

Усовершенствование СВЧ-устройства для сушки абрикосов и ядер подсолнечника

Елена Наильевна Ахмедьянова¹,
старший преподаватель, e-mail: karinlen@mail.ru;
Владимир Федорович Сторчевой²,
доктор технических наук, профессор;
Сергей Николаевич Редников²,
доктор технических наук, доцент

¹Гжельский государственный университет, Московская обл., Раменский р-он, пос. Электроизолятор, Российская Федерация;

²Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Российская Федерация

Реферат. Повышение эффективности и уменьшение времени консервации продуктов методом сушки требует совершенствования установок влагоудаления. Одним из методов повышения эффективности служит комбинация конвективной сушки с подводом сверхвысокочастотного излучения и оптимизация режимов работы установки. (Цель исследования) Разработать метод снижения энергетических затрат при модернизации сушильных установок с комбинированным подводом энергии. Оценить эффективность применения разработки для установок сушки сельскохозяйственной продукции. (Материалы и методы) Разработали и реализовали для повышения эффективности влагоудаления проект модернизации сверхвысокочастотной установки «Бархан», как наиболее универсальной из серийных установок. Определили, что изначально установки этого типа оснащаются ленточным конвейером транспортировки высушиваемой продукции и системы регенерации тепла не имеют. Показали, что сверхвысокочастотная установка «Бархан» применяется в различных отраслях от сушки семян подсолнечника, овощей до кормов для животных. Создали на базе установки «Бархан» конструкцию, сочетающую достоинства конвекционных сушилок и систем со сверхвысокочастотным подводом энергии. Интегрировали в конструкцию регенеративный вращающийся теплоутилизатор для регенерации тепловой энергии, который сочетал в себе функции теплообменного устройства регенеративного действия с теплоаккумулирующей насадкой и вентилятора. Реализовали дополнительно с целью интенсификации влагоудаления периодический подвод тепла в зоне сверхвысокочастотного нагрева путем регулирования системы транспортировки. Выполнили расчет режимных параметров методом математического моделирования. Использовали в качестве высушиваемого материала ядра подсолнечника и мякоть абрикосов, как вещества со значительно отличающимся начальным влагосодержанием. (Результаты и обсуждение) Предложили и реализовали для повышения эффективности процесса влагоудаления системы регенерации тепловой энергии систему транспортировки, обеспечивающую осциллирующий подвод энергии. Установили, что применение осциллирующего режима сушки с регенерацией тепла позволило уменьшить энергопотребление на производство единицы продукции на 6,5 киловатт при энергетических затратах 70 киловатт. (Выводы) Выявили, что повысить энергоэффективность сверхвысокочастотного устройства влагоудаления можно, используя регенерацию отводимой тепловой энергии при пульсирующем подводе энергии.

Ключевые слова: СВЧ, магнетрон, сушка, теплообмен, технологический процесс, теплоноситель.

Для цитирования: Ахмедьянова Е.Н., Сторчевой В.Ф., Редников С.Н. Усовершенствование СВЧ-устройства для сушки абрикосов и ядер подсолнечника // *Электротехнологии и электрооборудование в АПК*. 2023. Т. 70. N4(53). С. 3-8. DOI: 10.22314/2658-4859-2023-70-4-3-8. EDN: YKUEOO.

Improvement of the Microwave Device for Drying Apricots and Sunflower Kernels

Elena N. Akhmed'yanova¹,
senior lecturer, e-mail: karinlen@mail.ru;
Vladimir F. Storchevoy²,
Dr.Sc.(Eng.), professor;
Sergey N. Rednikov²,
Dr.Sc.(Eng.), associate professor

¹Gzhel State University, Moscow region Ramensky district s. Electroizolyator, Russian Federation;

²Russian State Agrarian University-Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. Increasing the efficiency and reducing the time of preservation of products by drying requires improvement of moisture removal plants. One of the methods of increasing efficiency is a combination of convective drying with the supply of ultra-high-frequency radiation and optimization of the operating modes of the installation. (Research purpose) The research purpose is developing a method for reducing energy costs during the modernization of drying plants with combined energy supply, evaluating the effectiveness of the development for drying agricultural products. (Materials and methods) Developed and implemented a modernization project for the ultrahigh frequency installation «Barkhan», as the most versatile of the serial installations, to increase the efficiency of moisture removal. It was determined that initially installations of this type are equipped with a belt conveyor for transporting dried products and do not have a heat recovery system. It was shown that the ultra-high-frequency installation «Barkhan» is used in various industries from drying sunflower seeds, vegetables to animal feed. We have created a design based on the Barkhan installation that combines the advantages of convection dryers and systems with ultra-high-frequency energy supply. A regenerative rotating heat exchanger for the regeneration of thermal energy was integrated into the design, which combined the functions of a regenerative heat exchange device with a heat accumulating nozzle and a fan. Additionally, in order to intensify moisture removal, a periodic heat supply was implemented in the ultrahigh-frequency heating zone by regulating the transportation system. The calculation of the operating parameters was carried out by the method of mathematical modeling. Sunflower kernels and apricot pulp were used as dried material, as substances with significantly different initial moisture content. (Results and discussion) In order to increase the efficiency of the moisture removal process, a thermal energy regeneration system and a transportation system providing an oscillating energy supply were proposed and implemented. It was found that the use of an oscillating drying mode with heat recovery allowed to reduce energy consumption for the production of a unit of production by 6.5 kilowatts at an energy cost of 70 kilowatts. (Conclusions) It was revealed that it is possible to increase the energy efficiency of an ultra-high-frequency moisture removal device by using the regeneration of the heat energy withdrawn, with a pulsating energy supply.

Keywords: microwave, magnetron, drying, heat exchange, technological process, heat carrier.

For citation: Akhmed'yanova E.N., Storchevoy V.F., Rednikov S.N. Uovershenstvovanie SVCh-ustroystva dlya sushki abrikosov i yader podsolnechnika [Improvement of the microwave device for drying apricots and sunflower kernels]. *Elektrotekhnologii i elektrooborudovanie v APK*. 2023. Vol. 70. N4(53). 3-8 (In Russian). DOI: 10.22314/2658-4859-2023-70-4-3-8. EDN: YKUEOO.

