козырев²,
Сергей Иванович Васильев³**

^{1,2,3} Самарский государственный аграрный университет, Кинель, Россия

¹egorenkov-09@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0015-4682-4586>

²kozyr@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0456-7835-8725>

³si_vasilev@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0003-4368-3123>

В статье представлен анализ современных установок для освещения картофелехранилищ. Рассмотрены основные типы светильников, применяемых в различных функциональных зонах хранения: лампы накаливания, люминесцентные, металлогалогенные и светодиодные системы. Особое внимание уделено требованиям нормативной документации, ограничивающим использование источников света, излучающих в фитоактивной области спектра. Приведены сравнительные характеристики оборудования по показателям энергоэффективности, долговечности и безопасности для продукции. Определены перспективные направления развития систем освещения, включая применение автоматизированных систем управления световыми режимами.

Ключевые слова: картофелехранилище, искусственное освещение, светодиодные светильники, энергоэффективность.

Для цитирования: Егоренков М. А., Козырев А. Н., Васильев С. И. Обзор светильников для освещения картофелехранилищ // Электрооборудование и электротехнологии в сельском хозяйстве: сб. науч. тр. – Кинель: ИБЦ Самарского ГАУ, 2026. С. 44-49.

REVIEW OF LAMPS FOR ILLUMINATION OF POTATO STORAGE FACILITIES

Maxim A. Egorenkov¹, Aleksey N. Kozyrev², Sergey I. Vasil'yev³

^{1,2,3} Samara State Agricultural University, Kinel, Russia

¹egorenkov-09@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0015-4682-4586>

²kozyr@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0456-7835-8725>

³si_vasilev@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0003-4368-3123>

The article presents an analysis of modern lighting systems for potato storage facilities. The main types of luminaires used in various functional areas of storage are considered: incandescent lamps, fluorescent lamps, metal halide lamps, and LED systems. Special attention is paid to the requirements of regulatory documentation restricting the use of light sources emitting in the phytoactive region of the spectrum. Comparative characteristics of equipment in terms of energy efficiency, durability, and product safety are provided. Promising directions for the development of lighting systems, including the use of automated light mode control systems, are identified.

Keywords: potato storage, artificial lighting, LED lamps, energy efficiency.

For citation: Egorenkov A. A., Kozyrev A. N. & Vasil'yev S. I. (2026). Review of lamps for illumination of potato storage facilities. Electrical equipment and electrical technologies in agriculture : collection of scientific papers. (pp. 44-49). Kinel : PLC Samara SAU (in Russ).

Сохранение качественных показателей картофеля в период длительного хранения является одной из ключевых задач агропромышленного комплекса. Ежегодные потери продукции при хранении могут достигать 15–30% от общего объема закладываемого урожая, что наносит существенный экономический ущерб сельскохозяйственным производителям. Современные картофелехранилища представляют собой сложные инженерные сооружения, оснащенные системами активной вентиляции, климат-контроля и автоматизированного управления технологическими процессами. При этом освещение зачастую рассматривается исключительно как вспомогательная система, обеспечивающая видимость для персонала. Однако результаты многочисленных исследований свидетельствуют о том, что параметры световой среды оказывают непосредственное влияние на физиолого-биохимические процессы, протекающие в клубнях. Правильно организованная система освещения позволяет минимизировать потери продукции, обеспечить безопасные условия труда и снизить эксплуатационные затраты [1-3].

Нормативная база, регламентирующая устройство систем освещения в объектах хранения сельскохозяйственной продукции, включает в себя как общие правила устройства электроустановок (ПУЭ), так и специализированные отраслевые рекомендации. В соответствии с действующими нормами, освещение картофелехранилищ должно обеспечивать уровень освещенности в рабочих зонах не менее 50-100 лк в зависимости от характера выполняемых операций (загрузка, выгрузка, сортировка, ремонтные работы); равномерность распределения светового потока; соответствие класса взрывопожароопасности помещения; защиту светильников от механических воздействий и агрессивной среды (влажность, аммиачные выделения); наличие аварийного освещения.

Особое требование, специфичное для картофелехранилищ, касается спектрального состава излучения. Клубни картофеля в период покоя обладают повышенной чувствительностью к свету определенного диапазона. Воздействие фитоактивного излучения (400–700 нм) инициирует процесс позеленения, связанный с накоплением соланина – токсичного для человека гликоалкалоида. В связи с этим нормативные документы ограничивают применение источников света с высокой долей синей и красной составляющих спектра в зонах непосредственного нахождения продукции [1, 3, 5].

В практике эксплуатации картофелехранилищ применяются следующие основные типы осветительных установок: лампы накаливания, люминесцентные лампы, металлогалогенные лампы и светодиодные (LED) светильники [2, 4, 6].

Лампы накаливания представляют собой традиционный тип источников света, в котором излучение возникает в результате нагрева вольфрамовой нити до высокой температуры. При прохождении электрического тока через нить накала происходит тепловое излучение в видимом и инфракрасном диапазонах. Преимуществами является низкая стоимость оборудования, мгновенный выход на рабочий режим, устойчивость к низким температурам, спектральный состав с преобладанием желто-красной области, менее опасной для клубней. Недостатками является низкая светоотдача (10–15 лм/Вт), ограниченный срок службы (до 1000 часов), высокие эксплуатационные расходы, значительные тепловыделения, создающие дополнительную нагрузку на систему климат-контроля [1, 5, 7].

Люминесцентные лампы (газоразрядные лампы низкого давления) работают на основе явления люминесценции. Под действием электрического разряда в парах ртути возникает ультрафиолетовое излучение, которое преобразуется люминофором в видимый свет. Преимуществами является более высокая светоотдача (до 100 лм/Вт), длительный срок службы (до 15000 часов), разнообразие цветовых температур. Недостатками является чувствительность к низким температурам: при снижении температуры ниже +5°C световой поток падает на 30–50%, запуск становится нестабильным; спектр имеет выраженные пики в синей и зеленой областях, что создает риск фитоактивного воздействия на клубни; наличие ртути требует специальной утилизации [2, 6, 8].

Металлогалогенные лампы относятся к разряду газоразрядных источников высокого давления. Излучение формируется в результате электрического разряда в смеси инертных газов и металлогалогенных добавок, что позволяет достичь высокой светоотдачи и качественной цветопередачи. Преимуществами является высокая светоотдача (до 120 лм/Вт), компактность при значительной мощности, длительный срок службы (до 20000 часов). Недостатками является длительный выход на рабочий режим (до 5–10 минут), невозможность мгновенного повторного включения после отключения питания, наличие ультрафиолетовой составляющей в спектре, требующей применения защитных фильтров, высокая стоимость ламп и пускорегулирующей аппаратуры.

По показателю энергоэффективности лидирующее положение занимают светодиодные системы, обеспечивающие снижение энергопотребления на 60–80% по сравнению с металлогалогенными лампами и на 80–90% по сравнению с лампами накаливания при равных значениях освещенности. Срок окупаемости при замене традиционных источников на светодиодные в условиях круглогодичной эксплуатации составляет от 1,5 до 3 лет [5, 7, 8–12].

По долговечности светодиодные светильники также превосходят альтернативные решения. Заявленный производителями ресурс в 50000 часов означает возможность непрерывной работы в течение 5–7 лет без замены оборудования, что критически важно для труднодоступных зон хранилищ (высокие пролеты, загрузочные галереи). Сокращение частоты замены светильников снижает затраты на техническое обслуживание и минимизирует время простоев технологического оборудования.

С точки зрения безопасности для продукции спектральные характеристики светодиодных светильников могут быть адаптированы под требования картофелехранилищ. Использование светодиодов с длиной волны преимущественно в желто-зеленой области (550–600 нм) или применение специальных рассеивателей позволяет минимизировать риск позеленения

клубней, связанный с накоплением соланина. В отличие от газоразрядных ламп, светодиодные системы не содержат ртути и не требуют специальной утилизации [3, 8].

Современный подход к проектированию освещения картофелехранилищ предполагает внедрение автоматизированных систем управления, позволяющих дифференцировать режимы освещения в зависимости от выполняемых технологических операций и минимизировать энергопотребление.

В зонах длительного хранения, где клубни находятся в состоянии покоя, освещение должно включаться только на время проведения контрольных осмотров или ремонтных работ. Применение датчиков движения и присутствия позволяет сократить время работы светильников до 80–90% от потенциально возможного времени работы при постоянном включении.

В зонах активных технологических операций (приемное отделение, зона сортировки и упаковки, погрузочная рампа) требуется поддержание высокого уровня освещенности в течение продолжительного времени. Здесь целесообразно использование многоуровневых систем управления, позволяющих устанавливать различные режимы: дежурное освещение (10–20% от номинального), рабочее освещение (100%) и аварийное освещение, питающееся от резервных источников [2, 6].

Перспективным направлением является интеграция системы освещения в общую архитектуру «умного» хранилища, где управление световыми режимами синхронизировано с работой вентиляционного и климатического оборудования. Такой подход позволяет не только снизить энергопотребление, но и минимизировать тепловыделения от осветительных приборов, что особенно важно в периоды активного охлаждения продукции.

Проведенный обзор установок для освещения картофелехранилищ позволяет сделать следующие выводы. Освещение картофелехранилищ должно рассматриваться не только как система обеспечения видимости, но и как фактор, влияющий на сохранность продукции. Ключевым требованием является ограничение фитоактивной составляющей спектра для предотвращения позеленения клубней. Среди существующих типов осветительных установок наиболее перспективными являются светодиодные системы, обладающие высокими показателями энергоэффективности, долговечности и устойчивости к условиям эксплуатации в объектах хранения. Срок окупаемости светодиодных светильников составляет 1,5–3 года. Эффективность применения осветительного оборудования значительно повышается при внедрении автоматизированных систем управления, позволяющих дифференцировать режимы освещения в зависимости от функционального назначения зон и выполняемых операций. Применение датчиков движения позволяет сократить энергопотребление на 80–90%. При выборе конкретных моделей светильников необходимо учитывать не только светотехнические характеристики, но и уровень защиты от внешних воздействий (IP), устойчивость к низким температурам, а также наличие сертификации, подтверждающей безопасность спектрального состава для картофеля [2, 5].

Каждый из типов осветительных установок обладает своими преимуществами и ограничениями. Выбор типа оборудования зависит от функционального назначения зоны хранения, требований энергоэффективности, бюджета на приобретение и эксплуатацию, а также необходимости соблюдения нормативных ограничений по спектральному составу излучения. Дальнейшие исследования в данной области должны быть направлены на разработку отраслевых нормативов по спектральному составу освещения для различных сортов картофеля, а также на создание интеллектуальных систем управления световыми режимами, адаптирующихся к фазе физиологического состояния клубней.

Список источников

1. Головин В.В. Светодиодное освещение в сельском хозяйстве: спектральные аспекты и эффективность применения / В.В. Головин, И.Г. Тараканов // Агрофизика. – 2022. – № 4. – С. 12–19.

2. Смирнов А.Б. Влияние спектрального состава света на фотоморфогенез и продуктивность растений томата / А.Б. Смирнов, Н.В. Кузьмина // Вестник Российского государственного аграрного заочного университета. – 2021. – № 3. – С. 34 – 41.
3. Дорохов А.С. Энергоэффективные системы облучения для тепличных комплексов / А.С. Дорохов, В.Н. Белов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2023. – № 1. – С. 27 – 32.
4. Совершенствование электрофизических способов и технических средств для контроля и воздействия на сельскохозяйственные объекты: отчет о НИР (промежуточн.); рук. Нугманов С.С.; исполн. Гриднева Т.С., Васильев С.И., Савельева Э.Н. – Кинель, 2014. – 28 с. – № ГР 01201476403. – EDN TLTDFR.
5. Совершенствование электрофизических способов и технических средств для контроля и воздействия на сельскохозяйственные объекты: отчет о НИР (промежуточн.); рук. Нугманов С.С.; исполн. Фатхутдинов М.Р., Гриднева Т.С., Васильев С.И. – Кинель, 2015. – 49 с. – № ГР 01.2013.76403. – EDN WCMJTP.
6. Васильев С.И. Результаты исследования спектральных характеристик светодиодов применяемых в электротехнологии досвечивания сельскохозяйственных культур: Наука и современность: сборник материалов V-ой международной научно-практической конференции / С.И. Васильев, Д.Н. Моргунов. – М.: НИЦ «Империя», 2016. – С. 37-38.
7. Васильев С.И. Комплекс энергосберегающих элементов технологии выращивания овощных культур в контролируемых условиях / С.И. Васильев, С.В. Машков, В.А. Сыркин // Вестник аграрной науки Дона. – 2020. – № 4(52). – С. 10-19. – EDN AQZZUD.
8. Васильев, С.И. Электротехника и электроника : рекомендовано Учебно-методическим объединением вузов Российской Федерации по агроинженерному образованию в качестве учебного пособия для студентов, осваивающих образовательные программы бакалавриата по направлению подготовки «Агроинженерия» / С.И. Васильев, И.В. Юдаев. Том Часть 1. – Кинель : Самарская государственная сельскохозяйственная академия, 2016. – 133 с. – ISBN 978-5-88575-411-8. – EDN VWVFKF.
9. Совершенствование энергосберегающих способов электрофизического воздействия на семена и растения овощных культур, выращиваемых в защищенной среде : отчет о НИР (промежуточн.); рук. Васильев С.И. исполн. Машков С.В., Ишкин П.А., Фатхутдинов М.Р., Сыркин В.А., Крючин П.В., Гриднева Т.С., Моргунов Д.Н., Евсеев Е.А., Смолев К.С. Кинель, 2023. 162 с. № 123040300011-7.
10. Евсеев Е.А., Васильев С.И., Машков С.В. Разработка конструктивной схемы фитоустановки для малообъемного выращивания микрозелени и овощных культур // Известия самарской государственной сельскохозяйственной академии, 2023. – № 4. – С. 58–64. doi: 10.55170/19973225_2023_8_4_58.
11. Васильев С. И., Машков С. В., Гриднева Т. С., Кудряков Е. В. Обоснование характеристик электрического поля для повышения энергосбережения при выращивании овощных культур // Самара АгроВектор. 2022. Т. 2. № 2. С. 17-27. doi:10.55170/29493536_2022_2_2_17.
12. Сыркин В. А., Гриднева Т. С. Разработка устройства для досвечивания и стимуляции растений при микроклональном размножении в условиях in vitro // Самара АгроВектор. 2024. Т. 4. № 3. С. 99-104. doi: 10.55170/2949-3536-2024-4-3-99-104.

References

1. Golovin V.V. & Tarakanov I.G. (2022). LED lighting in agriculture: spectral aspects and application efficiency. *Agrophysics*. No. 4 (pp. 12–19) (in Russ).
2. Smirnov A.B. & Kuzmina N.V. (2021). Influence of the spectral composition of light on photomorphogenesis and productivity of tomato plants. *Bulletin of the Russian State Agrarian Correspondence University*. No. 3. (pp. 34 – 41) (in Russ).
3. Dorokhov A.S. & Belov V.N. (2023). Energy-efficient irradiation systems for greenhouse complexes. *Mechanization and electrification of agriculture*. No. 1. (pp. 27 – 32) (in Russ).

4. Nugmanov S.S., Gridneva T.S., Vasil'yev S.I. [et al] (2014). Improvement of electrophysical methods and technical means for monitoring and influencing agricultural objects. *Research report (interim)*. (p. 28). Kinel (in Russ). No. state registration 01201476403.

5. Nugmanov S.S., Fathutdinov M.R., Gridneva T.S. & Vasil'yev S.I. (2015) Improvement of electrophysical methods and technical means for monitoring and influencing agricultural objects. *Research report (interim)*. (p. 49). Kinel (in Russ). No. state registration 01.2013.76403.

6. Vasil'yev S.I. (2016). The results of the study of the spectral characteristics of LEDs used in electrical technology for supplementary illumination of agricultural crops. *Science and modernity*. (pp. 37...38) (in Russ).

7. Vasil'yev S.I., Mashkov S.V. & Syrkin V.A. (2020). Complex of energy-saving elements of technology for growing vegetable crops under controlled conditions. *Bulletin of Agrarian Science of the Don*. No. 4 (52). (pp. 10-19) (in Russ).

8. Vasil'yev S.I. & Yudaev I.V. (2016). Electrical Engineering and Electronics: Recommended by the Educational and Methodological Association of Universities of the Russian Federation for Agricultural Engineering Education as a teaching aid for students studying bachelor's degree programs in the field of training "Agroengineering". Volume Part 1. (133 p.) Kinel (in Russ). ISBN 978-5-88575-411-8.

9. Vasil'yev S.I., Maschkov S.V., Ischkin P.A., Fatkhutdinov M.R., Syrkin V.A., Kryuchin P.V., Gridneva T.S., Morgunov D.N., Evseev E.A., Smolev K.S. (2023). Development of a complex of energy-saving elements of technology for growing vegetable crops in conditions of high-tech cultivation facilities. *Research report*. (p. 162). Kinel. No. GR 123040300011-7 (in Russ).

10. Evseev E.A., Vasil'yev S.I., Mashkov S.V. Development of a design scheme for a phyto-installation for small-scale cultivation of microgreens and vegetable crops // *Bulletin of the Samara State Agricultural Academy*. 2023. No. 4. pp. 58–64. doi: 10.55170/19973225_2023_8_4_58.

11. Vasil'ev, S. I., Maschkov, S. V., Gridneva, T. S. & Kudryakov, E. V. (2022). Substantiation of the characteristics of the electric field to increase energy saving in growing vegetables. *Samara AgroVektor (Samara AgroVector)*, 2, 2, 17-27. (In Russ.). doi: 10.55170/29493536_2022_2_2_17.

12. Syrkin, V. A. & Gridneva, T. S. (2024). Development of a device for additional illumination and stimulation of plants during microclonal propagation in in vitro conditions. *Samara AgroVektor (Samara AgroVector)*, 4, 3, 99-104. (In Russ.). doi: 10.55-170/2949-3536-2024-4-3-99-104.

Информация об авторах:

Егоренков М. А. – студент;

Козырев А. Н. – магистрант;

Васильев С. И. – кандидат технических наук, доцент.

Information about the authors:

Egorenkov M. A. – student;

Kozyrev A. N. – master's student;

Vasil'yev S. I. – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor.

Вклад авторов:

Егоренков М. А. – написание статьи;

Козырев А. Н. – написание статьи;

Васильев С. И. – научное руководство.

Contribution of the authors:

Egorenkov M. A. – writing articles;

Kozyrev A. N. – writing articles;

Vasil'yev S. I. – scientific management.

ОБЗОР БИОМОДУЛЕЙ И ФИТОУСТАНОВОК ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ПЛОДООВОЩНОЙ ПРОДУКЦИИ

Никита Александрович Додаев¹, Владислав Александрович Бирюков²,
Сергей Иванович Васильев³

^{1,2,3} Самарский государственный аграрный университет, Кинель, Россия

¹dodaevna@icloud.com, <https://orcid.org/0009-0000-4054-0464>

²beeryukov@icloud.com, <https://orcid.org/0008-0060-4568-4646>

³si_vasilev@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0007-9676-7319>

В статье представлен сравнительный анализ четырёх типов автоматизированных установок для выращивания продукции растениеводства: компактной гидропонной мини-установки, энергосберегающего фитотрона, биотехнической системы с лазерной досветкой и фитоустановки для малообъемного выращивания микрозелени. Для каждого типа рассмотрены конструктивные решения, системы освещения и управления, выявлены достоинства и недостатки. Наибольшей функциональной завершённостью обладает биотехническая система BTS-R, обеспечивающая замкнутый контур управления параметрами микроклимата. Наиболее компактным и эргономичным решением для домашнего использования является фитоустановка для малообъемного выращивания.

Ключевые слова: фитотрон, гидропоника, светодиодное освещение, автоматизация выращивания растений, управление микроклиматом, энергоэффективность

Для цитирования: Додаев Н. А., Бирюков В. А., Васильев С. И. Обзор биомодулей и фитоустановок для производства плодоовощной продукции // Электрооборудование и электротехнологии в сельском хозяйстве: сб. науч. тр. – Кинель: ИБЦ Самарского ГАУ, 2026. С. 50-56.

REVIEW OF BIOMODULES AND PHYTO-INSTALLATIONS FOR FRUIT AND VEGETABLE PRODUCTION

Nikita A. Dodaev¹, Vladislav A. Biryukov², Sergey I. Vasil'yev³

^{1,2,3} Samara State Agricultural University, Kinel, Russia

¹dodaevna@icloud.com, <https://orcid.org/0009-0000-4054-0464>

²beeryukov@icloud.com, <https://orcid.org/0008-0060-4568-4646>

³si_vasilev@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0007-9676-7319>

This article presents a comparative analysis of four types of automated systems for growing plant products: a compact hydroponic mini-system, an energy-saving phytotron, a biotechnical system with laser supplemental lighting, and a phytosystem for small-scale microgreen cultivation. Design solutions, lighting, and control systems are discussed for each type, identifying their advantages and disadvantages. The BTS-R biotechnical system, which provides closed-loop control of microclimate parameters, offers the greatest functional completeness. The most compact and ergonomic solution for home use is a phytosystem for small-scale cultivation.