УДК 628.931

EDN: QJLARA

DOI: 10.22314/2658-4859-2023-70-4-9-13

Осветительный прибор повышенной концентрации светового потока для обеспечения качества освещения продольной составляющей

Татьяна Александровна Широбокова,

кандидат технических наук, доцент, e-mail: 9048336842@mail.ru

Удмуртский государственный аграрный университет, г. Ижевск, Российская Федерация

Реферат. Один из основных потребителей электроэнергии при выращивании и содержании всех видов животных – освещение, на долю которого приходится до 15 процентов затрат электроэнергии. Система освещения оказывает влияние на физиологию животных, а именно стимулирует их рост, развитие и резистентность. С учетом Федерального закона Российской Федерации № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» необходимо решать проблему энергосбережения, развивать новые электротехнологии и использовать последние научные достижения для повышения эффективности сельскохозяйственного производства. (Цель исследования) Разработать осветительный прибор повышенной концентрации светового потока в продольной составляющей. (Материалы и методы) Показали один из вариантов прогрессивных научно-технических разработок. Представили полученный патент на полезную модель, ее отличительная особенность заключается в наличии отражателей, закрепленных к профилю под углом, который может меняться, обеспечивая заданный уровень интенсивности и равномерности освещения продольных горизонтальных зон рабочей поверхности помещения. (Результаты и обсуждение) Определили схемное решение осветительного прибора, его параметры и отличительные особенности схемного решения. (Выводы) Показали, что разработанная схема питания способствует снижению коэффициента мощности, поддержанию и контролю тока в микросхеме, увеличивая при этом срок службы светодиодов, а также минимизации пульсации светового потока, обеспечивая благоприятную среду обитания для животных. Констатировали, что предложенная конструкция светодиодного осветительного устройства светильника приведет к снижению энергопотребления, повышению эффективности использования электрической энергии и соответственно к повышению продуктивности животноводства.

Ключевые слова: конструкция осветительного прибора, освещение, светодиод, система освещения.

Для цитирования: Широбоква Т.А. Осветительный прибор повышенной концентрации светового потока для обеспечения качества освещения продольной составляющей // *Электротехнологии и электрооборудование в АПК*. 2023. Т. 70. N4(53). С. 9-13. DOI: 10.22314/2658-4859-2023-70-4-9-13. EDN: QJLARA.

Lighting Device of Increased Concentration of Luminous Flux Ensuring the Quality of Illumination of the Longitudinal Component

Tat'yana A. Shirobokova,

Ph.D.(Eng.), associate professor, e-mail: 9048336842@mail.ru

Udmurt State Agricultural University, Izhevsk, Russian Federation

Abstract. One of the main consumers of electricity in the cultivation and maintenance of all types of animals is lighting, which accounts for up to 15% of electricity consumption. The lighting system has an impact on the physiology of animals, namely, it stimulates their growth, development and resistance. Taking into account Federal Law of the Russian Federation No. 261-FZ «On Energy Conservation and on Increasing Energy Efficiency and on Amendments to Certain Legislative Acts of the Russian Federation», it is necessary to solve the problem of energy conservation, develop new electrical technologies and use the latest scientific achievements to improve the efficiency of agricultural production. (Research purpose) The research purpose is developing a lighting device with an increased concentration of luminous flux in the longitudinal component. (Materials and methods) They showed one of the variants of progressive scientific and technical developments. A patent for a utility model was submitted, its distinctive feature is the presence of reflectors fixed to the profile at an angle that can change, providing a given level of intensity and uniformity of illumination of the longitudinal horizontal zones of the working surface of the room. (Results and discussion) The schematic solution of the lighting device, its parameters and the distinctive features of the schematic solution were determined. (Conclusions) It was shown that the developed power supply scheme helps to reduce the power factor, maintain and control the current in the chip, while increasing the service life of LEDs, as well as minimizing the pulsation of the luminous flux, providing a favorable habitat for animals. It was stated that the proposed design of the light-diode lighting device of the lamp will lead to a reduction in energy consumption, an increase in the efficiency of the use of electrical energy and, accordingly, to an increase in the productivity of animal husbandry.

Keywords: lighting device design, lighting, led, lighting system.

For citation: Shirobokova T.A. Osvetitel'nyy pribor povyshennoy kotsentratsii svetovogo potoka dlya obespecheniya kachestva osveshcheniya prodol'noy sostavlyayushchey [Lighting device of increased concentration of luminous flux ensuring the quality of illumination of the longitudinal component]. *Elektrotekhnologii i elektrooborudovanie v APK*. 2023. Vol. 70. N4(53). 9-13 (In Russian). DOI: 10.22314/2658-4859-2023-70-4-9-13. EDN: QJLARA.

УДК 621.3.048 EDN: YZWJZC

DOI: 10.22314/2658-4859-2023-70-4-14-21

Диагностика главной изоляции распределительных трансформаторов по напряжению саморазряда

Александр Сергеевич Серебряков,

доктор технических наук, профессор;

Дмитрий Александрович Семенов,

кандидат технических наук, доцент;

Дмитрий Евгеньевич Дулепов,

кандидат технических наук, доцент;

Владимир Леонидович Осокин,

кандидат технических наук, доцент;

Евгений Александрович Сбитнев,

старший преподаватель, e-mail: vgenij.sbitnev@yandex.ru

Нижегородский государственный инженерно-экономический университет, г. Княгинино, Нижегородская область, Российская Федерация

Реферат. Силовые трансформаторы высокого напряжения служат одними из важнейших элементов передающих и распределительных сельскохозяйственных энергетических систем. Трансформаторы, как и другое электрооборудование, могут нормально работать лишь с исправной изоляцией. В процессе эксплуатации из-за увлажнения, перегрева, динамических нагрузок и перенапряжения происходит общее старение изоляции, то есть ухудшение ее физико-химических характеристик. Для безаварийной работы силовых масляных трансформаторов их изоляция должна быть надежной. (Цель исследования) Разработать метод для контроля состояния изоляции и оценки оставшегося ресурса по измерению напряжения саморазряда. (Материалы и методы) Определили, что эффективным методом контроля главной изоляции трансформаторов будут методы, основанные на явлении абсорбции. Установили, что один из методов обнаружения и оценки протекающего в электрической изоляции процесса абсорбции – это метод измерения напряжения саморазряда, который практически не подвержен промышленным помехам и дает объективную оценку состояния главной изоляции трансформаторов, состоящей из нескольких слоев. Описали разработанное авторами устройство диагностики электрической изоляции УДЭИ-1, позволяющее измерять напряжение саморазряда и возвратное напряжение. (Результаты и обсуждение) Привели полученные экспериментальные зависимости напряжения саморазряда от времени при испытании главной изоляции распределительных трансформаторов с разными сроками эксплуатации. Показали, что кривые напряжения саморазряда изоляции трансформаторов с разными сроками эксплуатации могут быть аппроксимированы суммой трех экспонент, затухающих с разными скоростями. Выявили, что по соотношению параметров этих экспонент можно судить о состоянии главной изоляции трансформаторов. (Выводы) Предложили формулу для определения израсходованного ресурса и оставшегося срока службы изоляции. Констатировали, что описанное устройство и предлагаемая методика позволяют повысить надежность работы систем электроснабжения.