Keywords: phytotron, hydroponics, LED lighting, plant cultivation automation, microclimate control, energy efficiency.

For citation: Dodaev N. A., Biryoukov V. A. & Vasil'yev S. I. (2026). Review of biomodules and phyto-installations for fruit and vegetable production. Electrical equipment and electrical technologies in agriculture : collection of scientific papers. (pp. 50-56). Kinel : PLC Samara SAU (in Russ).

В условиях нарастающей урбанизации, ухудшения экологической обстановки и возрастающего спроса на экологически чистую продукцию растительного происхождения всё более актуальным становится развитие технологий контролируемого выращивания растений в искусственных средах. Традиционные методы сельскохозяйственного производства не всегда позволяют обеспечить круглогодичное получение плодоовощной продукции с заданными качественными характеристиками. В связи с этим перспективным направлением является создание автономных биомодулей и фитоустановок, интегрирующих достижения гидропоники, светотехники, автоматизации и биотехнического управления.

Современный рынок предлагает широкий спектр устройств для выращивания растений в защищённом грунте, от простейших гидропонных конструкций до высокотехнологичных климатических камер. Однако многообразие конструктивных решений, различия в принципах функционирования, уровне автоматизации и энергоэффективности затрудняют выбор оптимального типа установки для конкретных задач – будь то любительское растениеводство в домашних условиях, научно-исследовательская деятельность или промышленное производство. Систематизация и сравнительный анализ существующих разработок позволяют выявить их достоинства и ограничения, определить направления совершенствования и обосновать выбор наиболее рационального технического решения.

Целью исследования является сравнительный анализ конструктивных решений, принципов функционирования, достоинств и недостатков современных биомодулей и фитоустановок, предназначенных для производства плодоовощной продукции.

В работе Янкина А.В. представлено описание компактной миниустановки (рис. 1), предназначенной для выращивания низкорослых съедобных культур – листового салата, пряных трав, земляники, а также отдельных видов цветочных и овощных растений в домашних условиях. Конструктивно установка выполнена в виде пластикового резервуара, заполняемого питательным гидропонным раствором, который закрывается посадочной панелью с интегрированным стаканчиком, содержащим субстрат и отверстиями для развития корневой системы. Над посадочной панелью на фиксированном кронштейне размещена светодиодная лампа, обеспечивающая фотосинтетически активную радиацию [1, 5, 6].



Рис. 1. Компактная миниустановка для выращивания растений

Принцип функционирования установки основан на методе гидропоники – культивировании растений на искусственных средах без использования почвенного субстрата, при котором корневая система получает необходимые макро- и микроэлементы из циркулирующего или статичного питательного раствора.

Таким образом, установка ориентирована преимущественно на низкорослые культуры с ограниченной вегетативной массой и не обладает адаптивностью к динамике роста растений.

В работе Кидыко Ю.И., Белехова И.Н. и Самарина Г.Н. представлена разработка энергосберегающего фитотрона (БТС-Р), предназначенного для использования в лабораториях микроклонального размножения растений (рис. 2). В отличие от бытовых миниустановок, данный аппарат ориентирован на решение задач ускоренного получения оздоровленного семенного материала, в частности картофеля, а также плодово-ягодных и декоративных культур в условиях регулируемого микроклимата [2, 6, 7].

Конструктивной основой фитотрона является стеллажная система с возможностью многоярусной компоновки, что позволяет масштабировать производство от лабораторных до промышленных объемов. Ключевое отличие от традиционных фитотронных комплексов, оснащенных люминесцентными лампами, заключается в применении светодиодных светильников комбинированного спектрального состава. Авторами обоснован выбор светодиодов с длинами волн 660 нм (красный спектр) и 450 нм (синий спектр) в пропорции 3:1, что соответствует спектральным пикам фотосинтеза и фотоморфогенеза. Данное спектральное соотношение обеспечивает максимальную эффективность преобразования электрической энергии в фотосинтетически активную радиацию.

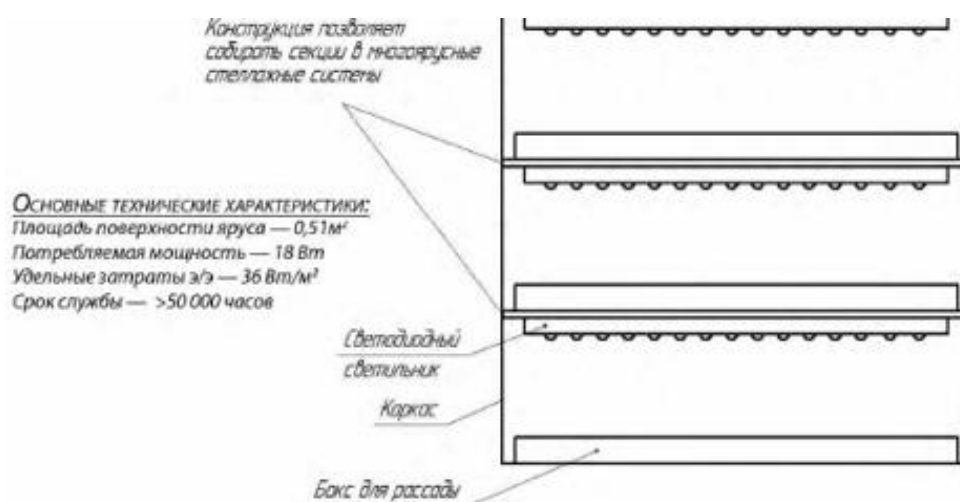


Рис. 2. Фитотрон энергосберегающий универсальный ФЭУ

Наиболее сложным и технологически совершенным решением является биотехническая система для выращивания растений (рис. 3), представленная в работе Фролова С.В., Фроловой Т.А., Лычагиной В.О. и соавторов. Авторы предлагают выделить устройства данного класса в отдельную категорию – биотехнические системы для выращивания растений (БТС-Р), обосновывая это необходимостью расширения традиционной классификации биотехнических систем [3, 5, 8].



Рис. 3. Биотехническая система для выращивания растений (БТС-Р)

Разработанная БТС-Р представляет собой автономный климатический модуль с габаритными размерами 100×60×80 см, корпус которого выполнен из влагостойкой ориентированно-стружечной плиты с последующим нанесением водоотталкивающего покрытия, а передняя стенка и крышка из органического стекла толщиной 5 мм, что обеспечивает визуальный контроль за развитием растений и герметичность рабочего объема.

Конструктивно система разделена на три функциональных отсека: левый отсек вмещает резервуар для питательного раствора, правый – электронный блок управления, центральный является рабочей зоной для размещения растений, датчиков и исполнительных устройств. Система управления БТС-Р построена на базе микроконтроллера и включает широкий спектр датчиков обратной связи: датчики температуры и влажности воздуха, температуры и влажности почвы, бесконтактный датчик уровня жидкости в емкости для полива, а также часы реального времени для организации фотопериодических режимов.

В работе Евсеева Е.А., Васильева С.И. и Машкова С.В. представлена разработка конструктивной схемы фитоустановки, ориентированной на малообъемное выращивание микрозелени и овощных культур в условиях частных домовладений (рис. 4). Актуальность разработки обусловлена возрастающим интересом населения к здоровому питанию и необходимости в компактных устройствах, обеспечивающих круглогодичное получение свежей растительной продукции [4, 5-10].

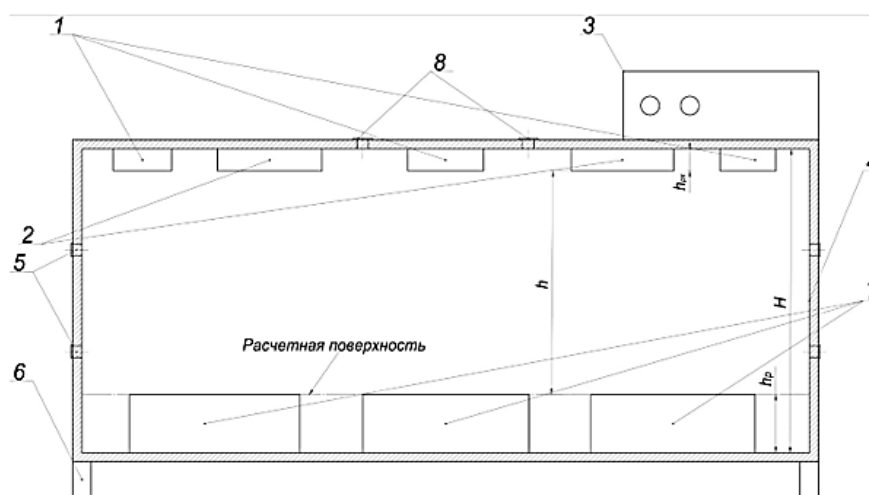


Рис. 4. Конструктивная схема фитоустановки:

- 1 – фитосветильники; 2 – светильники белого света; 3 – блок управления;
- 4 – каркас устройства; 5 – отверстия микровентиляции; 6 – ножки;
- 7 – контейнеры для растений; 8 – заслонки

Принципиальной особенностью разработанной фитоустановки является использование двух типов источников освещения: светильников белого света марки «ДПО-2х12» мощностью 24 Вт со световым потоком 4000 Лм и фитосветильников марки «Uniel UII-P19-30W» мощностью 30 Вт со световым потоком 2600 Лм (что соответствует фотосинтетическому фотонному потоку 46 мкмоль/с).

Применение комбинированной системы освещения позволяет создать спектральный состав излучения, необходимый для нормального протекания процессов фотосинтеза и фотоморфогенеза на различных этапах вегетации. На основании светотехнических расчетов авторами определены параметры размещения светильников. Высота от расчетной поверхности до светильников составляет 0,26 м, расстояние между светильниками – 0,2 м, общее количество светильников – 5 штук, из которых 3 фитосветильника и 2 светильника белого света. Расчет светового потока выполнен с использованием метода коэффициента использования светового потока, что позволило обосновать выбор конкретных моделей осветительных приборов. Блок

управления расположен на верхней крышке фитоустановки и выполнен из металла. Он содержит тумблеры для отдельного включения светильников белого света и фитосветильников, устройство защитного отключения для обеспечения электробезопасности, автоматический выключатель для защиты от короткого замыкания, а также модуль дистанционного управления, позволяющий оперативно изменять режимы освещения без непосредственного доступа к устройству.

Проведенный анализ четырех типов установок позволяет выявить их конструктивные и функциональные различия, а также определить область применения каждого класса устройств. Компактная миниустановка, описанная в первой работе, представляет собой наиболее простой технический объект, характеризующийся предельной простотой конструкции и низкой стоимостью. Однако ее функциональные возможности ограничены выращиванием исключительно низкорослых культур ввиду отсутствия регулировки положения источника излучения по высоте.

Фитотрон энергосберегающий универсальный демонстрирует существенный прогресс в области энергоэффективности и долговечности оборудования. Замена люминесцентных и газоразрядных ламп на светодиодные источники с оптимизированным спектральным составом позволяет снизить удельное энергопотребление с 200 до 35 Вт/м², а увеличение срока службы до 50 000 часов обеспечивает снижение эксплуатационных затрат.

Фитоустановка для малообъемного выращивания микрорзелени и овощных культур занимает промежуточное положение между простыми бытовыми устройствами и сложными лабораторными комплексами. Ее преимуществами являются компактность, эргономичность, наличие комбинированной системы освещения с отдельным управлением белым и фитоспектром, а также возможность ручной регулировки микровентиляции.

Биотехническая система БТС-Р представляет собой наиболее совершенное решение, интегрирующее достижения микропроцессорной техники, биосенсорики и фотоники. Комплексная автоматизация процессов полива, вентиляции, терморегуляции и освещения позволяет минимизировать участие человека в технологическом цикле. Инновационным элементом является применение когерентного лазерного излучения, обладающего фоторегуляторным действием, что позволяет интенсифицировать физиологические процессы на начальных этапах органогенеза.

Таким образом, представленные научные работы отражают различные подходы к созданию технических средств для культивирования растений в искусственных условиях.

Список источников

1. Янкин А.В. Компактная миниустановка для выращивания растений и ее недостатки // *Academy*, 2017. № 12 (27).
2. Кидыко Ю.И., Белехов И.Н., Самарин Г.Н. Фитотрон энергосберегающий универсальный / *Известия Великолукской ГСХА*, 2014. – № 4. – С. 7-14.
3. Фролов С.В., Фролова Т.А., Лычагина В.О. [и др.]. Биотехническая система для выращивания растений // *Вестник Тамбовского государственного технического университета*, 2024. – Том 30. – № 1. – С. 85-94.
4. Евсеев Е.А., Васильев С.И., Машков С.В. Разработка конструктивной схемы фитоустановки для малообъемного выращивания микрорзелени и овощных культур // *Известия саратовской государственной сельскохозяйственной академии*, 2023. – № 4. – С. 58–64. doi: 10.55170/19973225_2023_8_4_58.
5. Совершенствование электрофизических способов и технических средств для контроля и воздействия на сельскохозяйственные объекты: отчет о НИР (промежуточн.); рук. Нугманов С.С.; исполн. Гриднева Т.С., Васильев С.И., Савельева Э.Н. – Кинель, 2014. – 28 с. – № ГР 01201476403. – EDN TLTDFR.

6. Совершенствование электрофизических способов и технических средств для контроля и воздействия на сельскохозяйственные объекты: отчет о НИР (промежуточн.); рук. Нугманов С. С.; исполн. Фатхутдинов М.Р., Гриднева Т.С., Васильев С.И. – Кинель, 2015. – 49 с. № ГР 01.2013.76403. – EDN WCMJTP.

7. Васильев С.И. Комплекс энергосберегающих элементов технологии выращивания овощных культур в контролируемых условиях / С.И. Васильев, С.В. Машков, В.А. Сыркин // Вестник аграрной науки Дона. – 2020. – № 4(52). – С. 10-19. – EDN AQZZUD.

8. Васильев С.И. Электротехника и электроника: Рекомендовано Учебно-методическим объединением вузов Российской Федерации по агроинженерному образованию в качестве учебного пособия для студентов, осваивающих образовательные программы бакалавриата по направлению подготовки «Агроинженерия» / С.И. Васильев, И.В. Юдаев. Том Часть 1. – Кинель : Самарская государственная сельскохозяйственная академия, 2016. – 133 с. – ISBN 978-5-88575-411-8. – EDN VVVFKE.

9. Совершенствование энергосберегающих способов электрофизического воздействия на семена и растения овощных культур, выращиваемых в защищенной среде : отчет о НИР (промежуточн.); рук. Васильев С.И. исполн. Машков С.В., Ишкин П.А., Фатхутдинов М.Р., Сыркин В.А., Крючин П.В., Гриднева Т.С., Моргунов Д.Н., Евсеев Е.А., Смолев К.С. Кинель, 2023. 162 с. № 123040300011-7.

10. Васильев С. И., Машков С. В., Гриднева Т. С., Кудряков Е. В. Обоснование характеристик электрического поля для повышения энергосбережения при выращивании овощных культур // Самара АгроВектор. 2022. Т. 2. № 2. С. 17-27. doi: 10.55170/29493536_2022_2_2_17.

References

1. Yankin A.V. (2017). A compact mini-installation for growing plants and its disadvantages. *Academy*, 12(27). (In Rus).

2. Kidyko Yu.I., Belekhov I.N. & Samarin G.N. Universal energy-saving phytotron. *Izvestiya Velikolukskaya GSHA (Izvestiya Velikolukskoy GSKhA)*, 4, 7-14 (In Rus).

3. Frolov S.V., Frolova T.A., Lychagina V.O. [et al] (2024). Biotechnical system for growing plants. *Bulletin of Tambov State Technical University (Vestnik Tambovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta)*, 30, 1, 85-94 (In Rus).

4. Evseev E.A., Vasil'yev S.I., Mashkov S.V. Development of a design scheme for a phyto-installation for small-scale cultivation of microgreens and vegetable crops // *Bulletin of the Samara State Agricultural Academy*. 2023. No. 4. pp. 58–64. doi: 10.55170/19973225_2023_8_4_58.

5. Nugmanov S.S., Gridneva T.S., Vasil'yev S.I. [et al] (2014). Improvement of electrophysical methods and technical means for monitoring and influencing agricultural objects. *Research report (interim)*. (p. 28). Kinel (in Russ). No. state registration 01201476403.

6. Nugmanov S.S., Fathutdinov M.R., Gridneva T.S. & Vasil'yev S.I. (2015). Improvement of electrophysical methods and technical means for monitoring and influencing agricultural objects. *Research report (interim)*. (p. 49). Kinel (in Russ). No. state registration 01.2013.76403.

7. Vasil'yev S.I., Mashkov S.V. & Syrkin V.A. (2020). Complex of energy-saving elements of technology for growing vegetable crops under controlled conditions. *Bulletin of Agrarian Science of the Don*. No. 4 (52). (pp. 10-19) (in Russ).

8. Vasil'yev S.I. & Yudaev I.V. (2016). *Electrical Engineering and Electronics: Recommended by the Educational and Methodological Association of Universities of the Russian Federation for Agricultural Engineering Education as a teaching aid for students studying bachelor's degree programs in the field of training "Agroengineering"*. Volume Part 1. (133 p.) Kinel (in Russ).

9. Vasil'yev S.I., Maschkov S.V., Ischkin P.A., Fatkhutdinov M.R., Syrkin V.A., Kryuchin P.V., Gridneva T.S., Morgunov D.N., Evseev E.A., Smolev K.S. (2023). Development of a complex of energy-saving elements of technology for growing vegetable crops in conditions of high-tech cultivation facilities. *Research report*. (p. 162). Kinel. No. GR 123040300011-7 (in Russ).

10. Vasil'ev, S. I., Maschkov, S. V., Gridneva, T. S. & Kudryakov, E. V. (2022). Substantiation of the characteristics of the electric field to increase energy saving in growing vegetables. Samara AgroVektor (Samara AgroVector), 2, 2, 17-27. (In Russ.). doi: 10.55170/29493536_2022_2_2_17.

Информация об авторах:

Додаев Н. А. – студент;
Бирюков В. А. – магистрант;
Васильев С. И. – кандидат технических наук, доцент.

Information about the authors:

Dodaev N. A. – student;
Biryukov V. A. – master's student;
Vasil'yev S. I. – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor.

Вклад авторов:

Додаев Н. А. – написание статьи;
Бирюков В. А. – написание статьи;
Васильев С. И. – научное руководство.

Contribution of the authors:

Dodaev N. A. – writing articles;
Biryukov V. A. – writing articles;
Vasil'yev S. I. – scientific management.

Обзорная статья
УДК 631.53.027.3

ОБЗОР УСТРОЙСТВ ДЛЯ СОРТИРОВКИ СЕМЯН В ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ

Дмитрий Сергеевич Голованов¹, Андрей Русланович Румянцев²,
Татьяна Сергеевна Гриднева³

^{1,2,3}Самарский государственный аграрный университет, Кинель, Россия

¹golovanov_d33@mail.ru

²arumyancev99@mail.ru@mail.ru

³t-grid@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0001-8413-170X>

В статье рассматривается современный этап развития агропромышленного комплекса, акцентирующий внимание на создании интенсивных электротехнологий для сортировки семян. Описаны три типа устройств: ленточный электростатический триер, электростатический решетный очиститель и автоматизированная система с СВЧ-контролем, позволяющая адаптировать режимы сепарации под конкретную партию семян. Показано, что использование электрического поля обеспечивает разделение семян не только по геометрическим параметрам, но и по биологической ценности, что повышает всхожесть и урожайность.

Ключевые слова: электротехнологии, электростатическая сортировка семян, СВЧ-контроль, биологическая ценность, энергоэффективность, сепарация, напряженность поля.

Для цитирования: Голованов Д. С., Румянцев А. Р., Гриднева Т. С. Обзор устройств для сортировки семян в электрическом поле // Электрооборудование и электротехнологии в сельском хозяйстве : сб. науч. тр. Кинель: ИБЦ Самарского ГАУ, 2026. С. 56-60.

REVIEW OF DEVICES FOR SORTING SEEDS IN AN ELECTRIC FIELD

Dmitry S. Golovanov¹, Andrey R. Rumyantsev², Tatiana S. Gridneva³

^{1,2,3} Samara State Agrarian University, Kinel, Russia

¹golovanov_d33@mail.ru

²arumyancev99@mail.ru@mail.ru

³t-grid@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0001-8413-170X>

The article discusses the current stage of development of the agro-industrial complex, focusing on the creation of intensive electro-technologies for seed sorting. Three types of devices are described: a belt electrostatic trier, an electrostatic screen cleaner, and an automated system with microwave control, which allows for the adaptation of separation modes to a specific batch of seeds. It is shown that the use of an electric field ensures the separation of seeds not only based on their geometric parameters, but also based on their biological value, which increases their germination rate and yield.

Keywords: electrotechnology, electrostatic seed sorting, microwave control, biological value, energy efficiency, separation, field strength.

For citation: Golovanov D. S., Rumyantsev A. R & Gridneva T. S. (2026). Review of devices for sorting seeds in an electric field. *Electrical equipment and electrical technologies in agriculture: collection of scientific papers*. (pp. 56-60). Kinel: PLC Samara SAU (in Russ.).