Ключевые слова: диагностика изоляции трансформаторов, старение электрической изоляции, поддержание надежности работы изоляции, срок службы изоляции, оценка состояния изоляции, оставшийся ресурс работы, израсходованный ресурс, напряжение саморазряда, контроль состояния изоляции.

Для цитирования: Серебряков А.С., Семенов Д.А., Дулепов Д.Е., Осокин В.Л., Сбитнев Е.А. Диагностика главной изоляции распределительных трансформаторов по напряжению саморазряда // *Электротехнологии и электрооборудование в АПК*. 2023. Т. 70. N4(53). С. 14-21. DOI: 10.22314/2658-4859-2023-70-4-14-21. EDN: YZWJZC.

Diagnostics of the Main Isolation of Distribution Transformers by Self-Discharge Voltage

Aleksandr S. Serebryakov,

Dr.Sc.(Eng.), professor;

Dmitriy A. Semenov,

Ph.D.(Eng.), associate professor;

Dmitriy E. Dulepov,

Ph.D.(Eng.), associate professor;

Vladimir L. Osokin,

Ph.D.(Eng.), associate professor;

Evgeniy A. Sbitnev,

chief lecturer, e-mail: evgenij.sbitnev@yandex.ru

Nizhny Novgorod State University of Engineering and Economics, Knyaginino, Nizhny Novgorod region, Russian Federation

Abstract. High-voltage power transformers are one of the most important elements of transmitting and distributing agricultural energy systems. Transformers, like other electrical equipment, can operate normally only with good insulation. During operation, due to humidification, overheating, dynamic loads and overvoltage, there is a general aging of the insulation, that is, deterioration of its physico-chemical characteristics. For trouble-free operation of power oil transformers, their insulation must be reliable. (Research purpose) The research purpose is developing a method for monitoring the insulation condition and estimating the remaining resource for measuring the self-discharge voltage. (Materials and methods) It was determined that an effective method of controlling the main insulation of transformers will be methods based on the phenomenon of absorption. It has been established that one of the methods for detecting and evaluating the absorption process occurring in electrical insulation is a method for measuring the self-discharge voltage, which is practically not subject to industrial interference and provides an objective assessment of the state of the main insulation of transformers, consisting of several layers. A device developed by the authors for diagnosing electrical insulation UDEI-1, which allows measuring self-discharge voltage and return voltage, is described. (Results and discussion) The obtained experimental dependences of the self-

discharge voltage on time when testing the main insulation of distribution transformers with different service life are given. It has been shown that the voltage curves of the self-discharge insulation of transformers with different service life can be approximated by the sum of three exponentials decaying at different speeds. It was found that the ratio of the parameters of these exponents can be used to judge the state of the main insulation of transformers. (Conclusions) Proposed a formula for determining the expended resource and the remaining life of the insulation. It was stated that the described device and the proposed technique will improve the reliability of power supply systems.

Keywords: diagnostics of transformer insulation, aging of electrical insulation, maintenance of insulation reliability, insulation service life, assessment of insulation condition, remaining service life, spent resource, self-discharge voltage, insulation condition monitoring.

For citation: Serebryakov A.S., Semenov D.A., Dulepov D.E., Osokin V.L., Sbitnev E.A. Diagnostika glavnoy izolyatsii raspredelitel'nykh transformatorov po napryazheniyu samorazryada [Diagnostics of the main isolation of distribution transformers by self-discharge voltage]. *Elektrotekhnologii i elektrooborudovanie v APK*. 2023. Vol. 70. N4(53). 14-21 (In Russian). DOI: 10.22314/2658-4859-2023-70-4-14-21. EDN: YZWJZC.

УДК 621.315.1:621.3.027.2 EDN: LHIRSK

DOI: 10.22314/2658-4859-2023-70-4-22-29

Анализ конфигурации электрических сетей 0,4 кВ Орловской области

Александр Владимирович Виноградов,

доктор технических наук, доцент, главный научный сотрудник,

e-mail: winaleksandr@gmail.com;

Александр Александрович Лансберг,

специалист;

Алина Васильевна Виноградова,

кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник

Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Российская Федерация

Реферат. В настоящее время в работах отечественных и зарубежных ученых исследуются варианты построения низковольтных электрических сетей по различным типам конфигурации. При этом статистические данные по конфигурации существующих сельских электрических сетей 0,4 киловольт в литературе почти не представлены. (Цель исследования) Проанализировать конфигурации сельских электрических сетей 0,4 киловольт, подключенных к ним потребителей и типы используемых проводов на примере Орловской области. (Материалы и методы) Выполнили анализ 406 поопорных схем воздушных линий электропередачи 0,4 киловольт Орловского района электрических сетей электросетевой организации филиала ПАО «Россети Центр»-«Орелэнерго», запитанных от подстанций 35/10 киловольт «Шепино», 35/10 киловольт «Путимец», 35/10 киловольт «Жилевская», 35/10 киловольт «Бакланово», 110/10 киловольт «Альшанская». Привели удельные показатели по конфигурации сельских электрических сетей 0,4 киловольт. (Результаты и обсуждение) Выявили, что согласно нормам ПАО «Россети» и правилам устройства электроустановок по допустимой протяженности до наиболее удаленной точки 500 метров соответствуют всего 47 процентов линий в количестве 190 единиц из проанализированных 406 линий. Установили по результатам анализа, что к рассмотренным линиям подключено 4617 потребителей. Определили, что наиболее многочисленную группу – 85 процентов от общего количества потребителей – составляют частные жилые дома – 3919 единиц. (Выводы) Показали, что среди проанализированных 340,632 километров линий электропередачи 0,4 киловольт всего 18,99 километров (6 процентов) соответствуют нормативным требованиям правил устройства электроустановок по сечению используемых проводников на магистралях.

Ключевые слова: сельские электрические сети, конфигурация электрической сети, потребители, протяженность электрической сети, голые провода, самонесущие изолированные провода.

Для цитирования: Виноградов А.В., Лансберг А.А., Виноградова А.В. Анализ конфигурации электрических сетей 0,4 кВ Орловской области // *Электротехнологии и электрооборудование в АПК*. 2023. Т. 70. N4(53). С. 22-29. DOI: 10.22314/2658-4859-2023-70-4-22-29. EDN: LHIRSK.

Analysis of the Configuration of 0.4 kv Electrical Grids of the Orel Region

Aleksandr V. Vinogradov,

Dr.Sc.(Eng.), associate professor, e-mail: winaleksandr@gmail.com;

Aleksandr A. Lansberg,
specialist;
Alina V. Vinogradova,
Ph.D.(Eng.), leading researcher

Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation

Abstract. Currently, the works of domestic and foreign scientists are exploring options for building low-voltage electrical networks according to various types of configuration. At the same time, statistical data on the configuration of existing rural power grids of 0.4 kilovolts are almost not presented in the literature. (Research purpose) The research purpose is analyzing the configurations of rural power grids of 0.4 kilovolts, consumers connected to them and the types of wires used on the example of the Oryol region. (Materials and methods) The analysis of 406 supporting circuits of 0.4 kilovolt overhead power transmission lines of the Oryol district of electric networks of the power grid organization of the branch of PJSC Rosseti Center-Orelenergo, powered from substations 35/10 kilovolt Shepino, 35/10 kilovolt Putimets, 35/10 kilovolt Zhilyaevskaya, 35/10 kilovolt Baklanovo, 110/10 kilovolt Alshanskaya. Specific indicators for the configuration of rural power grids of 0.4 kilovolts were given. (Results and discussion) It was found that according to the norms of PJSC ROSSETI and the rules for the installation of electrical installations along the permissible length to the most remote point of 500 meters, only 47 percent of the lines in the amount of 190 units correspond to 406 of the analyzed lines. Based on the results of the analysis, it was established that 4617 consumers were connected to the considered lines. It was determined that the largest group – 85 percent of the total number of consumers – are private residential buildings – 3919 units. (Conclusions) It was shown that among the analyzed 340.632 kilometers of 0.4 kilovolt power transmission lines, only 18.99 kilometers (6 percent) comply with the regulatory requirements of the rules for the installation of electrical installations according to the cross section of the conductors used on the highways.

Keywords: rural power grids, configuration of the power grid, consumers, length of the power grid, bare wires, self-supporting insulated wires.

For citation: Vinogradov A.V., Lansberg A.A., Vinogradova A.V. Analiz konfiguratsii elektricheskikh setey 0,4 kV Orlovskoy oblasti [Analysis of the configuration of 0.4 kv electrical grids of the Orel region]. *Elektrotekhnologii i elektrooborudovanie v APK*. 2023. Vol. 70. N4(53). 22-29 (In Russian). DOI: 10.22314/2658-4859-2023-70-4-22-29. EDN: LHIRSK.

УДК 621.316.1.05: 621.316.12: 621.316.15 EDN: JTJQHA
DOI: 10.22314/2658-4859-2023-70-4-30-39

Обзор и результаты лабораторных исследований резонансной системы передачи электрической энергии

Виталий Олегович Акуличев¹,
заместитель генерального директора;
Валерий Викторович Микрюков¹,
руководитель дирекции;
Александр Александрович Пацев¹,
главный специалист дирекции;
Анатолий Владимирович Павлов⁴,
начальник управления;
Александр Владимирович Виноградов^{2,3},
доктор технических наук, профессор, заведующий лабораторией,
e-mail: winaleksandr@gmail.com;
Леонид Юрьевич Юферев²,
доктор технических наук, заведующий отделом;
Вадим Евгеньевич Большев²,
кандидат технических наук, старший научный сотрудник;
Алексей Валерьевич Букреев²,
кандидат технических наук, старший научный сотрудник;
Максим Владимирович Бородин³,
кандидат технических наук, заведующий кафедрой

¹Публичное акционерное общество «Россети Центр», Москва, Российская Федерация;

²Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Российская Федерация;

³Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина, г. Орел, Российская Федерация;

⁴Филиал публичного акционерного общества «Россети Центр и Приволжье»-«Рязаньэнерго», г. Рязань, Российская Федерация

Реферат. Высокие капитальные затраты на реконструкцию и новое строительство при большом количестве заявок на технологическое присоединение удаленных потребителей с малой мощностью требуют поиска решений в части конструкции систем их электроснабжения. Вариантами исполнения систем электроснабжения с меньшими капитальными вложениями служат системы с передачей электроэнергии по одному проводу. Один из таких вариантов – применение резонансных однопроводных систем электроснабжения. В то же время в мире отсутствуют реализованные проекты таких систем с мощностью до 7 киловатт и дальностью передачи в несколько километров. Не отработаны вопросы практического использования таких систем, организации в них учета электроэнергии и телемеханики. (Цель исследования) Описать технические решения, преимущества и проблемы использования резонансных систем передачи электрической энергии по одному проводу на примере реализации научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по созданию резонансной системы электропередачи. (Материалы и методы) Выполнили литературный обзор по теме «Системы передачи электрической энергии по однопроводной линии». Использовали в качестве источников информации поисковые системы Yandex и Google, научные базы данных Scopus и Google Scholar, электронные библиотеки КиберЛенинку, eLIBRARY.ru, Elsevier, Springer, IEEE Xplore, IGI Global. Применили методы проектирования систем электроснабжения. (Результаты и обсуждение) Представили обзор литературных источников, посвященных однопроводным системам электропередачи с анализом их преимуществ и недостатков. Показали выбор объекта реализации резонансной системы электроснабжения и результаты лабораторных испытаний экспериментального образца системы. (Выводы) Выявили, что для электроснабжения удаленных потребителей небольшой мощности рационально использовать однопроводные системы на основе резонансной технологии. Определили, что это позволяет снизить капитальные вложения на электропередачу, коммерческие потери электроэнергии. Установили, что лабораторные испытания экспериментального образца резонансной системы показали, что коэффициент полезного действия по активной мощности составляет до 86 процентов при номинальной нагрузке системы. Констатировали, что применение системы позволяет обеспечить нормативное качество электроэнергии удаленным потребителям.