Современный этап развития агропромышленного комплекса предполагает не только внедрение информационных систем управления, но и создание принципиально новых интенсивных электротехнологий, обеспечивающих высокую эффективность производства при оптимальном использовании энергетических ресурсов. В этой связи особое значение приобретают комплексные исследования, направленные на разработку технических средств, изучение механизмов воздействия физических факторов на биологические объекты и создание энергоэффективных решений, интегрируемых в цифровую агротехнологическую среду [1-4, 8-11].

Технология сортировки семян с использованием электрического поля позволяет разделять семена не только по геометрическим параметрам (размеру, толщине), но и по биологической ценности, что напрямую влияет на всхожесть и урожайность

Представим обзор устройств для сортировки семян овощных культур с использованием электрического поля, основанный на доступных научных и технических источниках.

Ленточный электростатический триер [5].

Это наиболее изученный и распространенный тип устройств для сортировки семян огурца. Исследования проводились, в частности, в Ижевской ГСХА и агрокомбинате «Мир».

Принцип работы. Семенная смесь подается на движущуюся ленту, выполненную из проводящего материала. Лента имеет ребра-полочки. При движении ленты семена попадают в межэлектродное пространство, где создается электростатическое поле. Крупные (биологически ценные) семена под действием вращающего момента поля разворачиваются, срываются с полочки и под силой тяжести падают в отдельный бункер. Мелкие или щуплые семена подвержены меньшему воздействию и остаются на ленте, уносясь в другой приемник.

Сортировка в электростатическом поле не просто разделяет семена, но и улучшает их посевные качества (энергию прорастания и всхожесть).

В ходе исследований Стерховой Т.Н. были теоретически и экспериментально обоснованы параметры напряженности поля, необходимые для ориентации и срыва семян с полочки. Выделение биологически ценных семян с помощью данного устройства позволяет повысить урожайность культуры.

Электростатический решетный очиститель семян и установки с решетными поверхностями [6].

Данный тип устройств представляет собой модификацию традиционных решетчатых станков, где процессу просеивания способствует электростатическое поле.

Принцип работы. Установка представляет собой систему параллельных электродов. Верхний электрод изолирован диэлектриком для создания высокой напряженности. Нижний электрод выполнен в виде стального решета с круглыми отверстиями (диаметром 4,5...5,0 мм).

Семена, проходя через поле, приобретают контактный заряд. Предполагается, что семена с преобладанием женских соцветий имеют более высокую влажность, быстрее заряжаются, ориентируются вдоль силовых линий и проваливаются сквозь отверстия решета, отделяясь от основной массы.

Для определения режимов работы в Уральском НИИСХ проводились эксперименты при напряженности поля 15, 17,4 и 20 кВ/см при различной длительности обработки (от 5 до 60 секунд). После обработки в электростатическом поле наблюдалось увеличение количества женских соцветий на растениях огурца на 27...85% по сравнению с контролем. Соответственно, был отмечен рост урожайности. Эффект от обработки сохранялся длительное время (семена отлеживались 10 месяцев перед посадкой).

Автоматизированное устройство с СВЧ-контролем (Патент РФ 2125357) [7].

Это более сложная система, которая использует обратную связь для автоматической настройки режимов сепарации. Разработка направлена на устранение необходимости ручной регулировки при изменении влажности или качества партии семян.

Принцип работы. Устройство содержит бункер, электрический сепаратор (например, диэлектрический с расщепленной обмоткой) и блок регистрации физического параметра.

Блок выполнен в виде СВЧ-генератора и приемника. Он измеряет диэлектрическую проницаемость семян в потоке. Сигнал с блока поступает в систему управления, которая автоматически изменяет напряжение на рабочем органе сепаратора (напряженность поля) для достижения оптимального режима разделения.

Преимущества такого устройства состоят в автоматизации, адаптивности, точности, т.к. обеспечивается отбор семян в непрерывном потоке без участия оператора. Устройство позволяет подстраиваться под изменения свойств семян (влажность, размер), которые влияют на их диэлектрическую проницаемость; обеспечивается высокое качество отбора благодаря регистрации физических параметров каждого потока семян.

Современные исследования направлены на создание измерительных приборов для анализа поведения семян в равномерном электрическом поле. Такие устройства позволяют выявить различия в электрическом заряде компонентов сыпучих материалов, что служит основой для тонкой настройки параметров сортировки.

Устройства для сортировки семян в электрическом поле позволяют решить задачу, с которой не справляется традиционная калибровка по размерам. Использование электростатических полей (ленточные и решетчатые сепараторы) дает возможность отбирать семена с лучшими биологическими характеристиками (потенциал урожайности, половой признак). Наиболее перспективными являются автоматизированные системы, использующие СВЧ-контроль для адаптации процесса под конкретную партию семян.

Список источников

1. Разработка интенсивных электротехнологий и технических средств для цифрового сельского хозяйства : отчет о НИР (заключительн.); рук. Машков С.В.; исполн. Крючин П.В., Васильев С.И., Гриднева Т.С., Фатхутдинов М.Р., Нугманов С.С., Ишкин П.А., Сыркин В.А., Мокрицкий С.Н., Афонин А.Е., Бунтова Е.В., Мельникова Н.А., Моргунов Д.Н. Кинель, 2019. 67 с. № АААА-А19-119012490037-5.

2. Gridneva T.S., Mashkov S.V., Syrkin V.A., Vasilyev S.I. Studying the effect of electrohydraulically treated soil solutions on plant growth and development // Bio Web of Conferences. International Scientific-Practical Conference «Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources» (FIES 2020). 2020. P. 62-71. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20202700062>.

3. Гриднева Т.С., Нугманов С.С. Автоматизация процесса загрузки дробилки // Актуальные проблемы аграрной науки и пути их решения : сб. науч. тр. Кинель : РИЦ СГСХА. 2016. С. 313-315.
4. Энергосберегающие элементы электротехнологии и светокультуры растений, обеспечивающие перспективы развития АПК : монография / С.И. Васильев, С. В. Машков, В.А. Сыркин [и др.]. – Кинель : Самарский государственный аграрный университет, 2022. – 155 с.
5. Стерхова Т.Н. Сортирование семян огурца в электростатическом поле на ленточном триере : дисс. ... канд. техн. наук : 05.20.02. – Ижевск, 2005. – 186 с.
6. Шмигель В.В. Сепарация и стимуляция семян в электрическом поле : дис. ... д-ра техн. наук : 05.20.02. – Москва, 2004. – 405 с.
7. Патент № 2125357. Российская Федерация. Устройство для отбора семян / Арестов К.А. [и др.]. – № 97114272/13; заяв. 18.08.1997; опуб. 27.01.1999.
8. Yudaev I.V, Mashkov S.V, Vasilyev S.V. [et al.]. Improvement of Technology of Electrical and Magnetic Stimulation of Seeds and Crop Plants // Handbook of Research on Energy-Saving Technologies for Environmentally-Friendly Agricultural Development. Hershey, PA, USA : IGI Global, 2020. P. 365-396.
9. Рязанов А.В., Гриднева Т.С., Нугманов С.С. Применение электрофизических способов для повышения эффективности выращивания сельскохозяйственных культур // Инновационные достижения науки и техники АПК : сб. науч. тр. Кинель : РИО СГСХА, 2018. С. 379-381.
10. Гриднева, Т. С. Электроснабжение : Практикум / Т. С. Гриднева. – Кинель : Самарская государственная сельскохозяйственная академия, 2015. – 111 с. – ISBN 978-5-88575-399-9. – EDN VCEGSN.
11. Васильев С. И., Гриднева Т. С. Разработка установки для электростимулирования семян и растений // Самара АгроВектор. 2025. Т. 5. № 1. С. 40-48. doi: 10.55170/2949-3536-2025-5-1-40-48.

References

1. Maschkov S.V., Vasiliev S.I., Kruchin, P.V. [et al] (2017). Development of intensive electrical technologies and technical means for digital agriculture. Research report, Kinel, 67, No. GR AAAA-A19-119012490037-5 (in Russ.).
2. Gridneva T.S., Mashkov S.V., Syrkin V.A. & Vasilyev S.I. (2020). Studying the effect of electrohydraulically treated soil solutions on plant growth and development. *Bio Web of Conferences. International Scientific-Practical Conference «Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources» (FIES 2020)*, 62-71. <https://doi.org/10.1051/bio-conf/20202700062>.
3. Gridneva T.S. & Nugmanov S.S. (2016). *Automation of the crusher loading process. Aktual'nyye problemy agrarnoy nauki i puti ikh resheniya : sb. nauch. tr. (Actual problems of agrarian science and ways to solve them: sat. scientific tr.)*. (pp. 313-315). Kinel (in Russ.).
4. Vasilyev, S.I., Mashkov, S.V. Syrkin V.A. [et al] (2022). Energy-saving elements of electrical technology and light culture of plants, providing prospects for the development of agriculture (in Russ.).
5. Sterkhova T.N. Sortirovanie semyan ogurtsa v elektrostaticheskom pole na lentochnom triere. Diss. kand. tehn. nauk (Sorting of Cucumber Seeds in an Electrostatic Field on a Ribbon Trier). Izhevsk. 2005. 186 p. (in Russ.).
6. Shmigel V.V. Separatsiya i stimulyatsiya semyan v elektricheskom pole. Diss. doct. tehn. nauk (Seed separation and stimulation in an electric field). Moscow. 2004. 405 p. (in Russ.).
7. Patent No. 2125357. Russian Federation. Seed selection device / Arestov K.A. [et al.]. No. 97114272/13: App. 18.08.1997: publ. 27.01.1999.
8. Yudaev I., Mashkov S., Vasilyev S. [et al.] (2020). Improvement of Technology of Electrical and Magnetic Stimulation of Seeds and Crop Plants. *Handbook of Research on Energy-Saving Technologies for Environmentally-Friendly Agricultural Development*. 2020, 365-396.
9. Ryazanov A.V., Gridneva, T. S. & Nugmanov S. S. (2018). The use of electrophysical methods to increase the efficiency of growing crops. *Innovacionnyye dostizheniya nauki i tekhniki APK : sb. nauch. tr. (Innovative achievements of science and technology of the agro-industrial complex : collection of scientific works)*. (pp. 379-381). Kinel (in Russ.).

10. Gridneva, T. S. Electric Power Supply: A Practical Guide / T. S. Gridneva. – Kinel: Samara State Agricultural Academy, 2015. – 111 p.

11. Vasil'ev, S. I. & Gridneva, T. S. (2025). Development of a setup for electrostimulation of seeds and plants. Samara AgroVektor (Samara AgroVector), 5, 1, 40-48. (In Russ.). doi: 10.55170/2949-3536-2025-5-1-40-48.

Информация об авторах:

Голованов Д. С. – магистрант;

Румянцев А. Р. – магистрант;

Гриднева Т. С. – кандидат технических наук, доцент.

Information about the authors:

Golovanov D. S. – master's student;

Rumyantsev A. R. – master's student;

Gridneva T. S. – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor.

Вклад авторов:

Голованов Д. С. – написание статьи;

Румянцев А. Р. – написание статьи;

Гриднева Т. С. – научное руководство.

Contribution of the authors:

Golovanov D. S. – writing articles;

Rumyantsev A. R. – writing articles;

Gridneva T. S. – scientific management.

Обзорная статья

УДК 681.5

ВЛИЯНИЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА СЕМЕНА ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР

Варвара Сергеевна Денисова¹, Владимир Анатольевич Сыркин²

^{1,2}Самарский государственный аграрный университет, Кинель, Россия

¹denisovavs63@mail.ru <https://orcid.org/0009-0004-6358-029X>

²sirkin_va@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0003-2531-5423>

В условиях растущих требований к экологической безопасности агропромышленного комплекса актуальным является поиск физических методов стимуляции семенного материала, альтернативных химическим протравителям и регуляторам роста. Одним из перспективных направлений является предпосевная обработка семян слабыми магнитными полями.

Ключевые слова: магнитная обработка, предпосевная стимуляция, семена овощных культур, всхожесть, продуктивность, слабые магнитные поля.

Для цитирования: Денисова В. С., Сыркин В. А. Влияние магнитного поля на семена овощных культур // Электрооборудование и электротехнологии в сельском хозяйстве: сб. науч. тр. Кинель : ИБЦ Самарского ГАУ, 2026. С. 60-63.

THE INFLUENCE OF A MAGNETIC FIELD ON VEGETABLE CROP SEEDS

Varvara S. Denisova¹, Vladimir A. Sirkin²

Samara State Agrarian University, Kinel, Russia

¹denisovavs63@mail.ru <https://orcid.org/0009-0004-6358-029X>

²sirkin_va@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0003-2531-5423>

Amid growing requirements for the environmental safety of the agro-industrial complex, the search for physical methods of seed stimulation, alternative to chemical seed dressings and growth regulators, is relevant. One of the promising areas is the pre-sowing treatment of seeds with weak magnetic fields.

Keywords: magnetic treatment, pre-sowing stimulation, vegetable crop seeds, germination, productivity, weak magnetic fields.

For citation: Denisova V. S. & Sirkin V. A. (2026). The influence of a magnetic field on vegetable crop seed. Electrical equipment and electrical technologies in agriculture: collection of scientific papers. (pp. 60-63). Kinel : PLC Samara SAU (in Russ.)

Поиск способов повышения урожайности сельскохозяйственных культур без увеличения химической нагрузки является ключевым направлением в современной аграрной науке [1, 9, 10]. В этом контексте физические методы предпосевной обработки семян, и в частности, воздействие контролируемым магнитным полем (МП), представляют значительный интерес как экологически безопасная и энергоэффективная технология [2]. Суть метода заключается в активации биохимических и физиологических процессов в семени на ранних этапах прорастания, что в итоге каскадно приводит к улучшению показателей всхожести, роста, развития и конечной продуктивности растений [3, 4]. Несмотря на накопленный значительный экспериментальный материал, технология требует систематизации данных, уточнения оптимальных параметров воздействия для различных культур и преодоления методологических вызовов, связанных с воспроизводимостью результатов.

Рассмотрим основные физиологические эффекты магнитной обработки семян.

Повышение всхожести и энергии прорастания. Наиболее стабильно регистрируемым эффектом является стимуляция начальных этапов прорастания. Предпосевная обработка семян слабыми постоянными или переменными магнитными полями (индукцией от десятков мкТл до десятков мТл) статистически достоверно ускоряет набухание и появление корешка, повышая лабораторную всхожесть на 10-40%. Согласно общепринятой гипотезе, данный эффект обусловлен воздействием магнитного поля на активность молекул воды и ионные потоки в клетках, что приводит к увеличению проницаемости клеточных мембран. Это, в свою очередь, интенсифицирует гидратацию семян и поступление воды и питательных веществ к зародышу [5, 6].

Ускорение роста и развития проростков и взрослых растений. Растения, выращенные из обработанных семян, на ранних этапах развития характеризуются более развитой корневой системой, увеличенной высотой и площадью листовой поверхности. Физиологической основой данного явления служит стимуляция ферментативной активности (в частности, α -амилазы, ответственной за гидролиз запасных крахмалов) и усиление биосинтеза хлорофилла, что приводит к увеличению чистой продуктивности фотосинтеза.

Повышение урожайности и качества продукции. В многочисленных исследованиях на различных овощных культурах (томат, огурец, морковь, редис, перец) отмечено увеличение общего урожая на 10-30%, часто связанное с ростом количества и средней массы товарных плодов. Параллельно может улучшаться биохимический состав продукции: повышается содержание аскорбиновой кислоты, сахаров, каротиноидов и сухого вещества [7].

Ключевые факторы, определяющие эффективность обработки, к ним относятся:

Тип поля: Постоянное магнитное поле (ПМП) или переменное/импульсное магнитное поле (ПеМП) поле. ПеМП зачастую демонстрирует большую эффективность в активации метаболизма.

Индукция (сила) поля: Оптимальный стимулирующий эффект наблюдается в диапазоне слабых полей (0.1-50 мТл). Сильные поля (>100 мТл) могут оказывать ингибирующее действие.

Время воздействия: Оптимальная экспозиция варьирует от нескольких минут до нескольких часов и должна подбираться эмпирически для каждой культуры.

Биологический фактор: Исходная жизнеспособность, влажность, сортовая и видовая специфика семян существенно модулируют отклик на обработку.

Несмотря на доказанную эффективность, метод сталкивается с рядом методологических проблем:

Воспроизводимость результатов, зависящая от партии семян, географического положения и вариаций геомагнитного фона.

Отсутствие единых стандартизированных протоколов, затрудняющее сравнительный анализ данных.

Недостаток масштабных полевых испытаний в различных почвенно-климатических зонах.

Основной вектор современных исследований смещается от констатации феноменологии к изучению молекулярных механизмов воздействия (экспрессия генов, протеомный анализ) и созданию прецизионных технологий, адаптированных под конкретную культуру, сорт и условия выращивания. Перспективы метода связаны с его интеграцией в концепции точного и органического земледелия в качестве элемента экологически чистой интенсификации. Прорывные результаты ожидаются на стыке с нанотехнологиями (применение магнитных наночастиц) и системной биологией (компьютерное моделирование ответа семени на физическое воздействие).

Список источников

1. Бобрышев, Ф.И. Влияние магнитных полей на посевные качества семян и продуктивность зерновых культур / Ф.И. Бобрышев, В.М. Редькин, Г.П. Стародубцева, Ш.Ж. Габриелян // Сб. Пути повышения урожайности с.-х. культур. Ставрополь, 1997. с. 33-36.

2. Кошкина А.О. Исследования комплексного воздействия электромагнитного и теплового полей на качество посевного материала яровой пшеницы // Современная техника и технологии, 2011. № 3 [Электронный ресурс]. URL: <https://technology.snauka.ru/2011/11/144> (дата обращения: 05.06.2025).

3. Рамазанов Р.А., Сабиров Д.Х., Сыркин В.А. Воздействие магнитного поля на биологические объекты // Электрооборудование и электротехнологии в сельском хозяйстве : Сборник научных трудов по материалам II Всероссийской научно-практической конференции. Самара: Самарская государственная сельскохозяйственная академия, 2017. – С. 137-141.

4. Кочетов В.И., Сыркин В.А. Электротехника и электроника : методические указания для практических занятий. Кинель : Самарская государственная сельскохозяйственная академия, 2014. – 52 с.

5. I. Yudaev, S. Mashkov, S. Vasilyev [et al.] Improvement of Technology of Electrical and Magnetic Stimulation of Seeds and Crop Plants // Handbook of Research on Energy-Saving Technologies for Environmentally-Friendly Agricultural Development. – Hershey, PA, USA : IGI Global, 2020. – P. 365-396. – DOI 10.4018/978-1-5225-9420-8.ch015.

6. Сыркин, В.А., Гриднева Т.С., Ишкин П.А., Фатхутдинов М.Р. Устройство стимуляции семян импульсным магнитным полем [Текст] // Сельский механизатор, 2019. № 6. С. 28-29.

7. Патент № 2699720 С1 Российская Федерация, МПК А01G 7/04. Устройство магнитной стимуляции растений : № 2018132780 : заявл. 14.09.2018 : опубл. 09.09.2019 / В. А. Сыркин, С. И. Васильев, П. В. Крючин [и др.] ; заявитель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Самарский государственный аграрный университет".

8. Установка для предпосевной стимуляции семян Сыркин В.А., Котов Д.Н., Киселев Р.В., Гриднева Т.С., Тарасов С.Н., Фатхутдинов М.Р. Патент на полезную модель RU 187044 U1, 14.02.2019. Заявка № 2018132766 от 14.09.2018.

9. Сыркин, В. А. Исследование воздействия импульсного магнитного поля на семена пшеницы / В. А. Сыркин, Р. В. Киселев, С. С. Зотов // Вклад молодых ученых в аграрную науку : материалы Международной научно-практической конференции, Кинель, 18 апреля 2018 года. – Кинель: Самарская государственная сельскохозяйственная академия, 2018. – С. 263-267. – EDN YMDKKT.

10. Энергосберегающие элементы электротехнологии и светокультуры растений, обеспечивающие перспективы развития АПК : монография / С. И. Васильев, С. В. Машков, В. А. Сыркин [и др.]. – Кинель : Самарский государственный аграрный университет, 2022. – 155 с.

11. Сыркин В. А., Машков С. В., Васильев С. И., Ишкин П. А. Исследование процесса дозирования семян в установке магнитной стимуляции // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 3. С. 14-20. doi:10.55471/19973225_2022_7_3_14.