Ключевые слова: системы однопроводной передачи электроэнергии, резонансная передача электроэнергии, электроснабжение отдаленных объектов, однофазная система с возвратом тока через землю, однопроводная симметричная линия.

Для цитирования: Акуличев В.О., Микрюков В.В., Пацев А.А., Павлов А.В., Виноградов А.В., Юферев Л.Ю., Большев В.Е., Букреев А.В., Бородин М.В. Обзор и результаты лабораторных исследований резонансной системы передачи электрической энергии // *Электротехнологии и электрооборудование в АПК*. 2023. Т. 70. N4(53). С. 30-39. DOI: 10.22314/2658-4859-2023-70-4-30-39. EDN: J TJQHA.

Review and Results of Laboratory Studies of a Resonant Power Transmission System

Vitaliy O. Akulichev¹,

deputy general director;

Valeriy V. Mikryukov¹,

head of the directorate;

Aleksandr A. Patsev¹,

chief specialist of the directorate;

Anatoliy V. Pavlov⁴,

head of the management department;

Aleksandr V. Vinogradov^{2,3},

Dr.Sc.(Eng.), professor, chief researcher, e-mail: winaleksandr@gmail.com;

Leonid Yu. Yuferev²,

Dr.Sc.(Eng.), head of the department;

Vadim E. Bolshev²,

Ph.D.(Eng.), senior researcher;

Aleksey V. Bukreev²,

Ph.D.(Eng.), senior researcher;

Maksim V. Borodin³,

Ph.D.(Eng.), head of the department

¹Public Joint Stock Company "Rosseti Center", Moscow, Russian Federation;

²Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation;

³Oryol State Agrarian University named after N.V. Parakhin, Orel, Russian Federation;

⁴Branch of Public Joint Stock Company "Rosseti Center and Volga Region" - "Ryazanenergo", Ryazan, Russian Federation.

Abstract. High capital expenditures for reconstruction and new construction with a large number of applications for technological connection of remote consumers with low power require the search for solutions regarding the design of their power supply systems. Variants of power supply systems with smaller capital investments are systems with the transmission of electricity over a single wire. One of such options is the use of resonant single-wire power supply systems. At the same time, there are no implemented projects of such systems with a capacity of up to 7 kilowatts and a transmission range of several kilometers in the world. The issues of practical use of such systems, organization of electricity metering and telemechanics in them have not been worked out. (Research purpose) The research purpose is describing the technical solutions, advantages and problems of using resonant electric power transmission systems over one wire using the example of the implementation of research and development work on the creation of a resonant power transmission system. (Materials and methods) We performed a literature review on the topic "Electric power transmission systems via a single-wire line". We used Yandex and Google search engines, Scopus and Google Scholar scientific databases, CyberLeninka electronic libraries as sources of information, eLIBRARY.ru, Elsevier, Springer, IEEE Xplore, IGI Global. Applied methods of designing power supply systems. (Results and discussion) A review of literature sources devoted to single-wire power transmission systems with an analysis of their advantages and disadvantages was presented. The choice of the object of realization of the resonant power supply system and the results of laboratory tests of the experimental sample of the system were shown. (Conclusions) It was found that it is rational to use single-wire systems based on resonance technology to supply power to remote consumers of low power. It was determined that this makes it possible to reduce capital investments in power transmission, commercial losses of electricity. It was established that laboratory tests of the experimental sample of the resonant system showed that the efficiency of the active power is up to 86 percent at the nominal load of the system. It was stated that the use of the system makes it possible to ensure the regulatory quality of electricity to remote consumers.

Keywords: single-wire power transmission systems, resonant power transmission, power supply to remote facilities, single-phase system with current return through the ground, single-wire symmetrical line.

For citation: Akulich V.O., Mikryukov V.V., Patsev A.A., Pavlov A.V., Vinogradov A.V., Yuferev L.Yu., Bolshov V.E., Bukreev A.V., Borodin M.V. Obzor i rezul'taty laboratornykh issledovaniy rezonansnoy sistemy peredachi elektricheskoy energii [Review and results of laboratory studies of a resonant power transmission system]. *Elektrotekhnologii i elektrooborudovanie v APK*. 2023. Vol. 70. N4(53). 30-39 (In Russian). DOI: 10.22314/2658-4859-2023-70-4-30-39. EDN: JTJQHA.

УДК 697.273.86 EDN: VZNSUY

DOI: 10.22314/2658-4859-2023-70-4-40-45

Оценка энергоэффективности пленочных электронагревателей при отоплении помещений в сельских отдаленных районах

Андрей Николаевич Ткачѳв¹,

кандидат технических наук, и. о. заведующего кафедрой, tkachevan@inuесо.ru;

Егор Николаевич Епишков²,

кандидат технических наук, доцент;

Светлана Владимировна Баженова²,

ассистент

¹Южно-Уральский технологический университет, г. Челябинск, Российская Федерация;

²Южно-Уральский государственный аграрный университет, г. Челябинск, Российская Федерация

Реферат. Отмечается постоянный рост стоимости топливно-энергетических ресурсов, при этом большое количество энергоресурсов в России тратится на отопление. В этих условиях экономический кризис привлек внимание к проблеме энергоэффективности. Поэтому разработка и внедрение современных энергоэффективных систем отопления – актуальное направление. (Цель исследования) Разработать и апробировать современную систему лучистого отопления на базе пленочных электронагревателей для отопления помещений в сельских отдаленных районах. (Материалы и методы) Предложили современную систему лучистого отопления на базе разработанного пленочного электронагревателя – многослойного полотна с токопроводящими элементами из металлической фольги между слоями полимерной пленки. Показали, что излучение пленочного электронагревателя поглощается поверхностью непрозрачных тел, не

оказывая влияния на влажность воздуха. (Результаты и обсуждение) Представили математическую модель системы лучистого отопления на базе пленочных электронагревателей. Установили зависимость разности комфортной температуры без применения системы лучистого отопления и при отоплении с ее помощью от интенсивности тепловыделения. Рассчитали по результатам проведенных во время испытания системы лучистого отопления на объекте замерам полученную экономию электроэнергии. (Выводы) Выявили, что комфортная температура при использовании системы лучистого отопления в среднем от полутора до двух градусов ниже, чем при конвективной системе. Определили, что экономия электроэнергии в жилом помещении площадью 200 квадратных метров, отапливаемом с помощью данной системы, для зоны Южного Урала за счет уменьшения температуры на эту величину, составила 400 киловатт-час за месяц.

Ключевые слова: система лучистого отопления, инфракрасное излучение, пленочный электронагреватель, плотность теплового потока, тепловой комфорт.

Для цитирования: Ткачев А.Н., Епишков Е.Н., Баженова С.В. Оценка энергоэффективности пленочных электронагревателей при отоплении помещений в сельских отдаленных районах // *Электротехнологии и электрооборудование в АПК*. 2023. Т. 70. N4(53). С. 40-45. DOI: 10.22314/2658-4859-2023-70-4-40-45. EDN: VZNSUY.

Evaluation of the Energy Efficiency of Film Electric Heaters for Heating Premises in Rural Remote Areas

Andrey N. Tkachev¹,

Ph.D.(Eng.), acting head of the department, e-mail: tkachevan@inueco.ru;

Egor N. Epishkov²,

Ph.D.(Eng.), associate professor;

Svetlana V. Bazhenova²,

assistant

¹South Ural Technological University, Chelyabinsk, Russian Federation;

²Institute of Agricultural Engineering of the South Ural State Agrarian University, Chelyabinsk, Russian Federation

Abstract. *There is a constant increase in the cost of fuel and energy resources, while a large amount of energy resources in Russia is spent on heating. In these conditions, the economic crisis has drawn attention to the problem of energy efficiency. Therefore, the development and implementation of modern energy-efficient heating systems is an urgent direction. (Research purpose) The research purpose is developing and testing a modern radiant heating system based on film electric heaters for heating rooms in rural remote areas. (Materials and methods) Proposed a modern radiant heating system based on the developed film electric heater – a multi-layer web with conductive metal foil elements between layers of polymer film. It was shown that the radiation of a film electric heater is absorbed by the surface of opaque bodies without affecting the humidity of the air. (Results and discussion) A mathematical model of a radiant heating system based on film electric heaters was presented. The dependence of the difference in comfortable temperature without the use of SLO and when heating with the help of SLO on the intensity of heat dissipation was established. Based on the results of the measurements carried out during the testing of the radiant heating system at the facility, the resulting energy savings were calculated. (Conclusions) It was found that the comfortable temperature when using a radiant heating system is on average one and a half to two degrees lower than with a convective system. It was determined that the energy savings in a residential area of 200 square meters, heated with this system, for the zone of the Southern Urals by reducing the temperature by this amount amounted to 400 kilowatt-hour per month.*

Keywords: *radiant heating system, infrared radiation film electric heater, heat flux density, thermal comfort.*

For citation: Tkachev A.N., Epishkov E.N., Bazhenova S.V. Otsenka energoeffektivnosti plenochnykh elektronagrevateley pri otoplenii pomeshcheniy v sel'skikh otdalennykh rayonakh [Evaluation of the energy efficiency of film electric heaters for heating premises in rural remote areas]. *Elektrotehnologii i elektrooborudovanie v APK*. 2023. Vol. 70. N3(52). 40-45 (In Russian). DOI: 10.22314/2658-4859-2023-70-4-40-45. EDN: VZNSUY.

УДК 621.398:62-519:681.5:631.3:636.082.474

EDN: PTEBQJ

DOI: 10.22314/2658-4859-2023-70-4-46-53

К вопросу повышения энергоэффективности настольных инкубаторов

Александр Николаевич Судаков¹,

кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий инкубаторием отдела орнитологии;

Оксана Александровна Липа²,

кандидат технических наук, доцент, e-mail: okslipa@yandex.ru;

Евгений Александрович Андрианов³,

доктор сельскохозяйственных наук, профессор;

Алексей Александрович Андрианов³,

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент;

Николай Игоревич Скуратов¹,

заведующий отделом орнитологии;

Мансур Магфурович Махмутов²,

доктор технических наук, доцент

¹Московский зоопарк, Москва, Российская Федерация;

²Российский государственный университет народного хозяйства имени В.И. Вернадского, г. Балашиха, Российская Федерация;

³Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, г. Воронеж, Российская Федерация

***Реферат.** Применение энергосберегающих технологий во всех сферах агропромышленного комплекса обусловлено экономическими факторами и в первую очередь снижением затрат на потребляемую электроэнергию. Сокращение энергопотребления в процессе производства сельскохозяйственной продукции позволяет снизить ресурсоемкость технологических процессов за счет повышения ресурса работы средств механизации. При искусственной инкубации яиц птиц одним из ключевых средств механизации служит инкубатор. Снижению ресурсоемкости промышленных инкубаторов вместимостью более 1000 яиц посвящен ряд исследований; лабораторной инкубации, использующей настольные инкубаторы, уделяется недостаточное внимание. (Цель исследования) Определить ключевые факторы, обладающие потенциалом повышения энергоэффективности настольных инкубаторов, и пути их оптимизации. (Материалы и методы) Выполнили анализ литературных источников, обработку материалов собственных ранних исследований, эксперименты с использованием различных моделей инкубаторов. (Результаты и обсуждение) Установили, что для повышения точности терморегуляторов инкубатора целесообразно применять термостатирование помещения инкубатория, инкубаторы с ПИД-терморегуляторами, в случае использования двухпозиционных терморегуляторов – нагревательные элементы и термодатчики с минимальной тепловой инерцией. Определили экспериментально, что потери энергии в результате штатной работы увлажнителей в помещениях с пониженной влажностью составляют более 35 процентов от потребления энергии нагревательными элементами, вследствие высокой удельной теплоты парообразования воды, составляющей при нормальном атмосферном давлении 40,65 килоджоулей на моль или 2257 килоджоулей на килограмм. (Выводы) Показали, что с помощью специализированных систем контроля и мониторинга параметров работы инкубаторов можно получать данные, недоступные с применением распространенных средств измерений. Констатировали, что к средствам инструментального контроля микроклимата в камере инкубатора предъявляются особые требования, выражающиеся в высокой реактивности, возможности цифрового протоколирования, отсутствии необходимости интерпретации результатов оператором, эргономичности.*

***Ключевые слова:** искусственная инкубация яиц птиц, энергосбережение, температура, влажность.*

Для цитирования: Судаков А.Н., Липа О.А., Андрианов Е.А., Андрианов А.А., Скуратов Н.И., Махмутов М.М. К вопросу повышения энергоэффективности настольных инкубаторов // *Электротехнологии и электрооборудование в АПК.* 2023. Т. 70. N4(53). С. 46-53. DOI: 10.22314/2658-4859-2023-70-4-46-53. EDN: PTEBQJ.