References

1. Bobryshev, F.I. Influence of magnetic fields on sowing qualities of seeds and productivity of grain crops / F.I. Bobryshev, V.M. Redkin, G.P. Starodubtseva, Sh.Zh. Gabrielyan // Sat. Ways of increasing the yield of agricultural crops. Stavropol, 1997. p. 33-36.
2. Koshkina A.O. Research of the complex effect of electromagnetic and thermal fields on the quality of spring wheat seed // Modern equipment and technologies. 2011. No. 3 [Electronic resource]. URL: <https://technology.snauka.ru/2011/11/144> (accessed: 05.06.2025).
3. Ramazanov, R. A., Sabirov D. H., Syrkin V. A. (2017). The effect of a magnetic field on biological objects // Electrical equipment and electrical technologies in agriculture : A collection of scientific papers based on the materials of the II All-Russian Scientific and Practical Conference. Samara: Samara State Agricultural Academy. pp. 137-141.
4. Kochetov V.I., Syrkin V.A. (2014). Electrical engineering and electronics : guidelines for practical exercises – Kinel : Samara State Agricultural Academy. 52 p.
5. I. Yudaev, S. Mashkov, S. Vasilyev, V. Syrkin [et al.] (2020) Improvement of Technology of Electrical and Magnetic Stimulation of Seeds and Crop Plants // Handbook of Research on Energy-Saving Technologies for Environmentally-Friendly Agricultural Development. – Hershey, PA, USA : IGI Global. – P. 365-396.
6. Syrkin V. A., Gridneva T.S., Ishkin P.A., Fathutdinov M.R. (2019)/ Device for stimulating seeds with a pulsed magnetic field // Rural machine operator. №6. С. 28-29.
7. Patent No. 2699720 C1, Russian Federation, IPC A01G 7/04. Device for Magnetic Stimulation of Plants : No. 2018132780 : filed on 14.09.2018 : published on 09.09.2019 / V. A. Syrkin, S. I. Vasilyev, P. V. Kryuchin [et al.] ; applicant: Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Samara State Agrarian University".
8. Patent No. 187044 U1 Russian Federation. Installation for pre-sowing seed stimulation / V.A. Syrkin, Kotov D.N., Kiselev R.V., Gridneva T.S., Tarasov S.N., Fatkhutdinov M.R.; applicant Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Samara State Agrarian University" No. 2018132766: application. 14/09/2018 (in Russ.).
9. Syrkin, V. A. Research on the Effect of a Pulsed Magnetic Field on Wheat Seeds / V. A. Syrkin, R. V. Kiselev, and S. S. Zotov // Contribution of Young Scientists to Agricultural Science: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference, Kinel, April 18, 2018. – Kinel: Samara State Agricultural Academy, 2018. – Pp. 263-267.
10. Vasilyev, S.I., Mashkov, S.V. Syrkin V.A. [et al] (2022). Energy-saving elements of electrical technology and light culture of plants, providing prospects for the development of agriculture (in Russ.).
11. Syrkin, V. A., Mashkov, S. V., Vasiliev, S. I. & Ishkin, P. A. (2022). Investigation of the process of dosing seeds by installation of magnetic stimulation. Izvestiia Samarskoj gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii (Bulletin Samara State Agricultural Academy), 3, 14-20. (In Russ.). doi: 10.55471/19973225_2022_7_3_14.

Информация об авторах:

Денисова В. С. – студент;
Сыркин В. А. – кандидат технических наук.

Information about the authors:

Denisova V. S. – student;
Sirkin V. A. – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor.

Вклад авторов:

Денисова В. С. – написание статьи;
Сыркин В. А. – научное руководство.

Contribution of the authors:

Denisova V. S. – writing articles;
Sirkin V. A. – scientific management.

Обзорная статья

УДК 681.5

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ НА СЕМЕНА ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

Иван Сергеевич Денисов¹, Владимир Анатольевич Сыркин²

^{1,2}Самарский государственный аграрный университет, Кинель, Россия

¹denisov_ivan007@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0003-1054-8360>

²sirkin_va@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0003-2531-5423>

В статье рассматривается влияние предпосевной обработки электромагнитными полями (ЭМП) различной природы на посевные качества и продуктивность семян основных зерновых культур. Приведена классификация применяемых полей – постоянных магнитных полей (ПМП), низкочастотных и высокочастотных (СВЧ) ЭМП, импульсных электромагнитных полей (ИЭМП) – с описанием типичных параметров и специфических эффектов для каждого типа. Обобщены практические результаты обработки для ключевых культур: пшеницы, ячменя, кукурузы, риса, овса и ржи, демонстрирующие повышение энергии прорастания, всхожести, стрессоустойчивости и урожайности на 5-30%.

Ключевые слова: электромагнитное поле, предпосевная обработка, семена зерновых культур, всхожесть, энергия прорастания, стрессоустойчивость, постоянное магнитное поле, импульсное поле.

Для цитирования: Денисов И. С., Сыркин В. А. Влияние электромагнитного поля на семена зерновых культур // Электрооборудование и электротехнологии в сельском хозяйстве: сб. науч. тр. Кинель : ИБЦ Самарского ГАУ, 2026. С. 64-67.

THE INFLUENCE OF ELECTROMAGNETIC FIELDS ON GRAIN CROP SEEDS

Ivan S. Denisov¹, Vladimir A. Sirkin²

Samara State Agrarian University, Kinel, Russia

¹denisov_ivan007@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0003-1054-8360>

²sirkin_va@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0003-2531-5423>

The article examines the influence of pre-sowing treatment with electromagnetic fields (EMF) of various types on the sowing qualities and productivity of seeds of major grain crops. A classification of the applied fields is provided – static magnetic fields (SMF), low-frequency and high-frequency (microwave) EMF, pulsed electromagnetic fields (PEMF) – with a description of typical parameters and specific effects for each type. Practical results of treatment for key crops are summarized: wheat, barley, corn, rice, oats, and rye, demonstrating an increase in germination energy, germination capacity, stress tolerance, and yield by 5-30%.

Keywords: electromagnetic field, pre-sowing treatment, grain crop seeds, germination capacity, germination energy, stress tolerance, static magnetic field, pulsed field.

For citation: Denisov I. S. & Sirkin V. A. (2026). The influence of electromagnetic fields on grain crop seeds. Electrical equipment and electrical technologies in agriculture: collection of scientific papers. (pp. 64-67). Kinel : PLC Samara SAU (in Russ.)

Повышение продуктивности зернового хозяйства при одновременном снижении экологической нагрузки требует разработки и внедрения инновационных, ресурсосберегающих технологий. Одним из перспективных направлений является использование физических методов стимуляции семенного материала, среди которых обработка электромагнитными полями (ЭМП) занимает заметное место [1, 2]. В отличие от химических протравителей, ЭМП-воздействие не оставляет резидуальных следов и может активировать эндогенные резервы семян, повышая их устойчивость к абиотическим стрессам на критических ранних этапах онтогенеза [3].

Электромагнитное поле неионизирующей природы влияет на биологические объекты через комплекс взаимосвязанных процессов:

Поляризация дипольных молекул (прежде всего воды) и изменение структурно-функционального состояния клеточных мембран, ведущее к повышению их проницаемости [4].

Модуляция трансмембранных потоков ключевых ионов (Ca^{2+} , K^+), выполняющих роль вторичных мессенджеров в сигнальных каскадах клетки.

Индукция микровихревых токов, способных вызывать локальный нагрев (тепловой эффект), который при жестких параметрах может приводить к денатурации белков.

Генерация активных форм кислорода (АФК) в количествах, выполняющих сигнальную, а не повреждающую функцию, что приводит к преадаптивной активации антиоксидантных и защитных систем семени.

Эффект обработки критически зависит от физических параметров: типа, напряженности (индукции), частоты и продолжительности воздействия.

Низкочастотные ЭМП и постоянные магнитные поля (ПМП). Используются поля напряженностью 10–200 мТл при экспозиции от минут до нескольких часов. Основные эффекты: повышение активности гидролаз (α -амилазы), ускорение прорастания на 10-30%, увеличение энергии прорастания и стимуляция начального роста корневой системы. ПМП также способствуют активации антиоксидантных ферментов, повышая устойчивость проростков к засухе и засолению. Пример: обработка семян пшеницы ПМП с индукцией 60-100 мТл в течение 30-60 минут [5, 6].

Высокочастотные поля (СВЧ-диапазон). Обработка ведется на частотах гигагерцового диапазона при мощности от десятков мВт до единиц Вт в течение секунд или минут. Ключевое условие – недопущение перегрева. При мягких режимах наблюдаются стимулирующие эффекты, аналогичные низкочастотным, а также эффект поверхностного обеззараживания семян. Превышение пороговой мощности приводит к повреждению макромолекул и потере всхожести.

Импульсные электромагнитные поля (ИЭМП). Характеризуются короткими импульсами высокой напряженности. Считаются высокоэффективными за счет явления мягкой электропорации мембран, что значительно улучшает поглощение воды и питательных веществ на этапе набухания, приводит к выраженному увеличению силы роста [7-9].

Агрономическая эффективность метода подтверждена для широкого спектра культур:

- **Пшеница:** Наиболее изученный объект. Обработка приводит к повышению полевой всхожести, коэффициента кустистости, массы 1000 зерен и, в итоге, к приросту урожая на 5-15% [11].
- **Ячмень:** Отмечается ускорение прорастания, увеличение длины coleoptily и первичных корней, повышение ферментативной активности.
- **Кукуруза:** Улучшение всхожести и стартового роста, особенно значимое в условиях пониженных температур почвы.
- **Рис:** Стимуляция прорастания и увеличение высоты проростков, отмечается положительное влияние на толерантность к засолению.
- **Овес, рожь:** наблюдаются устойчивые положительные тенденции в повышении энергии прорастания и общей продуктивности.

Преимущества данного метода включают его экологическую чистоту, низкое энергопотребление, совместимость с другими приемами предпосевной подготовки (протравливание, инокуляция) и возможность интеграции в технологические линии.

Перспективными направлениями исследований являются: поиск оперативных биофизических маркеров для подбора режимов, комбинирование ЭМП с другими физическими методами (холодная плазма, ультразвук), углубленное изучение индукции стрессоустойчивости и разработка коммерческих установок для агропредприятий.

Предпосевная обработка семян зерновых культур электромагнитными полями представляет собой научно обоснованный, эффективный и экологичный прием. Его применение позволяет повысить посевные качества семян, устойчивость проростков к неблагоприятным факторам и в конечном счете – продуктивность посевов. Однако переход от лабораторно-опытных данных к широкой агропромышленной практике требует решения проблем стандартизации, разработки адаптивных технологий и проведения масштабных производственных испытаний. Дальнейшие исследования должны быть сфокусированы на создании прецизионных систем, обеспечивающих стабильный результат в меняющихся условиях современного земледелия.

Список источников

1. Калинин Н.Г., Бошкова И.Л., Панченко Г.И., Коломийчук С.Г. Влияние низкочастотного и высокочастотного электромагнитного поля на семена // Биофизика. 2005.Т.50. Вып. 2. С. 361-365.
2. Еськов Е.К., Дарков А.В., Швецов Г.А. Зависимость магнитной восприимчивости различных объектов от их физиологического состояния и жизнеспособности // Биофизика. 2005.Т.50. Вып.2. С. 357-360.
3. Рамазанов Р. А., Сабиров Д. Х., Сыркин В. А. Воздействие магнитного поля на биологические объекты // Электрооборудование и электротехнологии в сельском хозяйстве : Сборник научных трудов по материалам II Всероссийской научно-практической конференции. Самара: Самарская государственная сельскохозяйственная академия, 2017. – С. 137-141.
4. Кочетов В. И., Сыркин В.А. Электротехника и электроника : методические указания для практических занятий. Кинель : Самарская государственная сельскохозяйственная академия, 2014. – 52 с.
5. I. Yudaev, S. Mashkov, S. Vasilyev [et al.] Improvement of Technology of Electrical and Magnetic Stimulation of Seeds and Crop Plants // Handbook of Research on Energy-Saving Technologies for Environmentally-Friendly Agricultural Development. – Hershey, PA, USA : IGI Global, 2020. – P. 365-396. – DOI 10.4018/978-1-5225-9420-8.ch015.
6. Патент № 204352. Российская Федерация. МПК А 01С 1/00. Установка для предпосевной стимуляции семян; № 2021105476; заявлено 3.03.2021. опубликовано 21.05.2021 / Сыркин В.А., Васильев С.И., Ишкин П.А., Смолев К.С.; заявитель и патентообладатель Самарский государственный аграрный университет -, Бюл. № 15. – 6 с.
7. Патент № 2699720 С1 Российская Федерация, МПК А01G 7/04. Устройство магнитной стимуляции растений : № 2018132780 : заявл. 14.09.2018 : опубл. 09.09.2019 / В. А. Сыркин, С. И. Васильев, П. В. Крючин [и др.] ; заявитель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Самарский государственный аграрный университет".
8. Сыркин, В.А., Гриднева Т.С., Ишкин П.А., Фатхутдинов М.Р. Устройство стимуляции семян импульсным магнитным полем [Текст] // Сельский механизатор. 2019. № 6. С. 28-29.
9. Сыркин, В. А., Киселев Р.В., Зотов С.С. Исследование воздействия импульсного магнитного поля на семена пшеницы // Вклад молодых ученых в аграрную науку : материалы Международной научно-практической конференции. – Кинель: Самарская государственная сельскохозяйственная академия, 2018. – С. 263-267.
10. Сыркин, В. А. Исследование воздействия импульсного магнитного поля на семена пшеницы / В. А. Сыркин, Р. В. Киселев, С. С. Зотов // Вклад молодых ученых в аграрную науку : материалы Международной научно-практической конференции, Кинель, 18 апреля 2018 года. – Кинель: Самарская государственная сельскохозяйственная академия, 2018. – С. 263-267.

11. Сыркин В. А., Машков С. В., Васильев С. И., Ишкин П. А. Исследование процесса дозирования семян в установке магнитной стимуляции // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 3. С. 14-20. doi: 10.55471/19973225_2022_7_3_14.

References

1. Kalinin N.G., Boshkova I.L., Panchenko G.I., Kolomiichuk S.G. Influence of low-frequency and high-frequency electromagnetic field on seeds // *Biophysics*. 2005.V.50. Vyp. 2. P. 361-365.

2. Eskov E.K., Darkov A.V., Shvetsov G.A. Dependence of magnetic susceptibility of various objects on their physiological state and viability // *Biophysics*. 2005.V.50. Issue 2. P. 357-360.

3. Ramazanov, R. A., Sabirov D. H., Syrkin V. A. (2017). The effect of a magnetic field on biological objects // *Electrical equipment and electrical technologies in agriculture : A collection of scientific papers based on the materials of the II All-Russian Scientific and Practical Conference*. Samara: Samara State Agricultural Academy. pp. 137-141.

4. Kochetov V. I., Syrkin V. A. (2014). *Electrical engineering and electronics : guidelines for practical exercises – Kinel : Samara State Agricultural Academy*. 52 p.

5. I. Yudaev, S. Mashkov, S. Vasilyev, V. Syrkin [et al.] (2020) *Improvement of Technology of Electrical and Magnetic Stimulation of Seeds and Crop Plants // Handbook of Research on Energy-Saving Technologies for Environmentally-Friendly Agricultural Development*. – Hershey, PA, USA : IGI Global. – P. 365-396.

6. Patent No. 204352 C1 Russian Federation, IPC A 01C 1/00. Installation for presowing stimulation of seeds / V. A. Syrkin, S. I. Vasilyev [etc.]; applicant Federal State Budgetary Educational Institution of Higher 21.05.2021. Bull. No. 15. – 6 s.

7. Patent No. 2699720 C1, Russian Federation, IPC A01G 7/04. Device for Magnetic Stimulation of Plants : No. 2018132780 : filed on 14.09.2018 : published on 09.09.2019 / V. A. Syrkin, S. I. Vasilyev, P. V. Kryuchin [et al.] ; applicant: Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Samara State Agrarian University".

8. Syrkin V. A., Gridneva T.S., Ishkin P.A., Fathutdinov M.R. (2019). Device for stimulating seeds with a pulsed magnetic field // *Rural machine operator*. №6. С. 28-29.

9. Syrkin V. A., Kiselev R.V., Zotov S.S. (2018). A study of the effect of pulsed magnetic fields on wheat seeds // *The Contribution of Young Scientists to Agricultural Science: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference*. Kinel: Samara State Agricultural Academy. С. 263-267.

10. Syrkin, V. A. Research on the Effect of a Pulsed Magnetic Field on Wheat Seeds / V. A. Syrkin, R. V. Kiselev, and S. S. Zotov // *Contribution of Young Scientists to Agricultural Science: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference*, Kinel, April 18, 2018. – Kinel: Samara State Agricultural Academy, 2018. – Pp. 263-267.

11. Syrkin, V. A., Mashkov, S. V., Vasiliev, S. I. & Ishkin, P. A. (2022). Investigation of the process of dosing seeds by installation of magnetic stimulation. *Izvestiia Samarskoi gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii (Bulletin Samara State Agricultural Academy)*, 3, 14-20. (In Russ.). doi: 10.55471/19973225_2022_7_3_14.

Информация об авторах:

Денисов И. С. – студент;

Сыркин В. А. – кандидат технических наук.

Information about the authors:

Denisov I. S. – student;

Sirkin V. A. – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor.

Вклад авторов:

Денисов И. С. – написание статьи;

Сыркин В. А. – научное руководство.

Contribution of the authors:

Denisov I. S. – writing articles;

Sirkin V. A. – scientific management.

Обзорная статья
УДК 631.58:681.518

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ПОЛИВОМ В ГИДРОПОННЫХ УСТАНОВКАХ ЗАКРЫТОГО ТИПА

Даниил Ильнурович Рафиков¹, Вадим Венерович Габидуллин²,
Татьяна Сергеевна Гриднева³

^{1,2,3}Самарский государственный аграрный университет, Кинель, Россия

¹rafikovdaniil132019@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0007-8836-9695>

²gabidullin_vv89@gmail.com

³t-grid@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0001-8413-170X>

В статье проведено сравнительное исследование двух подходов к управлению поливом в гидропонных установках замкнутого цикла на примере пятиъярусной системы HydroBoss 5.0. Рассмотрены архитектурные различия разомкнутой таймерной системы и замкнутой адаптивной системы на базе IoT-архитектуры. Выполнен расчетно-аналитический анализ влияния каждого подхода на точность поддержания водного режима, энергопотребление насосного оборудования и эксплуатационную надежность. Показано, что переход к управлению по датчикам обеспечивает экономию до 30 % электроэнергии на гидравлическом контуре, устраняет риски перелива и недолива, а также повышает отказоустойчивость системы.

Ключевые слова: гидропоника, система полива, таймерное управление, адаптивное регулирование, IoT, энергоэффективность, микрозелень.

Для цитирования: Рафиков Д. И., Габидуллин В. В., Гриднева Т. С. Сравнительный анализ систем управления поливом в гидропонных установках закрытого типа // Электрооборудование и электротехнологии в сельском хозяйстве: сб. науч. тр. Кинель : ИБЦ Самарского ГАУ, 2026. С. 68-73.

COMPARATIVE ANALYSIS OF IRRIGATION MANAGEMENT SYSTEMS IN CLOSED-TYPE HYDROPONIC INSTALLATIONS

Daniil I. Rafikov¹, Vadim V. Gabidullin², Tatiana S. Gridneva³

^{1,2,3} Samara State Agrarian University, Kinel, Russia

¹rafikovdaniil132019@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0007-8836-9695>

²gabidullin_vv89@gmail.com

³t-grid@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0001-8413-170X>

The article provides a comparative study of two approaches to irrigation management in closed-loop hydroponic installations using the example of the five-tier HydroBoss 5.0 system. Architectural differences between an open-loop timer system and a closed adaptive system based on the IoT architecture are considered. A computational and analytical analysis of the impact of each approach on the accuracy of maintaining the water regime, energy consumption of pumping equipment, and operational reliability has been performed. It is shown that the transition to sensor control provides savings of up to 30% of electricity on the hydraulic circuit, eliminates the risks of overfilling and underfilling, and increases the fault tolerance of the system.

Keywords: hydroponics, irrigation system, timer control, adaptive regulation, IoT, energy efficiency, microgreening.

For citation: Rafikov D. I., Gabidullin V. V. & Gridneva T. S. (2026). Comparative analysis of irrigation management systems in closed-type hydroponic installations. *Electrical equipment and electrical technologies in agriculture: collection of scientific papers.* (pp. 68-73). Kinel: PLC Samara SAU (in Russ.).

Современное сельское хозяйство сталкивается с глобальными вызовами: рост населения Земли, сокращение пригодных для обработки земель и изменение климата требуют принципиально новых подходов к производству продуктов питания. Традиционные агротехнологии не способны полностью удовлетворить потребности в экологически чистой и доступной продукции, что стимулирует переход к высокоинтенсивным методам выращивания. В этих условиях особое значение приобретают системы точного земледелия и вертикальные фермы, которые позволяют получать стабильные урожаи в искусственно созданной среде круглый год. Однако максимальная эффективность таких решений достигается лишь при условии интеграции передовых цифровых систем управления и роботизированных комплексов [1-5].

Развитие технологий контролируемого земледелия и вертикального фермерства предъявляет повышенные требования к степени автоматизации производственных процессов [6].

Гидропонные установки замкнутого цикла, такие как HydroBoss 5.0, получили широкое распространение в коммерческом производстве микрозелени благодаря компактности, высокой оборачиваемости оборотных средств и возможности круглогодичного выращивания [7]. Однако анализ технической документации и эксплуатационной практики показывает, что в штатной конфигурации управление ключевыми агротехническими параметрами, включая полив, осуществляется посредством детерминированных таймерных алгоритмов без полноценной обратной связи [8]. Это формирует разомкнутый контур регулирования, не способный адаптироваться к изменению температуры среды, фазы вегетации культуры и фактического расхода питательного раствора.