Improving the Energy Efficiency of Desktop Incubators

Aleksandr N. Sudakov¹,

Ph.D.(Agri.), head of the ornithology department hatchery;

Oksana A. Lipa²,

Ph.D.(Eng.), associate professor, e-mail: okslipa@yandex.ru;

Evgeniy A. Andrianov³,

Dr.Sc.(Agri.), professor;

Aleksey A. Andrianov³,

Ph.D.(Agri.), associate professor;

Nikolay I. Skuratov¹,

head of the ornithology department;

Mansur M. Mahmutov²,
Dr.Sc.(Eng.), associate professor

¹Moscow Zoo, Moscow, Russian Federation;

²Russian State University of National Economy named after V.I. Vernadsky, Balashikha, Russian Federation;

³Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Voronezh, Russian Federation

Abstract. *The use of energy-saving technologies in all areas of the agro-industrial complex is due to economic factors and, first of all, to a reduction in the cost of electricity consumed. Reduction of energy consumption in the process of agricultural production makes it possible to reduce the resource intensity of technological processes by increasing the service life of mechanization tools. In the case of artificial incubation of bird eggs, an incubator is one of the key means of mechanization. A number of studies have been devoted to reducing the resource intensity of industrial incubators with a capacity of more than 1000 eggs, and insufficient attention is paid to laboratory incubation using desktop incubators. (Research purpose) The research purpose is identifying the key factors that have the potential to increase the energy efficiency of desktop incubators, and ways of their optimization. (Materials and methods) We have carried out the analysis of literary sources, processing of materials of our own early research, experiments using various models of incubators. (Results and discussion) It was established that in order to increase the accuracy of the incubator temperature controllers, it is advisable to use the temperature control of the incubator room, incubators with PID thermoregulators, in the case of using two-position thermoregulators, heating elements and thermal sensors with minimal thermal inertia. It was determined experimentally that energy losses as a result of the regular operation of humidifiers in rooms with low humidity account for more than 35 percent of the energy consumption of heating elements, due to the high specific heat of water vaporization, which is 40.65 kilojoules per mole or 2257 kilojoules per kilogram at normal atmospheric pressure. (Conclusions) It has been shown that with the help of specialized systems for monitoring and monitoring the parameters of incubators, it is possible to obtain data that is not available with the use of common measuring instruments. It was stated that special requirements are imposed on the means of instrumental control of the microclimate in the incubator chamber, expressed in high reactivity, the possibility of digital logging, the absence of the need for interpretation of the results by the operator, ergonomics.*

Keywords: *artificial incubation of bird eggs, energy saving, temperature, humidity.*

For citation: Sudakov A.N., Lipa O.A., Andrianov E.A., Andrianov A.A., Skuratov N.I., Mahmutov M.M. K voprosu povysheniya energoeffektivnosti nastol'nykh inkubatorov [Improving the energy efficiency of desktop incubators]. *Elektrotekhnologii i elektrooborudovanie v APK*. 2023. Vol. 70. N4(53). 46-53 (In Russian). DOI: 10.22314/2658-4859-2023-70-4-46-53. EDN: PTEBQJ.

УДК 631:628.8 EDN: BRIRQC

DOI: 10.22314/2658-4859-2023-70-4-54-62

Обоснование параметров и режимы работы утилизатора теплоты на тепловых трубках для животноводческих помещений

Станислав Семенович Трунов¹,

кандидат технических наук, ведущий специалист;

Алексей Викторович Хищенко¹,

кандидат технических наук, старший научный сотрудник; e-mail: avmkh87@gmail.com;

Дмитрий Анатольевич Тихомиров^{1,2},

доктор технических наук, главный научный сотрудник, член-корреспондент РАН;

Алексей Васильевич Кузьмичев¹,

научный сотрудник

¹Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Российская Федерация;

²Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К.И. Скрябина, Москва, Российская Федерация

Реферат. *С целью экономии энергоресурсов при создании микроклимата в животноводческих помещениях разрабатываются установки и отопительно-вентиляционные системы с утилизацией теплоты вентиляционного воздуха. Широкое распространение получили статические конструкции теплообменников на тепловых трубках, у них нет подвижных частей, гарантийный ресурс безаварийной работы составляет 15-20 лет. Они просты в производстве, имеют более высокий термический и энергетический коэффициент полезного действия, чем теплообменники с промежуточными рабочими телами, могут использоваться как для нагрева, так и для охлаждения без изменения их конструкции. (Цель исследования) Провести анализ использования тепловых трубок в установках утилизации теплоты технологических процессов сельского*

хозяйства, разработать структурную и электрическую схему теплоутилизатора на тепловых трубах и обосновать параметры утилизатора на тепловых трубах, включающие определение тепловой мощности утилизации теплоты теплоутилизатора, площади поверхности теплообмена испарителя и конденсатора тепловых трубок. (Материалы и методы) Применили патентный поиск по сайтам Роспатента и Яндекс.Патенты. Выполнили анализ имеющихся расчетных зависимостей для определения основных тепловых характеристик утилизатора теплоты на тепловых трубах предложенной конструкции. (Результаты и обсуждение) Проанализировали использование тепловых труб в установках утилизации теплоты в технологических процессах сельскохозяйственного производства. Привели параметры утилизатора на тепловых трубах, включающие определение тепловой мощности утилизации теплоты теплоутилизатора, площади поверхности теплообмена испарителя тепловых трубок и конденсатора тепловых труб. Разработали структурную и электрическую схему управления установки утилизации теплоты на тепловых трубах для животноводческих помещений. Обосновали применение электрокалориферов дополнительного нагрева вытяжного воздуха с целью борьбы с обмерзанием поверхности теплоутилизатора и нагрева приточного воздуха. (Выводы) Выявили, что эффективно осуществляется процесс утилизации теплоты из удаляемого вентиляционного воздуха с помощью рекуперативного теплообменника с тепловыми трубами. Показали, что утилизация тепловой энергии из удаляемого из помещения воздуха возможна с помощью предложенной конструкции теплоутилизатора на тепловых трубах.

Ключевые слова: обоснование параметров теплоутилизатора, теплообменник, зона конденсации, зона испарения, тепловые трубки.