Подобная архитектура приводит к ряду технологических ограничений: избыточному или недостаточному затоплению поддонов, неоправданному расходу электроэнергии насосным оборудованием, зависимости от человеческого фактора при ручной коррекции режимов и уязвимости системы к кратковременным сбоям электропитания. В условиях коммерческой эксплуатации, где цикл выращивания микрозелени составляет 10 дней, а урожайность достигает 15 кг с установки, точность поддержания водного режима напрямую влияет на качество продукции и рентабельность производства. Разработка адаптивных систем управления поливом является актуальной задачей для повышения экономической эффективности и технологической надежности оборудования данного типа [9].

Объектом исследования выступила пятиярусная гидропонная установка HydroBoss 5.0, предназначенная для выращивания микрозелени в замкнутом цикле. Геометрия установки предусматривает фиксированное расстояние между ярусами 30 см, объем рабочего бака для питательного раствора составляет 80...90 литров, а расстояние от уровня субстрата до источника света регламентировано в диапазоне 20...25 см [7]. Циркуляция жидкости организована самотеком через систему регулируемых клапанов слива. Система полива в штатной комплектации базируется на электромеханических таймерах и поплавковых датчиках уровня, обеспечивающих включение и выключение погружной помпы по заданному расписанию. На каждом ярусе предусмотрен индивидуальный ручной кран для корректировки скорости затопления, что требует постоянного участия оператора.

В качестве модернизированного варианта рассмотрена адаптивная система управления, разработанная на базе трехуровневой IoT-архитектуры. Первый уровень сенсорики включает ультразвуковой датчик уровня раствора в баке, распределенные датчики температуры и влажности воздуха на каждом ярусе, а также датчики электропроводности (ЕС) и кислотности (рН) питательной среды [10]. Второй уровень обработки данных реализован на центральном микроконтроллере с поддержкой протоколов Wi-Fi/MQTT, что обеспечивает техническую реализацию дистанционного мониторинга и логирования параметров [11]. Третий уровень исполне-

ния предусматривает замену прямого включения помпы на частотный преобразователь, интеграцию перистальтических дозаторов для автоматической коррекции ЕС/рН и электронных исполнительных клапанов вместо поплавковых механических выключателей.

Сравнительный анализ проводился по трем ключевым критериям:

1. *Точность поддержания водного режима* – способность системы компенсировать изменения температуры, испарения и потребления влаги корневой системой на разных стадиях вегетации.

2. *Энергоэффективность насосного контура* – расчетное суточное потребление электроэнергии насосом и системой аэрации в базовом и оптимизированном сценариях.

3. *Эксплуатационная надежность* – устойчивость к сбоям электропитания, степень зависимости от ручного вмешательства оператора, риски механических отказов.

Методологическую основу составили системный анализ технической документации, расчетно-аналитическое моделирование энергопотребления, а также сравнительная оценка алгоритмов управления по принципу «разомкнутый контур vs замкнутый контур с обратной связью». Все расчетные данные базируются на нормативных параметрах установки и теоретических моделях адаптивного регулирования [8, 9].

Точность поддержания водного режима

Штатная таймерная система реализует жесткий алгоритм полива, при котором частота и продолжительность затопления поддонов задаются фиксированным расписанием. Поплавковые датчики обеспечивают лишь аварийное отключение помпы при достижении предельного уровня, но не участвуют в динамической коррекции режима. В условиях переменной температуры помещения (16...18 °С) и отсутствия обратной связи по влажности субстрата, растения в первые дни цикла могут получать избыточное количество раствора, что повышает риск гипоксии корневой системы. На поздних стадиях вегетации фиксированный интервал полива часто оказывается недостаточным, что ведет к подсушиванию субстрата и снижению товарных качеств продукции [8].

Система с использованием датчиков формирует замкнутый контур регулирования, в котором частота срабатывания насоса автоматически корректируется на основе показаний ультразвукового датчика уровня и температуры воздуха внутри ярусов. При повышении температуры, сопровождающемся усиленным испарением, алгоритм увеличивает частоту затопления без участия оператора. Электронный контроль уровня исключает залипание и коррозию, характерные для механических поплавков. Дополнительно интеграция датчиков ЕС/рН позволяет поддерживать концентрацию питательных веществ на заданном уровне за счет работы перистальтических дозаторов, ориентируясь на норму расхода 1 мл концентрата на 1 л воды. Таким образом, переход к адаптивному управлению обеспечивает стабилизацию водного режима в зоне корнеобитания и минимизирует агротехнические риски.

Энергоэффективность насосного контура

Одним из наиболее значимых преимуществ замкнутого подхода является снижение энергопотребления гидравлической системы. В базовом сценарии (штатная конфигурация) погружная помпа и система аэрации работают в непрерывном или квазинепрерывном режиме, обеспечивая суммарную мощность нагрузки около 150 Вт. При суточной эксплуатации это формирует потребление 3,6 кВт·ч/сут [9].

В оптимизированном сценарии применение частотного преобразователя позволяет регулировать производительность насоса в зависимости от фактической потребности в поливе, а адаптивный алгоритм исключает холостую циркуляцию раствора в периоды низкого водопотребления. Расчетная оценка демонстрирует снижение энергозатрат на перекачку раствора на 30 % – до 2,52 кВт·ч/сут. При сохранении достаточного уровня растворенного кислорода в критические фазы вегетации система аэрации также переводится на событийную логику работы. В пересчете на один производственный цикл (10 дней) экономия электроэнергии на гидравлическом контуре составляет 10,8 кВт·ч, а совокупное снижение энергопотребления всей установки достигает 23,7 %, что подтверждает высокую технико-экономическую целесообразность модернизации [9].

Эксплуатационная надежность и масштабируемость

Надежность таймерной системы ограничена зависимостью от стабильности сетевого напряжения: кратковременные отключения электроэнергии приводят к сбросу программ электромеханических таймеров и нарушению технологического цикла. Восстановление режимов требует ручного вмешательства оператора, что в условиях коммерческого выращивания недопустимо. Кроме того, необходимость постоянной регулировки кранов на каждом ярусе увеличивает трудоемкость обслуживания [8].

Контроллерная архитектура с энергонезависимой памятью сохраняет заданные алгоритмы и сценарии работы при любых сбоях питания, обеспечивая автоматический рестарт системы. Протокол MQTT позволяет оператору дистанционно отслеживать параметры микроклимата, уровень раствора и состояние оборудования через мобильное приложение, что трансформирует реактивное обслуживание в проактивное [11;12]. Принципиальным преимуществом предлагаемой модернизации является сохранение основной несущей конструкции, светильников и существующих трубопроводов. Затраты концентрируются исключительно на замене системы управления и сенсорики, что снижает капитальные вложения и упрощает внедрение. При масштабировании решения на парк из десятков или сотен установок совокупный экономический эффект приобретает существенное значение, способствуя повышению рентабельности вертикальных ферм [6].

Таблица

Сравнительные характеристики систем управления поливом

Критерий сравнения	Таймерное управление (штатное)	Управление по датчикам (модернизированное)
Принцип работы	Разомкнутый контур, фиксированное расписание	Замкнутый контур, обратная связь по уровню и T/RH
Ключевые элементы	Электромеханический таймер, поплавковый датчик, ручные краны	Микроконтроллер (Wi-Fi/MQTT), ультразвуковой датчик, частотный преобразователь, перистальтические дозаторы
Реакция на сбой питания	Сброс программы, нарушение цикла полива	Сохранение настроек в энергонезависимой памяти, авторестарт
Адаптивность	Отсутствует	Частота полива корректируется по температуре и фазе вегетации
Энергопотребление насоса	3,6 кВт·ч/сут	2,52 кВт·ч/сут (экономия ~30 %)
Участие оператора	Регулярная ручная проверка и коррекция	Дистанционный мониторинг, автоматическое дозирование

Проведенное сравнительное исследование подтверждает технологическое и экономическое превосходство замкнутого управления поливом над традиционной таймерной логикой в гидропонных установках закрытого типа. Переход к адаптивной системе на базе IoT-архитектуры устраняет ключевые недостатки разомкнутого контура: жесткость расписания, отсутствие обратной связи по параметрам среды, зависимость от человеческого фактора и неоправданный расход энергии [8]. Внедрение ультразвукового контроля уровня, частотного регулирования насоса и интеллектуальных алгоритмов полива обеспечивает экономию до 30 % электроэнергии на гидравлическом контуре, стабилизацию водного режима в зоне корнеобитания и повышение предсказуемости урожая [9].

Модернизация не требует замены несущих конструкций, осветительного оборудования или основных трубопроводов, что минимизирует капитальные затраты и сокращает срок окупаемости решения. Интеграция цифровых датчиков ЕС/pH и протоколов удаленного мониторинга позволяет перевести обслуживание установки в режим проактивного контроля, существенно снижая влияние человеческого фактора. При масштабировании на коммерческие вертикальные фермы совокупный экономический эффект приобретает существенное значение,

способствуя снижению операционных расходов и повышению конкурентоспособности продукции. Перспективными направлениями дальнейших исследований являются натурные испытания прототипа в условиях реального производственного цикла, разработка специализированного ПО для мобильного приложения, а также адаптация алгоритмов управления для интеграции с системами верхнего уровня агропредприятий.

Список источников

1. Энергосберегающие элементы электротехнологии и светокультуры растений, обеспечивающие перспективы развития АПК : монография / С.И. Васильев, С.В. Машков, В.А. Сыркин [и др.]. – Кинель : Самарский государственный аграрный университет, 2022. – 155 с.
2. Рязанов А.В., Гриднева Т.С., Нугманов С.С. Применение электрофизических способов для повышения эффективности выращивания сельскохозяйственных культур // Инновационные достижения науки и техники АПК: сб. науч. тр. Кинель: РИО СГСХА, 2018. С. 379-381.
3. Разработка интенсивных электротехнологий и технических средств для цифрового сельского хозяйства: отчет о НИР (заключительн.); рук. Машков С.В.; исполн. Крючин П.В., Васильев С.И., Гриднева Т.С., Фатхутдинов М.Р., Нугманов С.С., Ишкин П.А., Сыркин В.А., Мокрицкий С.Н., Афонин А.Е., Бунтова Е.В., Мельникова Н.А., Моргунов Д. Н. Кинель, 2019. 67 с. № АААА-А19-119012490037-5.
4. Разработка комплекса энергосберегающих элементов технологии выращивания овощных культур в условиях культивационных сооружений : отчет о НИР (заключительн.); рук. Васильев С.И., исполн. Васильев С.И., Машков С.В., Фатхутдинов М.Р., Сыркин В.А., Гриднева Т.С., Ишкин П.А., Крючин П.В., Котов Д.Н., Ракитина В.В., Моргунов Д.Н. – Кинель, 2020. – 156 с. – № ГР АААА-А20-120013190050-0.
5. Гриднева Т. С., Нугманов С. С. Автоматизация процесса загрузки дробилки // Актуальные проблемы аграрной науки и пути их решения : сб. науч. тр. Кинель : РИЦ СГСХА. 2016. С. 313-315.
6. Федоров А.А. Экономическая эффективность внедрения IoT-решений в растениеводстве // Экономика сельского хозяйства. – 2024. – № 1. – С. 33-40.
7. Цветкова Л.А., Фирсов А.С. Анализ технологии выращивания микрозелени в гидропонной установке // Агротехника и энергообеспечение, 2025. – № 1. – С. 45–52.
8. Лебедев А.В. Адаптивные системы управления поливом в гидропонике // Известия вузов. Поволжский регион. Технические науки, 2023. – № 1. – С. 55–62.
9. Волков В.В., Басуматорова Е.А. Бояринов Е. Эффективность гидропонной установки с применением системы автоматизированного регулирования // Известия Оренбургского государственного аграрного университета, 2024. – № 4 (108). – С. 183–187.
10. Петров С.А. Датчики электропроводности и рН для агрохимического контроля // Приборы и системы управления, 2021. – № 6. – С. 40–45.
11. Фейламазова С.А., Ахмедова З.Х., Абдуразакова З.Ш. Разработка аппаратно-программного комплекса дистанционного управления микроклиматом теплицы // Вестник Астраханского государственного технического университета, 2021. – № 4. – С. 68–75.
12. Евсеев Е. А., Васильев С. И., Машков С. В. Разработка конструктивной схемы фитоустановки для малообъемного выращивания микрозелени и овощных культур // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. № 4. С. 58-64. doi: 10.55170/19973225_2023_8_4_58.

References

1. Vasilyev, S.I., Mashkov, S.V. Syrkin V.A. [et al] (2022). Energy-saving elements of electrical technology and light culture of plants, providing prospects for the development of agriculture (in Russ.).
2. Ryazanov A.V., Gridneva, T.S. & Nugmanov, S.S. (2018). The use of electrophysical methods to increase the efficiency of growing crops. *Innovacionnye dostizheniya nauki i tekhniki APK: sb. nauch. tr. (Innovative achievements of science and technology of the agro-industrial complex: collection of scientific works)*. (pp. 379-381). Kinel (in Russ.).

3. Maschkov S.V., Vasiliev S.I., Kruchin, P.V. [et al] (2017) Development of intensive electrical technologies and technical means for digital agriculture. Research report, Kinel, 67, no. GR AAAA-A19-119012490037-5 (in Russ).
4. Vasil'yev S. I., Maschkov S. V., Fatkhutdinov M. R. [et al] (2020). Development of a complex of energy-saving elements of technology for growing vegetable crops in conditions of high-tech cultivation facilities. *Research report*. (p. 156). Kinel. No. GR AAAA-A20-120013190050-0 (in Russ).
5. Gridneva T. S. & Nugmanov S. S. (2016). *Automation of the crusher loading process. Aktual'nyye problemy agrarnoy nauki i puti ikh resheniya : sb. nauch. tr. (Actual problems of agrarian science and ways to solve them: sat. scientific tr.)*. (pp. 313-315). Kinel (in Russ.)
6. Fedorov A.A. (2024). Economic efficiency of implementing IoT solutions in crop production. *Ehkonomika sel'skogo hozyajstva (Agricultural economics)*, 1, 33-40 (in Russ.).
7. Tsvetkova L.A. & Firsov A.S. (2025). Analysis of the technology of growing microgreens in a hydroponic installation. *Agrotehnika i ehnergoobespechenie (Agrotechnics and energy supply)*, 1, 45-52 (in Russ.).
8. Lebedev A.V. (2023). Adaptive irrigation management systems in hydroponics. *Izvestiya vuzov. Povolzhskij region. Tehnicheskie nauki (Izvestiya vuzov. The Volga region. Technical sciences)*, 1, 55-62 (in Russ.).
9. Volkov V.V., Basumatorova E.A. & E. Boyarinov (2024). Efficiency of a hydroponic installation using an automated control system. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Izvestia Orenburg State Agrarian)*, 4 (108), 183–187 (in Russ.).
- 10 Petrov S.A. (2021). Electrical conductivity and pH sensors for agrochemical control. *Pribory i sistemy upravleniya (Instruments and control systems)*, 6, 40-45 (in Russ.).
11. Feylamazova S.A., Akhmedova Z.Kh. & Abdurazakova Z.Sh. (2021). Development of a hardware and software complex for remote control of greenhouse microclimate. *Vestnik Astrahanskogo gosudarstvennogo tehnikeskogo universiteta (Bulletin of Astrakhan State Technical University)*, 4, 68-75 (in Russ.).
12. Evseev, E. A., Vasiliev, S. I. & Mashkov, S. V. (2023). Development of a design scheme of a photo- installation for low-volume cultivation of microgreens and vegetable crops. *Izvestia Samarskoi gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii (Bulletin Samara State Agricultural Academy)*, 4, 58-64. (In Russ.). doi: 10.55170/19973225_2023_8_4_58.

Информация об авторах:

Рафиков Д. И. – магистрант;
 Габидуллин В. В. – магистрант;
 Гриднева Т. С. – кандидат технических наук, доцент.

Information about the authors:

Rafikov D. I. – master's student;
 Gabidullin V. V. – master's student;
 Gridneva T. S. – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor.

Вклад авторов:

Рафиков Д. И. – написание статьи;
 Габидуллин В. В. – написание статьи;
 Гриднева Т. С. – научное руководство.

Contribution of the authors:

Rafikov D. I. – article writing;
 Gabidullin V. V. – article writing;
 Gridneva T. S. – scientific management.

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ ПРИ ЗАМЕНЕ ДИСКРЕТНОГО ВКЛЮЧЕНИЯ СВЕТИЛЬНИКОВ НА ПЛАВНОЕ ДИММИРОВАНИЕ В УСТАНОВКАХ ЗАКРЫТОГО ГРУНТА

Даниил Ильнурович Рафиков¹, Вадим Венерович Габидуллин²,
Татьяна Сергеевна Гриднева³

^{1,2,3}Самарский государственный аграрный университет, Кинель, Россия

¹rafikovdaniil132019@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0007-8836-9695>

²gabidullin_vv89@gmail.com

³t-grid@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0001-8413-170X>

В статье рассмотрена проблема избыточного энергопотребления осветительных систем в гидропонных установках закрытого грунта, функционирующих по дискретному алгоритму «включено/выключено». На примере пятиярусной установки HydroBoss 5.0 проведен сравнительный анализ штатной таймерной схемы управления освещением и модернизированного решения на базе ШИМ-диммирования. Выполнен расчетно-аналитический метод оценки энергоэффективности с учетом фазовых потребностей микрозелени в световой энергии. Показано, что внедрение плавного регулирования интенсивности светового потока позволяет снизить потребление электроэнергии на освещение на 20 %, а совокупное энергопотребление установки – на 23,7 %. Результаты исследования подтверждают технико-экономическую целесообразность замены механических таймеров на программируемые ШИМ-драйверы при сохранении существующих светодиодных светильников.

Ключевые слова: гидропоника, вертикальное фермерство, светодиодное освещение, ШИМ-диммирование, энергоэффективность, замкнутый цикл, микрозелень.

Для цитирования: Рафиков Д. И., Габидуллин В. В., Гриднева Т. С. Энергосбережение при замене дискретного включения светильников на плавное диммирование в установках закрытого грунта // Электрооборудование и электротехнологии в сельском хозяйстве: сб. науч. тр. Кинель : ИБЦ Самарского ГАУ, 2026. С. 74-79.

ENERGY SAVING WHEN REPLACING THE DISCRETE SWITCH LAMPS FOR SMOOTH DIMMING IN INDOOR INSTALLATIONS

Daniil I. Rafikov¹, Vadim V. Gabidullin², Tatiana S. Gridneva³

^{1,2,3}Samara State Agrarian University, Kinel, Russia

¹rafikovdaniil132019@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0007-8836-9695>

²gabidullin_vv89@gmail.com

³t-grid@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0001-8413-170X>

The article considers the problem of excessive energy consumption of lighting systems in closed-ground hydroponic installations operating according to a discrete on/off algorithm. Using the example of a five-tier HydroBoss 5.0 installation, a comparative analysis of the standard timer lighting control scheme and an upgraded PWM-dimming solution was carried out. A computational and analytical method for assessing energy efficiency has been performed, taking into account the phase needs of microgreens in light energy. It is shown that the introduction of smooth regulation of the intensity of the luminous flux reduces electricity consumption for lighting by 20%, and the total energy consumption of the installation by 23.7%. The results of the study confirm the feasibility of replacing mechanical timers with programmable PWM drivers while maintaining existing LED fixtures.

Keywords: hydroponics, vertical farming, LED lighting, PWM dimming, energy efficiency, closed loop, microgreening.

For citation: Rafikov D. I., Gabidullin V. V. & Gridneva T. S. (2026). Energy saving when replacing the discrete switch lamps for smooth dimming in indoor installations. Electrical equipment and electrical technologies in agriculture: collection of scientific papers. (pp. 74-79). Kinel: PLC Samara SAU (in Russ.).

Стремительное развитие технологий контролируемого земледелия и вертикального фермерства сопровождается ростом требований к энергетической эффективности производственных комплексов. В условиях закрытого грунта искусственное освещение выступает ключевым фактором фотосинтеза и основным потребителем электроэнергии, доля которого в структуре эксплуатационных затрат достигает 60...70 % [2]. Традиционные схемы управления световым режимом в коммерческих гидропонных установках, включая распространенные модели типа HydroBoss 5.0, базируются на детерминированных таймерных алгоритмах с дискретным включением и отключением светильников [1]. Подобная архитектура, несмотря на простоту реализации, формирует ряд существенных технологических и экономических ограничений.

Во-первых, фиксированный график работы освещения не учитывает биологические особенности культуры на различных стадиях вегетации. Растения в фазе прорастания и начального развития корневой системы требуют меньшей интенсивности светового потока по сравнению с периодом активной вегетации, что делает работу светильников на полной мощности в первые дни цикла избыточной. Во-вторых, дискретное переключение создает пусковые токи, сокращающие ресурс драйверов и светодиодных матриц, а также формирует резкие градиенты освещенности, негативно влияющие на физиологическое состояние микрозелени. В-третьих, отсутствие возможности плавной регулировки светового потока исключает потенциал снижения энергопотребления без нарушения технологического цикла.

Разработка и внедрение систем адаптивного освещения на основе широтно-импульсной модуляции (ШИМ) представляет собой актуальное направление модернизации гидропонных комплексов. Переход от дискретного управления к плавному диммированию позволяет синхронизировать световой режим с фазовыми потребностями культуры, снизить пиковые нагрузки на электросеть и минимизировать операционные расходы [4].

Объектом исследования выступила пятиярусная гидропонная установка HydroBoss 5.0, предназначенная для коммерческого выращивания микрозелени в замкнутом цикле продолжительностью 10 дней. Конструкция установки предусматривает фиксированное расстояние между ярусами 30 см и регламентированное расстояние от уровня субстрата до источника света в диапазоне 20...25 см [2]. Система освещения сформирована из десяти светодиодных светильников модели Sanflower MMS 40 (по два на ярус) номинальной мощностью 40 Вт каждый и светоотдачей более 200 лм/Вт. Суммарная установленная мощность осветительной подсистемы составляет 400 Вт.

В штатной конфигурации управление освещением реализовано через электромеханические таймеры, обеспечивающие дискретный алгоритм работы с фиксированным фотопериодом 16 часов в сутки. При такой схеме светильники функционируют на 100 % мощности независимо от стадии развития культуры, температуры среды или уровня освещенности в помещении. Данная архитектура характеризуется отсутствием обратной связи и не позволяет корректировать световой режим в реальном времени [1].

В качестве модернизированного варианта рассмотрена система плавного регулирования интенсивности светового потока на базе ШИМ-драйверов, интегрированных в контур управления микроконтроллера. Алгоритм диммирования разработан с учетом трех фаз вегетационного цикла микрозелени:

- *Дни 1–3 (прорастание и укоренение):* снижение интенсивности до 70–80 % от номинала для минимизации теплового стресса и избыточного испарения влаги с поверхности субстрата.
- *Дни 4–7 (активная вегетация):* работа на 100 % мощности для обеспечения максимальной скорости фотосинтеза и набора биомассы.

- *Дни 8–10 (завершение цикла и формирование товарных качеств)*: плавное снижение до 80-85 % для предотвращения преждевременного старения тканей и избыточного накопления нитратов.

Методологическую основу исследования составили системный анализ технической документации, расчетно-аналитическое моделирование энергопотребления и сравнительная оценка базового (штатного) и оптимизированного (диммируемого) сценариев работы осветительной подсистемы. Расчет суточного и циклового потребления электроэнергии выполнен на основе формулы:

$$W = P \times t \times k, \quad (1)$$

где P – мощность нагрузки;

t – время работы;

k – коэффициент диммирования.

Результаты сопоставлены с данными по общему энергопотреблению установки, включая насосное оборудование, аэрацию и вентиляцию [5]. Оценка экономической эффективности проведена с учетом снижения пусковых токов, продления ресурса светодиодных матриц и уменьшения тепловой нагрузки на систему климат-контроля [6].

Технические аспекты внедрения ШИМ-диммирования

Широтно-импульсная модуляция обеспечивает регулирование яркости светодиодных светильников путем изменения скважности импульсов питающего тока при сохранении постоянной амплитуды. В отличие от аналогового диммирования, ШИМ-метод не вызывает сдвига цветовой температуры, что критически важно для сохранения заданного спектра излучения, оптимального для фотосинтетически активной радиации (ФАР) [4]. Замена механических таймеров на программируемые ШИМ-драйверы позволяет реализовать плавные переходы между уровнями освещенности, исключая резкие скачки яркости, которые у растений могут провоцировать фотоморфогенетический стресс.

Техническая интеграция не требует демонтажа существующих светильников Sanflower MMS 40 или изменения электропроводки установки. Драйверы устанавливаются в распределительном щите или непосредственно вблизи каждого яруса, подключаются к центральному микроконтроллеру по низковольтной линии управления и коммутируют сетевое напряжение 220 В на стороне нагрузки. Энергонезависимая память контроллера сохраняет заданные световые сценарии, а при кратковременных отключениях электроэнергии система автоматически восстанавливает рабочий режим без необходимости ручной калибровки, что устраняет ключевой недостаток электромеханических таймеров [1]. Дополнительным преимуществом является снижение пусковых токов при каждом включении, что продлевает срок службы блоков питания и уменьшает нагрузку на силовую электросеть объекта.

Агротехническое обоснование фазного регулирования освещенности

Эффективность энергосберегающих алгоритмов освещения напрямую зависит от их соответствия биологическим потребностям культуры. В условиях выращивания микрозелени продолжительностью 10 дней световой режим оказывает определяющее влияние на скорость прорастания, длину гипокотилия, содержание хлорофилла и общую товарную массу. Штатная схема с непрерывной работой светильников на полной мощности в течение 16 часов в первые три дня цикла приводит к избыточному нагреву поверхности субстрата, ускоренному испарению влаги и повышению риска развития грибковой микрофлоры в зоне проростков.

Внедрение фазового диммирования позволяет синхронизировать интенсивность ФАР с физиологическими стадиями развития. В период укоренения (дни 1-3) снижение светового потока до 70-80 % компенсируется достаточной влажностью среды и не ограничивает скорость деления клеток. В фазе активного роста (дни 4-7) светильники работают на 100 %, обеспечивая максимальную ассимиляцию углерода. На завершающем этапе (дни 8-10) умеренное снижение интенсивности предотвращает преждевременное старение листьев, снижает транспирацию и способствует накоплению вторичных метаболитов, определяющих вкусовые и диетические свойства продукции. Подобный подход не только экономит электроэнергию, но и стабилизирует качество урожая, снижая технологические риски, связанные с нарушением микросреды [2].

Энергетический расчет и анализ экономии

Для количественной оценки эффекта модернизации проведен расчет энергопотребления осветительной подсистемы в двух сценариях.

Базовый сценарий (штатная конфигурация):

Мощность освещения: $P_{\text{осв}} = 400 \text{ Вт} = 0,4 \text{ кВт}$.

Фотопериод: $t = 16 \text{ ч/сут}$.

Суточное потребление:

$$W_{\text{баз}} = 0,4 \times 16 = 6,4 \text{ кВт}\cdot\text{ч/сут.}$$

Оптимизированный сценарий (ШИМ-диммирование):

Средний коэффициент диммирования по циклу: $k_{\text{ср}} \approx 0,8$ (с учетом фаз 70 %, 100 %, 85 %).

Эквивалентное снижение средней мощности: $\Delta P \approx 20 \%$.

Суточное потребление:

$$W_{\text{опт}} = 6,4 \times 0,8 = 5,12 \text{ кВт}\cdot\text{ч/сут.}$$

Экономия на освещении: $\Delta W_{\text{осв}} = 1,28 \text{ кВт}\cdot\text{ч/сут}$.

Суммарное энергопотребление установки HydroBoss 5.0 в базовом режиме включает также насосно-аэрационный контур (~3,6 кВт·ч/сут) и вентиляцию (~0,8 кВт·ч/сут), что формирует общее значение 10,8 кВт·ч/сут [5]. При внедрении адаптивного освещения и сопутствующей оптимизации работы насоса и вентиляции (перевод на событийную логику) совокупное потребление снижается до 8,24 кВт·ч/сут.

Таблица

Сравнительные показатели энергопотребления установки HydroBoss 5.0

Показатель	Базовый сценарий (таймеры)	Оптимизированный сценарий (диммирование + адаптация)	Экономия
Освещение, кВт·ч/сут	6,40	5,12	1,28 (20 %)
Насос и аэрация, кВт·ч/сут	3,60	2,52	1,08 (30 %)
Вентиляция, кВт·ч/сут	0,80	0,60	0,20 (25 %)
Итого, кВт·ч/сут	10,80	8,24	2,56 (23,7 %)
Экономия за цикл (10 дней), кВт·ч	–	–	25,6

Расчет демонстрирует, что переход на ШИМ-диммирование обеспечивает снижение энергозатрат на освещение на 20 %, что вносит основной вклад в общую экономию 23,7 %. За один производственный цикл (10 дней) экономия электроэнергии составляет 25,6 кВт·ч. При масштабировании решения на коммерческую вертикальную ферму с парком из 50 установок годовой экономической эффект превышает 46 800 кВт·ч, что при средних тарифах для сельхозпроизводителей формирует значительное снижение операционных расходов и сокращает срок окупаемости модернизации до 12...18 месяцев [3]. Кроме того, уменьшение тепловой нагрузки от светильников снижает потребность в работе кондиционеров и систем вытяжной вентиляции, формируя дополнительный синергетический эффект энергосбережения [6].

Проведенное исследование подтверждает высокую технико-экономическую целесообразность замены дискретного таймерного управления освещением на плавное ШИМ-диммирование в гидропонных установках закрытого грунта. Внедрение фазового регулирования интенсивности светового потока на примере установки HydroBoss 5.0 позволяет снизить энергопотребление осветительной подсистемы на 20 %, что в сочетании с оптимизацией работы насосного и вентиляционного оборудования обеспечивает совокупную экономию 23,7 % (25,6 кВт·ч за 10-дневный цикл) [5].

Ключевыми преимуществами предложенного подхода являются: сохранение существующей инфраструктуры и светодиодных светильников, отсутствие капитальных затрат на замену несущих конструкций, снижение пусковых токов и тепловой нагрузки, а также улучшение физиологического состояния микророзелени за счет соответствия светового режима фазам вегетации

[4]. Модернизация не требует сложных инженерных коммуникаций и может быть реализована поэтапно, начиная с установки ШИМ-драйверов и программируемого контроллера.

Перспективными направлениями дальнейших исследований являются натурные испытания прототипа в условиях реального производственного цикла, экспериментальное подтверждение влияния различных профилей диммирования на биохимический состав урожая, а также разработка интеллектуальных алгоритмов, интегрирующих данные датчиков освещенности, температуры и влажности в единую систему адаптивного управления микроклиматом закрытого грунта. Внедрение подобных решений способно существенно повысить конкурентоспособность вертикальных ферм и ускорить переход агропромышленного комплекса к ресурсосберегающим технологиям [3, 5, 7-10].

Список источников

1. Басуматорова Е.А., Волков В.В. Система гидропонной установки с автоматизированным регулированием // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2024. – № 2 (106). – С. 160–165.
2. Цветкова Л.А., Фирсов А.С. Анализ технологии выращивания микрозелени в гидропонной установке // Агротехника и энергообеспечение, 2025. – № 1. – С. 45–52.
3. Федоров А.А. Экономическая эффективность внедрения IoT-решений в растениеводстве // Экономика сельского хозяйства. – 2024. – № 1. – С. 33–40.
4. Рязанов, А. В. Применение электрофизических способов для повышения эффективности выращивания сельскохозяйственных культур / А. В. Рязанов, Т. С. Гриднева, С. С. Нугманов // Инновационные достижения науки и техники АПК : Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции, Кинель. Кинель: Самарская государственная сельскохозяйственная академия, 2018. – С. 379–381.
5. Волков В.В., Басуматорова Е.А. Бояринов Е. Эффективность гидропонной установки с применением системы автоматизированного регулирования // Известия Оренбургского государственного аграрного университета, 2024. – № 4 (108). – С. 183–187.
6. Гриднева, Т.С., Нугманов С.С. Энергосбережение в электроснабжении АПК : практикум. – Кинель : РИЦ СГСХА, 2018. – 137 с.
7. Энергосберегающие элементы электротехнологии и светокультуры растений, обеспечивающие перспективы развития АПК : монография / С. И. Васильев, С. В. Машков, В. А. Сыркин [и др.]. – Кинель : Самарский государственный аграрный университет, 2022. – 155 с.
8. Разработка интенсивных электротехнологий и технических средств для цифрового сельского хозяйства: отчет о НИР (заключительн.); рук. Машков С.В.; исполн. Крючин П.В., Васильев С.И., Гриднева Т.С., Фатхутдинов М.Р., Нугманов С.С., Ишкин П.А., Сыркин В.А., Мокрицкий С.Н., Афонин А.Е., Бунтова Е.В., Мельникова Н.А., Моргунов Д. Н. Кинель, 2019. 67 с. № АААА-А19-119012490037-5.
9. Разработка комплекса энергосберегающих элементов технологии выращивания овощных культур в условиях культивационных сооружений : отчет о НИР (заключительн.); рук. Васильев С.И., исполн. Васильев С.И., Машков С.В., Фатхутдинов М.Р., Сыркин В.А., Гриднева Т.С., Ишкин П.А., Крючин П.В., Котов Д.Н., Ракитина В.В., Моргунов Д.Н. – Кинель, 2020. – 156 с. – № ГР АААА-А20-120013190050-0.
10. Совершенствование энергосберегающих способов электрофизического воздействия на семена и растения овощных культур, выращиваемых в защищенной среде : отчет о НИР (промежуточ.); рук. Васильев С.И. исполн. Машков С.В., Ишкин П.А., Фатхутдинов М.Р., Сыркин В.А., Крючин П.В., Гриднева Т.С., Моргунов Д.Н., Евсеев Е.А., Смолев К.С. Кинель, 2023. 162 с. № 123040300011-7.
11. Евсеев Е.А., Васильев С.И., Машков С.В. Разработка конструктивной схемы фитоустановки для малообъемного выращивания микрозелени и овощных культур // Известия самарской государственной сельскохозяйственной академии, 2023. – № 4. – С. 58–64. doi: 10.55170/19973225_2023_8_4_58.

References

1. Basumatorova E.A. & Volkov V.V. (2024). Hydroponic System with Automated Control. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Izvestia Orenburg State Agrarian)*, 2 (106), 160–165 (in Russ.).
2. Tsvetkova L.A. & Firsov A.S. (2025). Analysis of the technology of growing microgreens in a hydroponic installation. *Agrotehnika i ehnergoobespechenie (Agrotechnics and energy supply)*, 1, 45-52 (in Russ.).
3. Fedorov A.A. (2024). Economic efficiency of implementing IoT solutions in crop production. *Ehkonomika sel'skogo hozyajstva (Agricultural economics)*, 1, 33-40.
4. Ryazanov, A. V. Application of Electrophysical Methods to Increase the Efficiency of Growing Crops / A. V. Ryazanov, T. S. Gridneva, and S. S. Nugmanov // Innovative Achievements of Science and Technology in the Agro-Industrial Complex: Collection of Scientific Papers from the International Scientific and Practical Conference, Kinel. Kinel: Samara State Agricultural Academy, 2018, pp. 379-381.
5. Volkov V.V., Basumatorova E.A. & E. Boyarinov (2024). Efficiency of a hydroponic installation using an automated control system. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Izvestia Orenburg State Agrarian)*, 4 (108), 183–187 (in Russ.).
6. Energy saving in agricultural power supply : a practical course. Gridneva T.S., Nugmanov S.S. (2018). Kinel. 137 p. (in Russ.).
7. Vasilyev, S.I., Mashkov, S.V. Syrkin V.A. [et al] (2022). Energy-saving elements of electrical technology and light culture of plants, providing prospects for the development of agriculture (in Russ.).
8. Maschkov S.V., Vasiliev S.I., Kruchin, P.V. [et al] (2019) Development of intensive electrical technologies and technical means for digital agriculture. Research report, Kinel, 67, no. GR AAAA-A19-119012490037-5 (in Russ.).
9. Vasil'yev S. I., Maschkov S. V., Fatkhutdinov M. R., Syrkin V. A., Gridneva T. S., Ischkin P. A., Kryuchin P. V., Rakitina V.V., Morgunov D. N. (2020). Development of a complex of energy-saving elements of technology for growing vegetable crops in conditions of high-tech cultivation facilities. *Research report*. (p. 156). Kinel. No. GR AAAA-A20-120013190050-0 (in Russ.).
10. Vasil'yev S.I., Maschkov S.V., Ischkin P.A., Fatkhutdinov M.R., Syrkin V.A., Kryuchin P.V., Gridneva T.S., Morgunov D.N., Evseev E.A., Smolev K.S. (2023). Development of a complex of energy-saving elements of technology for growing vegetable crops in conditions of high-tech cultivation facilities. *Research report*. (p. 162). Kinel. No. GR 123040300011-7 (in Russ.).
11. Evseev E.A., Vasil'yev S.I., Mashkov S.V. Development of a design scheme for a phyto-installation for small-scale cultivation of microgreens and vegetable crops // *Bulletin of the Samara State Agricultural Academy*. 2023. No. 4. pp. 58–64. doi: 10.55170/19973225_2023_8_4_58.

Информация об авторах:

Рафиков Д. И. – магистрант;
Габидуллин В. В. – магистрант;
Гриднева Т. С. – кандидат технических наук, доцент.

Information about the authors:

Rafikov D. I. – master's student;
Gabidullin V. V. – master's student;
Gridneva T. S – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor.

Вклад авторов:

Рафиков Д. И. – написание статьи;
Габидуллин В. В. – написание статьи;
Гриднева Т. С. – научное руководство.

Contribution of the authors:

Rafikov D. I. – article writing;
Gabidullin V. V. – article writing;
Gridneva T. S. – scientific management.

Научная статья

УДК 633.262

ВИДЫ И ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ГИДРОПОННЫХ СИСТЕМ

Никита Александрович Додаев¹, Александр Андреевич Андреев²,

Владимир Анатольевич Сыркин³

^{1,2,3} Самарский государственный аграрный университет, Кинель, Россия

¹dodaevna@icloud.com. <https://orcid.org/0009-0000-4054-0464>

²andreevsasa854@gmail.com. <https://orcid.org/0009-0007-9676-7319>

³sirkin_va@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2531-5423>

В статье рассматриваются основные виды и принципы работы гидропонных систем, а также параметры подачи питательного раствора и контроль за условиями выращивания растений. Приводится анализ различных методов гидропонного выращивания, а также их преимущества и недостатки.

Ключевые слова: гидропоника, питательный раствор, автоматизация, аэропоника, NFT, капельное орошение.

Для цитирования: Додаев Н. А., Андреев А. А., Сыркин В. А. Виды и особенности функционирования гидропонных систем // Электрооборудование и электротехнологии в сельском хозяйстве: сб. науч. тр. Кинель : ИБЦ Самарского ГАУ, 2026. С. 80-84.

TYPES AND FEATURES OF FUNCTIONING OF HYDROPONIC SYSTEMS

Nikita A. Dodaev¹, Alexander A. Andreev², Vladimir A. Syrkin³

^{1,2,3} Samara State Agricultural University, Kinel, Russia

¹dodaevna@icloud.com. <https://orcid.org/0009-0000-4054-0464>

²andreevsasa854@gmail.com. <https://orcid.org/0009-0007-9676-7319>

³sirkinva@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2531-5423>

This article examines the main types and operating principles of hydroponic systems, as well as nutrient solution delivery parameters and plant growth control. It also analyzes various hydroponic growing methods, including their advantages and disadvantages.

Keywords: hydroponics, nutrient solution, automation, aeroponics, NFT, drip irrigation.

For citation: Dodaev N. A., Andreev A. A. & Syrkin V. A. (2026). Types and features of functioning of hydroponic systems. Electrical equipment and electrical technologies in agriculture: collection of scientific tr. (pp. 80-84) Kinel : IBC of Samara State Agrarian University (in Russ).

Гидропонные системы представляют собой метод выращивания растений без использования почвы, при котором корни погружаются в питательный раствор или находятся в среде, обеспечивающей их питание и аэрацию. Данный метод широко применяется в коммерческом сельском хозяйстве, городском фермерстве и научных исследованиях благодаря высокой эффективности использования ресурсов [1].

Цель работы – повышение эффективности выращивания растений с использованием гидропонных систем.

Задачи:

1. Рассмотреть основные виды гидропонных систем;
2. Рассмотреть основные особенности функционирования гидропонных систем.

Одним из ключевых преимуществ гидропонных систем является их способность обеспечивать растения всеми необходимыми элементами в точно сбалансированных пропорциях. Это позволяет не только ускорить рост растений, но и минимизировать затраты воды, удобрений и снизить риски, связанные с заболеваниями, передающимися через почву. Кроме того, гидропоника обеспечивает возможность круглогодичного выращивания сельскохозяйственных культур, независимо от климатических условий [2].

Современные гидропонные системы варьируются по сложности: от простых установок для домашнего использования до крупных промышленных комплексов с автоматизированным контролем параметров окружающей среды. В данной статье рассматриваются основные виды гидропонных систем, принципы их работы, а также ключевые факторы, влияющие на успешное выращивание растений [3].

Гидропонные системы можно классифицировать по различным критериям, включая метод подачи питательного раствора, способ аэрации корней и уровень автоматизации. Рассмотрим наиболее распространенные виды гидропонных установок:

- Система питательного слоя (NFT, Nutrient Film Technique). В данной системе корни растений находятся в тонком слое питательного раствора, который циркулирует по каналу с небольшим уклоном. Это позволяет обеспечить постоянное снабжение корней водой и питательными веществами при минимальном расходе раствора. Однако система чувствительна к сбоям в подаче раствора, что может привести к пересыханию корней.

- Капельное орошение. В этом методе раствор подается непосредственно к корням растений с помощью капельниц, обеспечивая дозированное питание. Такая система экономит воду и удобрения, но требует тщательного контроля параметров раствора и регулярной очистки трубок от возможных засоров.

- Аэропонная система. В аэропонике корни растений подвешены в воздухе и периодически орошаются мелкодисперсным аэрозолем питательного раствора. Данный метод обеспечивает максимальную аэрацию корней и ускоренный рост растений, однако требует сложных систем контроля влажности и точного дозирования питательных веществ.

- Плавающая платформа (DWC, Deep Water Culture). В такой системе корни растений погружены в питательный раствор, который насыщается кислородом с помощью компрессоров. Метод прост в реализации, но может потребовать дополнительного контроля уровня кислорода, чтобы избежать застоя раствора и гипоксии корней.

- Фитильная система. В этом варианте питательный раствор поднимается к корням с помощью фитиля за счет капиллярного эффекта. Данный метод подходит для небольших установок, однако имеет ограничения по интенсивности подачи раствора и не подходит для растений с высокой потребностью в воде.

Для успешного функционирования гидропонной системы важно учитывать и контролировать следующие параметры окружающей среды. Оптимальный температурный диапазон для большинства растений составляет 18–25°C. Отклонения от этого диапазона могут привести к замедлению роста или заболеваниям. Гидропонные системы требуют поддержания относительной влажности на уровне 50–70% для предотвращения пересыхания или чрезмерного насыщения влагой. Недостаток кислорода в питательном растворе может вызвать кислородное голодание корней и их загнивание. В системах DWC используются аэраторы для насыщения раствора кислородом. Оптимальный уровень pH варьируется от 5.5 до 6.5. Отклонения от нормы могут снизить доступность питательных веществ для растений. Контроль pH осуществляется с помощью кислот и щелочей. Электропроводность (EC, Electrical Conductivity). Данный показатель отражает концентрацию растворенных солей в питательной среде. Он должен

находиться в пределах, оптимальных для конкретной культуры, чтобы избежать как недостатка, так и избытка питательных веществ. Освещенность. Гидропонные системы часто используют искусственное освещение (LED, HPS), обеспечивающее растениям необходимый спектр света. Интенсивность освещения должна соответствовать фотопериоду культуры, чтобы стимулировать активный рост [4-6].

Гидропонные технологии имеют ряд преимуществ перед традиционным почвенным земледелием, но также требуют тщательного управления и контроля. Рассмотрим их основные достоинства и ограничения.

Преимущества:

- Более высокая урожайность за счет точного контроля условий выращивания.
- Экономия воды и удобрений за счет их рециркуляции в системе.
- Возможность выращивания в неблагоприятных климатических условиях.
- Снижение риска заражения почвенными вредителями и болезнями.
- Автоматизация процесса выращивания, снижающая трудозатраты.

Недостатки:

- Высокая начальная стоимость оборудования и установки системы.
- Необходимость постоянного мониторинга параметров окружающей среды.
- Зависимость от стабильного электроснабжения для работы насосов и датчиков.
- Сложность технического обслуживания, включая контроль уровня кислорода и очистку трубопроводов.

Таким образом, гидропонные системы являются одним из перспективных направлений в сельском хозяйстве, обеспечивающее получение высоких урожаев [7-11].

Список источников

1. I. Yudaev, S. Mashkov, S. Vasilyev [et al.] Improvement of Technology of Electrical and Magnetic Stimulation of Seeds and Crop Plants // Handbook of Research on Energy-Saving Technologies for Environmentally-Friendly Agricultural Development. – Hershey, PA, USA : IGI Global, 2020. – P. 365-396. – DOI 10.4018/978-1-5225-9420-8.ch015.

2. Васильев С.И., Машков С.В., Сыркин В.А. Комплекс энергосберегающих элементов технологии выращивания овощных культур в контролируемых условиях // Вестник аграрной науки Дона. – Зерноград: РИО Донского ГАУ, 2020. – С. 10-19.

3. Разработка интенсивных электротехнологий и технических средств для цифрового сельского хозяйства : отчет о НИР (заключительн.); рук. Машков С.В.; исполн. Крючин П.В., Васильев С.И., Гриднева Т.С., Фатхутдинов М.Р., Нугманов С.С., Ишкин П.А., Сыркин В.А., Мокрицкий С.Н., Афонин А.Е., Бунтова Е.В., Мельникова Н.А., Моргунов Д.Н. Кинель, 2019. 67 с. № АААА-А19-119012490037-5.

4. Кочетов В.И., Сыркин В.А. Электротехника и электроника : методические указания для практических занятий. Кинель : Самарская государственная сельскохозяйственная академия, 2014. – 52 с.

5. Патент № 2699720 С1 Российская Федерация, МПК А01G 7/04. Устройство магнитной стимуляции растений : № 2018132780 : заявл. 14.09.2018 : опубл. 09.09.2019 / В. А. Сыркин, С. И. Васильев, П. В. Крючин [и др.] ; заявитель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Самарский государственный аграрный университет".

6. Патент № 2693743 С1 Российская Федерация, МПК А01С 1/02. Устройство для освещения и облучения ростков картофеля / В.А. Сыркин, С.В. Машков; заявитель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Самарский государственный аграрный университет" № 2018134337 : заявл. 01.10.2018 : опубл. 04.07.2019; Бюл. №19. – 6 с.

7. Энергосберегающие элементы электротехнологии и светокультуры растений, обеспечивающие перспективы развития АПК : монография / С. И. Васильев, С. В. Машков, В. А. Сыркин [и др.]. – Кинель : Самарский государственный аграрный университет, 2022. – 155 с.
8. Разработка интенсивных электротехнологий и технических средств для цифрового сельского хозяйства: отчет о НИР (заключительн.); рук. Машков С.В.; исполн. Крючин П.В., Васильев С.И., Гриднева Т.С., Фатхутдинов М.Р., Нугманов С.С., Ишкин П.А., Сыркин В.А., Мокрицкий С.Н., Афонин А.Е., Бунтова Е.В., Мельникова Н.А., Моргунов Д. Н. Кинель, 2019. 67 с. № АААА-А19-119012490037-5.
9. Сыркин, В. А. Исследование воздействия импульсного магнитного поля на семена пшеницы / В. А. Сыркин, Р. В. Киселев, С. С. Зотов // Вклад молодых ученых в аграрную науку : материалы Международной научно-практической конференции, Кинель, 18 апреля 2018 года. – Кинель: Самарская государственная сельскохозяйственная академия, 2018. –С. 263-267.
10. Совершенствование энергосберегающих способов электрофизического воздействия на семена и растения овощных культур, выращиваемых в защищенной среде : отчет о НИР (промежуточ.); рук. Васильев С.И. исполн. Машков С.В., Ишкин П.А., Фатхутдинов М.Р., Сыркин В.А., Крючин П.В., Гриднева Т.С., Моргунов Д.Н., Евсеев Е.А., Смолев К.С. Кинель, 2023. 162 с. № 123040300011-7.
11. Васильев С. И., Машков С. В., Гриднева Т. С., Кудряков Е. В. Обоснование характеристик электрического поля для повышения энергосбережения при выращивании овощных культур // Самара АгроВектор. 2022. Т. 2. № 2. С. 17-27. doi: 10.55170/29493536_2022_2_2_17.

References

1. I. Yudaev, S. Mashkov, S. Vasilyev, V. Syrkin [et al.] (2020) Improvement of Technology of Electrical and Magnetic Stimulation of Seeds and Crop Plants. *Handbook of Research on Energy-Saving Technologies for Environmentally-Friendly Agricultural Development*. – Hershey, PA, USA: IGI Global. – P. 365-396.
2. Vasiliev S. I., Mashkov S. V., Syrkin V. A. (2020). Complex of energy-saving elements of technology for growing vegetable crops under controlled conditions. *Bulletin of agrarian science of the Don*. - Zernograd: RIO Donskogo SAU. - (pp.10-19). (in Russ.).
3. Maschkov S.V., Vasiliev S.I., Kruchin, P.V. [et al] (2017) Development of intensive electrical technologies and technical means for digital agriculture. Research report, Kinel, 67, No. GR АААА-А19-119012490037-5 (in Russ).
4. Kochetov V. I., Syrkin V. A. (2014). Electrical engineering and electronics : guidelines for practical exercises – Kinel : Samara State Agricultural Academy. 52 p. (in Russ.).
5. Patent No. 2699720 C1, Russian Federation, IPC A01G 7/04. Device for Magnetic Stimulation of Plants : No. 2018132780 : filed on 14.09.2018 : published on 09.09.2019 / V. A. Syrkin, S. I. Vasilyev, P. V. Kryuchin [et al.] ; applicant: Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Samara State Agrarian University".(in Russ.).
6. Patent No. 2693743 C1 Russian Federation, IPC A01G 7/02. Device for lighting and irradiation of potato sprouts / V. A. Syrkin, S. V. Mashkov; applicant Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Samara State Agrarian University" No. 2018134337: application. 10/01/2018: publ. 07/04/2019; Bull. No. 19. – 6 s. (in Russ.).
7. Vasilyev, S.I., Mashkov, S.V. Syrkin V.A. [et al] (2022). Energy-saving elements of electrical technology and light culture of plants, providing prospects for the development of agriculture (in Russ.).
8. Maschkov S.V., Vasiliev S.I., Kruchin, P.V. [et al] (2019) Development of intensive electrical technologies and technical means for digital agriculture. Research report, Kinel, 67, no. GR АААА-А19-119012490037-5 (in Russ).
9. Syrkin, V. A. Research on the Effect of a Pulsed Magnetic Field on Wheat Seeds / V. A. Syrkin, R. V. Kiselev, and S. S. Zotov // Contribution of Young Scientists to Agricultural Science: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference, Kinel, April 18, 2018. – Kinel: Samara State Agricultural Academy, 2018. – Pp. 263-267.

10. Vasil'yev S.I., Maschkov S.V., Ischkin P.A., Fatkhutdinov M.R., Syrkin V.A., Kryuchin P.V., Gridneva T.S., Morgunov D.N., Evseev E.A., Smolev K.S. (2023). Development of a complex of energy-saving elements of technology for growing vegetable crops in conditions of high-tech cultivation facilities. *Research report*. (p. 162). Kinel. No. GR 123040300011-7 (in Russ).

11. Vasil'ev, S. I., Maschkov, S. V., Gridneva, T. S. & Kudryakov, E. V. (2022). Substantiation of the characteristics of the electric field to increase energy saving in growing vegetables. *Samara AgroVektor (Samara AgroVector)*, 2, 2, 17-27. (In Russ.). doi: 10.55170/29493536_2022_2_2_17.

Информация об авторах:

Сыркин В. А. – кандидат технических наук, доцент;

Додаев Н. А. – студент;

Андреев А. А. – студент.

Information about the authors:

Syrkin V. A. – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;

Dodaev N. A. – student;

Андреев А. А. – student.

Вклад авторов:

Сыркин В. А. – научное руководство;

Додаев Н. А. – написание статьи;

Андреев А. А. – написание статьи.

Contribution of the authors:

Syrkin V. A. – scientific management;

Dodaev N. A. – writing articles;

Андреев А. А. – writing articles.

Научная статья

УДК 633.262

СТИМУЛЯЦИЯ СЕМЯН МАГНИТНЫМ ПОЛЕМ

Никита Александрович Додаев¹, **Александр Андреевич Андреев**²,

Владимир Анатольевич Сыркин³

^{1,2,3} Самарский государственный аграрный университет, Кинель, Россия

¹dodaevna@icloud.com. <https://orcid.org/0009-0000-4054-0464>

²andreevsasa854@gmail.com. <https://orcid.org/0009-0007-9676-7319>

³sirkin_va@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2531-5423>

В статье рассматривается влияние магнитного поля на стимулирование семян, его влияние на скорость прорастания, рост и развитие растений. Приводятся основные методики обработки семян магнитным полем, анализируются механизмы действия магнитного поля на клеточные процессы и перспективы применения данного метода в сельском хозяйстве.

Ключевые слова: магнитное поле, стимуляция семян, всхожесть, агротехнологии, биостимуляция, урожайность, физиологические процессы, антиоксидантная активность, органическое земледелие.

Для цитирования: Додаев Н. А., Андреев А. А., Сыркин В. А. Стимуляция семян магнитным полем // Электрооборудование и электротехнологии в сельском хозяйстве: сб. науч. тр. Кинель : ИБЦ Самарского ГАУ, 2026. С. 84-88.

STIMULATION OF SEEDS WITH A MAGNETIC FIELD

Nikita A. Dodaev¹, Alexander A. Andreev², Vladimir A. Syrkin³

^{1,2,3} Samara State Agricultural University, Kinel, Russia

¹dodaevna@icloud.com. <https://orcid.org/0009-0000-4054-0464>

²andreevsasa854@gmail.com. <https://orcid.org/0009-0007-9676-7319>

³sirkin_va@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2531-5423>

The article examines the influence of magnetic field on seed stimulation, its influence on the rate of germination, growth and development of plants. The main methods of seed treatment with magnetic field are presented, the mechanisms of magnetic field action on cellular processes and the prospects for using this method in agriculture are analyzed.

Keywords: magnetic field, seed stimulation, germination, agricultural technologies, biostimulation, crop yield, physiological processes, antioxidant activity, organic farming.

For citation: Dodaev N. A., Andreev A. A. & Syrkin V. A. (2026). Stimulation of seeds with a magnetic field. Electrical equipment and electrical technologies in agriculture: collection of scientific papers. (pp. 84-88). Kinel : PLC Samara SAU (in Russ.)

Стимулирование семян магнитным полем является перспективной технологией в сельском хозяйстве, направленной на повышение всхожести, ускорение роста и повышение устойчивости растений к неблагоприятным условиям. Магнитное поле оказывает влияние на биохимические и физиологические процессы в клетках растений, что приводит к улучшению обмена веществ, активизации ферментных систем и увеличению энергообеспечения клеток [1,2].

Цель работы – повышение эффективности выращивания сельскохозяйственных культур за счет стимуляции семян магнитным полем.

Задача: рассмотреть сущность, способы и методы воздействия магнитного поля на семена сельскохозяйственных культур.

Метод магнитной обработки семян получил широкое распространение благодаря своей экологической безопасности, простоте реализации и отсутствию необходимости использования химических стимуляторов роста. Исследования показали, что воздействие магнитного поля на семена способствует повышению их прорастания, увеличению длины корневой системы и улучшению показателей фотосинтетической активности. В результате повышается стрессоустойчивость растений, а также их способность к адаптации в сложных климатических условиях [2].

Магнитное поле оказывает влияние на семена за счет изменения структуры молекул воды и ионов, что способствует улучшению водного баланса семени и ускорению процессов набухания. Оно также активизирует ферментативные системы, ускоряя гидролиз крахмала и других запасных веществ, что обеспечивает растения энергией на ранних этапах роста. Дополнительно магнитное воздействие увеличивает проницаемость клеточных мембран, что способствует лучшему поступлению воды и питательных веществ, а также влияет на метаболические процессы, активируя синтез белков и нуклеиновых кислот. Кроме того, магнитное поле способно влиять на молекулярные механизмы в ДНК растений, изменяя экспрессию генов, отвечающих за рост и устойчивость к стрессовым факторам. Некоторые исследования указывают на способность магнитного воздействия модулировать антиоксидантную активность клеток,

что снижает уровень окислительного стресса и повышает выживаемость проростков в неблагоприятных условиях [3-5].

Существует несколько способов магнитной обработки семян. При использовании постоянного магнитного поля семена помещают в магнитное поле стабильной интенсивности, что позволяет добиться равномерного воздействия. Вариант с переменным магнитным полем предполагает применение изменяющейся частоты и амплитуды, что позволяет активизировать физиологические процессы. Импульсное магнитное поле представляет собой кратковременное воздействие импульсов высокой интенсивности, что может значительно ускорять всхожесть. Наконец, существуют комбинированные методы, включающие магнитную обработку в сочетании с другими технологиями, такими как ультразвуковая обработка или воздействие инфракрасного излучения [6-11].

Длительность обработки, напряженность магнитного поля и частота воздействия могут варьироваться в зависимости от вида семян и их морфологических особенностей. Например, для зерновых культур оптимальными считаются частоты в диапазоне 50–100 Гц, тогда как для бобовых может потребоваться более интенсивное воздействие. Выбор параметров магнитного поля также зависит от цели обработки – ускорение прорастания, повышение устойчивости или стимуляция биохимических процессов.

Для оценки эффективности магнитного воздействия на семена анализируются такие показатели, как всхожесть семян, скорость прорастания, длина корней и стеблей. Кроме того, проводится биохимический анализ содержания хлорофилла, активности ферментов и уровня антиоксидантов. Также важно учитывать устойчивость проростков к различным стрессовым факторам, таким как засуха или дефицит питательных веществ. Методы контроля включают лабораторные исследования, где измеряются физиологические параметры растений, а также полевые испытания, позволяющие оценить эффективность технологии в реальных условиях выращивания. Особое внимание уделяется количественному анализу роста биомассы, эффективности фотосинтетической активности и оценке корневого питания растений.

Использование магнитного поля для стимуляции семян обладает рядом преимуществ. Оно экологично, поскольку не требует применения химических стимуляторов и не загрязняет окружающую среду. Кроме того, технология является экономичной и энергоэффективной. Метод подходит для обработки самых разных сельскохозяйственных культур и может значительно повысить урожайность. Дальнейшие исследования в этой области помогут определить оптимальные параметры воздействия и внедрить технологию на промышленных агропредприятиях.

Кроме повышения урожайности, метод магнитной стимуляции может использоваться для улучшения качества продукции. Например, у плодоовощных культур обработка семян магнитным полем может способствовать повышенному содержанию витаминов и антиоксидантов, что делает продукцию более ценной с точки зрения питания.

Еще одной перспективной областью является применение магнитного поля в органическом земледелии, где исключено использование химических стимуляторов роста. Данный метод может стать важной альтернативой традиционным агротехнологиям, снижая нагрузку на окружающую среду и повышая биологическую ценность выращиваемых культур.

Таким образом, магнитная стимуляция семян является одним из эффективных способов повышения урожайности сельскохозяйственных культур.

Список источников

1. I. Yudaev, S. Mashkov, S. Vasilyev [et al.] Improvement of Technology of Electrical and Magnetic Stimulation of Seeds and Crop Plants. Handbook of Research on Energy-Saving Technologies for Environmentally-Friendly Agricultural Development. – Hershey, PA, USA : IGI Global, 2020. – P. 365-396. – DOI 10.4018/978-1-5225-9420-8.ch015.

2. Сыркин, В.А., Гриднева Т.С., Ишкин П.А., Фатхутдинов М.Р. Устройство стимуляции семян импульсным магнитным полем [Текст] // Сельский механизатор. 2019. № 6. С. 28-29.
3. Сыркин, В. А., Киселев Р.В., Зотов С.С. Исследование воздействия импульсного магнитного поля на семена пшеницы // Вклад молодых ученых в аграрную науку : материалы Международной научно-практической конференции. – Кинель: Самарская государственная сельскохозяйственная академия, 2018. – С. 263-267.
4. Рамазанов Р.А., Сабиров Д.Х., Сыркин В.А. Воздействие магнитного поля на биологические объекты // Электрооборудование и электротехнологии в сельском хозяйстве : Сборник научных трудов по материалам II Всероссийской научно-практической конференции. Самара: Самарская государственная сельскохозяйственная академия, 2017. – С. 137-141.
5. Кочетов В.И., Сыркин В.А. Электротехника и электроника : методические указания для практических занятий. Кинель : Самарская государственная сельскохозяйственная академия, 2014. – 52 с.
6. Патент № 204352. Российская Федерация. МПК А 01С 1/00. Установка для предпосевной стимуляции семян; № 2021105476; заявлено 3.03.2021. опубликовано 21.05.2021 / Сыркин В.А., Васильев С.И., Ишкин П.А., Смолев К.С.; заявитель и патентообладатель Самарский государственный аграрный университет -, Бюл. № 15. – 6 с.
7. Патент № 222258. Российская Федерация. МПК А 01С 1/00. Установка для предпосевной стимуляции семян; № 2023120941; заявлено 10.08.2023 гопубликовано 15.12.2023 / Сыркин В.А., Машков С.В, Дозморов Н.Р., Солдаткина А.В.; заявитель и патентообладатель Самарский государственный аграрный университет, Бюл. № 35. – 8 с.
8. Патент № 2699720 С1 Российская Федерация, МПК А01G 7/04. Устройство магнитной стимуляции растений : № 2018132780 : заявл. 14.09.2018 : опубл. 09.09.2019 / В. А. Сыркин, С. И. Васильев, П. В. Крючин [и др.] ; заявитель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Самарский государственный аграрный университет".
9. Энергосберегающие элементы электротехнологии и светокультуры растений, обеспечивающие перспективы развития АПК : монография / С. И. Васильев, С. В. Машков, В. А. Сыркин [и др.]. – Кинель : Самарский государственный аграрный университет, 2022. – 155 с.
10. Разработка интенсивных электротехнологий и технических средств для цифрового сельского хозяйства: отчет о НИР (заключительн.); рук. Машков С.В.; исполн. Крючин П.В., Васильев С.И., Гриднева Т.С., Фатхутдинов М.Р., Нугманов С.С., Ишкин П.А., Сыркин В.А., Мокрицкий С.Н., Афонин А.Е., Бунтова Е.В., Мельникова Н.А., Моргунов Д. Н. Кинель, 2019. 67 с. № АААА-А19-119012490037-5.
11. Сыркин В. А., Машков С. В., Васильев С. И., Ишкин П. А. Исследование процесса дозирования семян в установке магнитной стимуляции // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 3. С. 14-20. doi: 10.55471/19973225_2022_7_3_14.

References

1. I. Yudaev, S. Mashkov, S. Vasilyev, V. Syrkin [et al.] (2020) Improvement of Technology of Electrical and Magnetic Stimulation of Seeds and Crop Plants. Handbook of Research on Energy-Saving Technologies for Environmentally-Friendly Agricultural Development. – Hershey, PA, USA : IGI Global. – P. 365-396.
2. Syrkin V. A., Gridneva T.S., Ishkin P.A., Fathutdinov M.R. (2019). Device for stimulating seeds with a pulsed magnetic field. Rural machine operator. №6. С. 28-29.
3. Syrkin V. A., Kiselev R.V., Zotov S.S. (2018). A study of the effect of pulsed magnetic fields on wheat seeds. The Contribution of Young Scientists to Agricultural Science: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference. Kinel: Samara State Agricultural Academy. С. 263-267.

4. Ramazanov R.A., Sabirov D.H., Syrkin V.A. (2017). The effect of a magnetic field on biological objects // Electrical equipment and electrical technologies in agriculture : A collection of scientific papers based on the materials of the II All-Russian Scientific and Practical Conference. Samara: Samara State Agricultural Academy. pp. 137-141.

5. Kochetov V.I., Syrkin V.A. (2014). Electrical engineering and electronics : guidelines for practical exercises – Kinel : Samara State Agricultural Academy. 52 p.

6. Patent No. 204352 C1 Russian Federation, IPC A 01C 1/00. Installation for presowing stimulation of seeds / V. A. Syrkin, S. I. Vasilyev [etc.]; applicant Federal State Budgetary Educational Institution of Higher 21.05.2021. Bull. No. 15. – 6 s.

7. Patent No. 222258 C1 Russian Federation, IPC A 01C 1/00. Installation for presowing stimulation of seeds / V. A. Syrkin, S.V. Mashkov [etc.]; applicant Federal State Budgetary Educational Institution of Higher 15.12.2023. Bull. No. 35. – 8 s.

8. Patent No. 2699720 C1, Russian Federation, IPC A01G 7/04. Device for Magnetic Stimulation of Plants : No. 2018132780 : filed on 14.09.2018 : published on 09.09.2019 / V. A. Syrkin, S. I. Vasilyev, P. V. Kryuchin [et al.] ; applicant: Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Samara State Agrarian University".

9. Vasilyev, S.I., Mashkov, S.V. Syrkin V.A. [et al] (2022). Energy-saving elements of electrical technology and light culture of plants, providing prospects for the development of agriculture (in Russ.).

10. Maschkov S.V., Vasiliev S.I., Kruchin, P.V. [et al] (2019) Development of intensive electrical technologies and technical means for digital agriculture. Research report, Kinel, 67, no. GR AAAA-A19-119012490037-5 (in Russ.).

11. Syrkin, V. A., Mashkov, S. V., Vasiliev, S. I. & Ishkin, P. A. (2022). Investigation of the process of dosing seeds by installation of magnetic stimulation. Izvestiia Samarskoi gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii (Bulletin Samara State Agricultural Academy), 3, 14-20. (In Russ.). doi: 10.55471/19973225_2022_7_3_14.

Информация об авторах:

Сыркин В. А. – кандидат технических наук, доцент;

Додаев Н. А. – студент;

Андреев А. А. – студент.

Information about the authors:

Syrkin V. A. – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;

Dodaev N. A. – student;

Андреев А. А. – student.

Вклад авторов:

Сыркин В. А. – научное руководство;

Додаев Н. А. – написание статьи;

Андреев А. А. – написание статьи.

Contribution of the authors:

Syrkin V. A. – scientific management;

Dodaev N. A. – writing articles;

Андреев А. А. – writing articles.

ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Лариса Владимировна Мокрицкая¹, Дмитрий Сергеевич Голованов²,
Татьяна Сергеевна Гриднева³

^{1,2,3}Самарский государственный аграрный университет, Кинель, Россия

¹mokritskaya-lv@samaraenergo.ru

²golovanov_d33@mail.ru

³t-grid@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0001-8413-170X>

В статье рассматривается значение предпосевной обработки семян для получения высоких и стабильных урожаев сельскохозяйственных культур. Приведен анализ трех основных способов обработки (химического, биологического и физического) с указанием их преимуществ и недостатков. Особое внимание уделено электрофизическим методам (воздействие электрическим полем, микроволновая обработка, плазма, электромагнитные волны, электросепарация, ультрафиолетовое излучение и озонирование), которые позволяют улучшить энергию прорастания, всхожесть, иммунитет растений и экологичность производства. Отмечена актуальность внедрения собственных электрофизических технологий в агропромышленный комплекс РФ в условиях санкционных ограничений. Показано, что применение данных методов повышает урожайность на 10-20%, снижает затраты на удобрения и средства защиты растений, а также не оставляет токсичных веществ в почве и воде.

Ключевые слова: предпосевная обработка, семена, электрофизические методы, стимуляция.

Для цитирования: Мокрицкая Л. В., Голованов Д. С., Гриднева Т. С. Применение электрофизических методов в сельском хозяйстве // Электрооборудование и электротехнологии в сельском хозяйстве: сб. науч. тр. Кинель : ИБЦ Самарского ГАУ, 2026. С. 89-93.

APPLICATION OF ELECTROPHYSICAL METHODS IN AGRICULTURE

Larisa V. Mokritskaya¹, Dmitry S. Golovanov², Tatiana S. Gridneva³

^{1,2}Samara State Agrarian University, Kinel, Russia

¹mokritskaya-lv@samaraenergo.ru

²golovanov_d33@mail.ru

³t-grid@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0001-8413-170X>

The article discusses the importance of pre-sowing seed treatment for obtaining high and stable crop yields. The analysis of three main processing methods (chemical, biological and physical) is given, indicating their advantages and disadvantages. Special attention is paid to electrophysical methods (exposure to an electric field, microwave treatment, plasma, electromagnetic waves, electrical separation, ultraviolet radiation and ozonation), which can improve germination energy, germination, plant immunity and environmental friendliness of production. The urgency of introducing proprietary electrophysical technologies into the agro-industrial complex of the Russian Federation in the context of sanctions restrictions is noted. It has been shown that the use of these methods increases yields by 10-20%, reduces the cost of fertilizers and plant protection products, and does not leave toxic substances in the soil and water.

Keywords: pre-sowing treatment, seeds, electrophysical methods, stimulation.

For citation: Mokritskaya L. V., Golovanov D. S. & Gridneva T. S. (2026). Application of electro-physical methods in agriculture. Electrical equipment and electrical technologies in agriculture: collection of scientific papers. (pp. 89-93). Kinel : PLC Samara SAU (in Russ.)

Одним из важнейших условий для получения высоких и стабильных урожаев сельскохозяйственных культур является высокое качество семенного материала и его предпосевная подготовка. Важным фактором предпосевной подготовки семян является стимуляция ростовых процессов, а также улучшение их способности противостоять болезням и вредителям [1-3].

Существуют три основных способа предпосевной обработки семян: химический, физический и биологический [4].

В настоящее время наиболее широкое применение получил химический способ обработки. Этот способ подразумевает под собой обработку семян регуляторами роста, микро и макроэлементами, и пестицидами. Но у этого способа есть недостатки, основным из которых является способность накапливать токсичные вещества растениями, животными и человеком что может привести к возникновению различных заболеваний.

К биологическому способу относят обработку семян с помощью гиперпаразитов и антагонистов в качестве врагов патогенных организмов. К основным недостаткам данного способа относят трудность дозирования препаратов, а также возможное аллергенное воздействие на живые организмы.

И, наконец, к физическим способам относят физико-механические, фотоэнергетические, радиационные и, собственно, электрофизические способы обработки семенного материала [5, 6].

Изучение и применение в сельском хозяйстве электрофизических методов обработки семян связано с тем что данные методы позволяют при наименьших затратах получить хороший урожай сельскохозяйственных культур с помощью улучшения условий роста и развития растений.

В задачу проведения исследований по влиянию электрофизических способов обработки на посевной материал входит выявление доз, вида и характера воздействий, вызывающих устойчивость к болезням и вредителям, а также увеличение степени выносливости к неблагоприятным факторам, укрепление растений, как на ранних этапах развития, так и в последующих периодах роста [7-10].

Необходимо отметить что в настоящее время, в связи с введением санкций против РФ и последующими за этим трудностями выражающимися в затруднении получения доступа к новым сельскохозяйственным технологиям, техническим новшествам и семенному материалу, особую актуальность приобретает внедрение в агропромышленный комплекс собственных новых и усовершенствование существующих электрофизических методов и средств управления сельскохозяйственными технологиями, создание на их основе информационно-управляющих систем, действующих на основе собственных механизмов регуляции живых организмов, воспроизводящих себя в процессах обмена с окружающей средой в соответствии с генетической программой, заложенной в них природой.

Электрофизические методы обработки семян получившие наибольшее распространение:

- воздействие электрического поля. Семена обрабатывают электрическим разрядом определённой силы размещая их в статических или переменных электрических и магнитных полях, либо в комбинированных электромагнитных полях. Этот метод улучшает энергию прорастания на 10-20%, увеличивает всхожесть, особенно у злаков, ускоряет рост корневой системы.

- микроволновая обработка и плазма. Эти методы используют для обработки семян перед посевом. Они позволяют дезинфицировать семена от патогенов (эффективность достигает 90%), стимулировать более равномерное прорастание, повысить устойчивость растений к грибковым заболеваниям.

- электромагнитные волны. Электромагнитное излучение определённой частоты может влиять на фотосинтез. Например, при обработке растений в вегетационный период наблюдается увеличение содержания хлорофилла, что напрямую повышает урожайность.

- сортировка семян с помощью электрического заряда. Электросепарация позволяет выделять семена самого высокого качества, основываясь на их электрофизических характеристиках. Такой подход обеспечивает однородность посевов и улучшает конечные показатели урожайности.

- обработка семян ультрафиолетовыми лучами. Этот метод используют для улучшения посевных качеств, ускорения роста, увеличения урожайности и уничтожения вредной микрофлоры, находящейся на плодовых и семенных оболочках.

Цели применения таких методов:

- увеличение урожайности. Различные исследования подтверждают, что применение электрофизических методов повышает урожайность на 10–20%. Это ярко заметно на культурах, которые требуют высокого качества посевного материала, таких как пшеница, кукуруза или подсолнечник.

- экологичность. Одно из главных преимуществ электрофизических методов для человека и окружающей среды состоит в том, что в отличие от химических препаратов, электрофизические методы не оставляют следов в почве и воде.

- экономия. С помощью электрофизических методов обработки семян можно достичь значительного сокращения расходов на удобрения и средства защиты растений.

- укрепление иммунитета растений. Растения, обработанные электрическими полями или электромагнитным излучением, лучше переносят засухи, заморозки и инфекционные заболевания, вследствие чего увеличивается выход конечной продукции.

Отдельным видом в электрофизических методах является озонирование семян. Данный способ обработки позволяет как обеззараживать, так и стимулировать ростовые процессы в семенах. Преимуществом применения данного способа является высокая производительность используемого оборудования, низкие затраты труда, экологичность и простота использования.

Список источников

1. Разработка интенсивных электротехнологий и технических средств для цифрового сельского хозяйства : отчет о НИР (заключительн.); рук. Машков С.В.; исполн. Крючин П.В., Васильев С.И., Гриднева Т.С., Фатхутдинов М.Р., Нугманов С.С., Ишкин П.А., Сыркин В.А., Мокрицкий С.Н., Афонин А.Е., Бунтова Е.В., Мельникова Н.А., Моргунов Д.Н. Кинель, 2019. 67 с. № АААА-А19-119012490037-5.

2. Разработка комплекса энергосберегающих элементов технологии выращивания овощных культур в условиях культивационных сооружений : отчет о НИР (заключительн.); рук. Васильев С.И., исполн. Васильев С.И., Машков С.В., Фатхутдинов М.Р., Сыркин В.А., Гриднева Т.С., Ишкин П.А., Крючин П.В., Котов Д.Н., Ракитина В.В., Моргунов Д.Н. – Кинель, 2020. – 156 с. – № ГР АААА-А20-120013190050-0.

3. Gridneva T.S., Mashkov S.V., Syrkin V.A., Vasilyev S.I. Studying the effect of electrohydraulically treated soil solutions on plant growth and development // Bio Web of Conferences. International Scientific-Practical Conference «Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources» (FIES 2020). 2020. P. 62-71. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20202700062>.

4. Энергосберегающие элементы электротехнологии и светокультуры растений, обеспечивающие перспективы развития АПК : монография / С.И. Васильев, С. В. Машков, В.А. Сыркин [и др.]. – Кинель : Самарский государственный аграрный университет, 2022. – 155 с.

5. Yudaev I.V, Mashkov S.V, Vasilyev S.V. [et al.]. Improvement of Technology of Electrical and Magnetic Stimulation of Seeds and Crop Plants // Handbook of Research on Energy-Saving Technologies for Environmentally-Friendly Agricultural Development. Hershey, PA, USA : IGI Global, 2020. P. 365-396.

6. Рязанов А.В., Гриднева Т.С., Нугманов С.С. Применение электрофизических способов для повышения эффективности выращивания сельскохозяйственных культур // Инновационные достижения науки и техники АПК : сб. науч. тр. Кинель : РИО СГСХА, 2018. С. 379-381.

7. Совершенствование энергосберегающих способов электрофизического воздействия на семена и растения овощных культур, выращиваемых в защищенной среде : отчет о НИР (промежуточ.); рук. Васильев С.И. исполн. Машков С.В., Ишкин П.А., Фатхутдинов М.Р., Сыркин В.А., Крючин П.В., Гриднева Т.С., Моргунов Д.Н., Евсеев Е.А., Смолев К.С. Кинель, 2023. 162 с. № 123040300011-7.

8. Васильев С.И., Машков С.В., Сыркин В.А. Комплекс энергосберегающих элементов технологии выращивания овощных культур в контролируемых условиях // Вестник аграрной науки Дона. – Зерноград: РИО Донского ГАУ, 2020. – С. 10-19.

9. Рамазанов Р.А., Сабиров Д.Х., Сыркин В.А. Воздействие магнитного поля на биологические объекты // Электрооборудование и электротехнологии в сельском хозяйстве : Сборник научных трудов по материалам II Всероссийской научно-практической конференции. Самара: Самарская государственная сельскохозяйственная академия, 2017. – С. 137-141.

10. Васильев С. И., Машков С. В., Гриднева Т. С., Кудряков Е. В. Обоснование характеристик электрического поля для повышения энергосбережения при выращивании овощных культур // Самара АгроВектор. 2022. Т. 2. № 2. С. 17-27. doi:10.55170/29493536_2022_2_2_17.

References

1. Maschkov S.V., Vasiliev S.I., Kryuchin, P.V. [et al] (2017). Development of intensive electrical technologies and technical means for digital agriculture. Research report, Kinel, 67, No. GR AAAA-A19-119012490037-5 (in Russ).

2. Gridneva T.S., Mashkov S.V., Syrkin V.A. & Vasilyev S.I. (2020). Studying the effect of electrohydraulically treated soil solutions on plant growth and development. *Bio Web of Conferences. International Scientific-Practical Conference «Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources» (FIES 2020)*, 62-71. <https://doi.org/10.1051/bio-conf/20202700062>.

3. Gridneva T.S. & Nugmanov S.S. (2016). *Automation of the crusher loading process. Aktual'nyye problemy agrarnoy nauki i puti ikh resheniya : sb. nauch. tr. (Actual problems of agrarian science and ways to solve them: sat. scientific tr.)*. (pp. 313-315). Kinel (in Russ.)

4. Vasilyev, S.I., Mashkov, S.V. Syrkin V.A. [et al] (2022). Energy-saving elements of electrical technology and light culture of plants, providing prospects for the development of agriculture (in Russ.).

5. Yudaev I., Mashkov S., Vasilyev S. [et al.] (2020). Improvement of Technology of Electrical and Magnetic Stimulation of Seeds and Crop Plants. *Handbook of Research on Energy-Saving Technologies for Environmentally-Friendly Agricultural Development*. 2020, 365-396.

6. Ryazanov A.V., Gridneva, T. S. & Nugmanov S. S. (2018). The use of electrophysical methods to increase the efficiency of growing crops. *Innovacionnye dostizheniya nauki i tekhniki APK : sb. nauch. tr. (Innovative achievements of science and technology of the agro-industrial complex : collection of scientific works)*. (pp. 379-381). Kinel (in Russ.).

7. Vasil'yev S.I., Maschkov S.V., Ischkin P.A., Fatkhutdinov M.R., Syrkin V.A., Kryuchin P.V., Gridneva T.S., Morgunov D.N., Evseev E.A., Smolev K.S. (2023). Development of a complex of energy-saving elements of technology for growing vegetable crops in conditions of high-tech cultivation facilities. *Research report*. (p. 162). Kinel. No. GR 123040300011-7 (in Russ).

8. Vasiliev S.I., Mashkov S.V., Syrkin V.A. (2020). Complex of energy-saving elements of technology for growing vegetable crops under controlled conditions // *Bulletin of agrarian science of the Don*. - Zernograd: RIO Donskogo SAU. - (pp.10-19). (in Russ.).

9. Ramazanov, R.A. The effect of a magnetic field on biological objects / R.A. Ramazanov, D.H. Sabirov, V.A. Syrkin // *Electrical equipment and electrical technologies in agriculture : A collection of scientific papers based on the materials of the II All-Russian Scientific and Practical Conference*. Samara: Samara State Agricultural Academy, 2017. pp. 137-141.

10. Vasil'ev, S. I., Maschkov, S. V., Gridneva, T. S. & Kudryakov, E. V. (2022). Substantiation of the characteristics of the electric field to increase energy saving in growing vegetables. Samara AgroVektor (Samara AgroVector), 2, 2, 17-27. (In Russ.). doi: 10.55170/29493536_2022_2_2_17.

Информация об авторах:

Мокрицкая Л. В. – магистрант;

Голованов Д. С. – магистрант;

Гриднева Т. С. – кандидат технических наук, доцент.

Information about the authors

Mokritskaya L. V. – master's student;

Golovanov D. S. – master's student;

Gridneva T. S. – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor.

Вклад авторов:

Мокрицкая Л. В. – написание статьи;

Голованов Д. С. – написание статьи;

Гриднева Т. С. – научное руководство.

Contribution of the authors

Mokritskaya L. V. – article writing;

Golovanov D. S. – writing articles;

Gridneva T. S. – scientific management.

СОДЕРЖАНИЕ

ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ И АВТОМАТИЗАЦИЯ АПК

Дикуща И. А. Классификация промышленных роботов	3
Тургулин И. А., Петров С. И., Гриднева Т. С. Использование солнечной энергии для теплоснабжения сельскохозяйственных потребителей	8
Нефедов Р. В., Радченко С. С., Сыркин В. А. Разработка электрической схемы автоматизированной гидропонной установки	12
Дорофеев А. С., Сыркин В. А. Разработка структуры автоматизированного пчеловодческого комплекса	16

ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ В АПК

Дик И. И. Частотные преобразователи переменного тока в агропромышленном комплексе	20
Ванюшкин В. А., Гриднева Т. С. Шаговые электродвигатели	25
Донских В. А., Моргунов Д. Н. Современное производство светодиодных светильников	29

ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ В АПК

Ворламов И. А., Тесленко С. В., Васильев С. И. Анализ характеристик современных фитосветильников	34
Андреев А. А., Ворламов И. А., Васильев С. И. Исследование устройств для комбинированного освещения растений	39
Егоренков М. А., Козырев А. Н., Васильев С. И. Обзор светильников для освещения картофелехранилищ	44
Додаев Н. А., Бирюков В. А., Васильев С. И. Обзор биомодулей и фитоустановок для производства плодоовощной продукции	50
Голованов Д. С., Румянцев А. Р., Гриднева Т. С. Обзор устройств для сортировки семян в электрическом поле	56
Денисова В. С., Сыркин В. А. Влияние магнитного поля на семена овощных культур	60
Денисов И. С., Сыркин В. А. Влияние электромагнитного поля на семена зерновых культур	64
Рафиков Д. И., Габидуллин В. В., Гриднева Т. С. Сравнительный анализ систем управления поливом в гидропонных установках закрытого типа	68
Рафиков Д. И., Габидуллин В. В., Гриднева Т. С. Энергосбережение при замене дискретного включения светильников на плавное диммирование в установках закрытого грунта	74
Додаев Н. А., Андреев А. А., Сыркин В. А. Виды и особенности функционирования гидропонных систем	80
Додаев Н. А., Андреев А. А., Сыркин В. А. Стимуляция семян магнитным полем ...	84
Мокрицкая Л. В., Голованов Д. С., Гриднева Т. С. Применение электрофизических методов в сельском хозяйстве	89

Научное издание

ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ
И ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ
В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Сборник научных трудов
XI студенческой научно-практической конференции

11 декабря 2025 г.

Подписано в печать 01.06.2026. Формат 60×84/8
Усл. печ. л. 11,05; печ. л. 11,88
Тираж 500. Заказ № 136.

Издательско-библиотечный центр Самарского ГАУ
446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2
Тел.: 8 939 754 04 86 доб. 608
E-mail: ssaariz@mail.ru