Для цитирования: Трунов С.С., Хименко А.В., Тихомиров Д.А., Кузьмичев А.В. Обоснование параметров и режимы работы утилизатора теплоты на тепловых трубах для животноводческих помещений // *Электротехнологии и электрооборудование в АПК*. 2023. Т. 70. N4(53). С. 54-62. DOI: 10.22314/2658-4859-2023-70-4-54-62. EDN: BRIRQC.

Justification of Heat Exchanger Parameters and Operating Modes Based on Heat Pipes for Livestock Premises

Stanislav S. Trunov¹,

Ph.D.(Eng.), leading specialist;

Aleksey V. Khimenko¹,

Ph.D.(Eng.), senior researcher, e-mail: avmkh87@gmail.com;

Dmitriy A. Tikhomirov^{1,2},

Dr.Sc.(Eng.), chief researcher, corresponding member of RAS;

Aleksey V. Kuzmichev¹,

researcher

¹Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation

²Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – MVA named after K.I. Skryabin, Moscow, Russian Federation

Abstract. In order to save energy resources when creating a microclimate in livestock facilities, installations and heating and ventilation systems with utilization of the heat of the ventilation air are being developed. Static designs of heat exchangers on heat pipes have become widespread, they have no moving parts, the warranty life of trouble-free operation is 15-20 years. They are easy to manufacture, have a higher thermal and energy efficiency than heat exchangers with intermediate working bodies, and can be used both for heating and cooling without changing their design. (Research purpose) The research purpose is analyzing the use of heat pipes in heat recovery plants of agricultural technological processes, developing a structural and electrical circuit of the heat exchanger on heat pipes and substantiation the parameters of the heat exchanger on heat pipes, including the determination of the heat recovery capacity of the heat exchanger, the heat exchange surface area of the evaporator and condenser heat pipes. (Materials and methods) Applied patent search on the websites of Rospatent and Yandex.Patents. The analysis of the available design dependencies was performed to determine the main thermal characteristics of the heat exchanger on the heat pipes of the proposed design. (Results and discussion) The use of heat pipes in heat recovery plants in technological processes of agricultural production was analyzed. The parameters of the heat exchanger on heat pipes were given, including the determination of the heat recovery capacity of the heat exchanger, the heat exchange surface area of the heat pipe evaporator and the heat pipe condenser. We have developed a structural and electrical control scheme for heat recovery units on heat pipes for livestock facilities. The use of electric heaters for additional heating of exhaust air was substantiated in order to combat freezing of the surface of the heat exchanger and heating of the

supply air. (Conclusions) It was found that the process of heat utilization from the removed ventilation air is effectively carried out using a regenerative heat exchanger with heat pipes. It has been shown that the utilization of thermal energy from the air removed from the room is possible using the proposed design of a heat exchanger on heat pipes.

Keywords: substantiation of heat exchanger parameters, heat exchanger, condensation zone, evaporation zone, heat pipes.

For citation: Trunov S.S., Khimenko A.V., Tikhomirov D.A., Kuzmichev A.V. Obosnovanie parametrov i rezhimy raboty utilizatora teploty na teplovykh trubkakh dlya zhivotnovodcheskikh pomeshcheniy [Justification of heat exchanger parameters and operating modes based on heat pipes for livestock premises]. *Elektrotehnologii i elektrooborudovanie v APK*. 2023. Vol. 70. N4(53). 54-62 (In Russian). DOI: 10.22314/2658-4859-2023-70-4-54-62. EDN: BRIRQC.

УДК 631.171

EDN: ALGUXA

DOI: 10.22314/2658-4859-2023-70-4-63-69

Разработка математической модели динамики манипулятора доения с дифференцированным управлением доильными стаканами

Юрий Алексеевич Цой,

доктор технических наук, главный научный сотрудник, член-корреспондент РАН;

Семен Сергеевич Рузин,

младший научный сотрудник, e-mail: ruzin.s.s@yandex.ru

Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Российская Федерация

Реферат. Развитие агропромышленного комплекса, в особенности молочного животноводства, требует повышения производительности путем широкого внедрения промышленных роботов. Промышленные роботы широко используются как на производстве, так и в науке. Автоматизация сельского хозяйства повышает производительность труда, способствует увеличению выпуска сельскохозяйственной продукции и повышению ее качества. Использование доильных роботов позволяет повысить качество доения и отвязать процесс от временных рамок утренней и вечерней доек, фактически обеспечивая автономную работу молочного животноводства. (Цель исследования) Разработать динамическую модель роботизированного манипулятора доения с дифференцированным управлением доильными стаканами, обеспечивающую одновременное подключение четырех доильных стаканов к вымени. (Материалы и методы) Показали, что рабочий орган манипулятора доильного робота представляет собой систему позиционирования четырех доильных стаканов в индивидуальном расположении сосков вымени. Рассмотрели для разработки динамической модели ее как две системы – двухзвенный коленно-рычажный манипулятор и рабочий орган, позиционирующий 4 доильных стакана; в расчетах учитывали, что они не могут двигаться одновременно. (Результаты и обсуждение) Учили силы, действующие на все подсистемы. Определили силы, воздействующие на подсистемы манипулятора. Рассчитали отдельно воздействия на каждый доильный стакан. Привели уравнения для всех подсистем. (Выводы) Составили уравнения динамической модели роботизированного манипулятора доильного робота с дифференцированным управлением доильными стаканами. Рассмотрели в расчетах систему как 4 отдельных подсистемы, для каждой из них составили уравнение Лагранжа II рода для обобщенных силы Q_i и координаты q_i для $i = 1-7$. **Ключевые слова:** ферма, молочное животноводство, роботизированное доение, манипулятор, доильные стаканы, динамическая модель.

Для цитирования: Цой Ю.А., Рузин С.С. Разработка математической модели динамики манипулятора доения с дифференцированным управлением доильными стаканами // *Электротехнологии и электрооборудование в АПК*. 2023. Т. 70. N4(53). С. 63-69. DOI: 10.22314/2658-4859-2023-70-4-63-69. EDN: ALGUXA.

Development of a Mathematical Model of the Dynamics of a Milking Manipulator with Differentiated Control of Teat Cups

Yuriy A. Tsoy,

Dr.Sc.(Eng.), chief researcher, associate member of Russian Academy of Sciences;

Semen S. Ruzin,

junior researcher, e-mail: ruzin.s.s@yandex.ru

Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation

Abstract. The development of the agro-industrial complex, especially dairy farming, requires an increase in productivity through the widespread introduction of industrial robots. Industrial robots are widely used both in production and in science. Automation of agriculture increases labor productivity, contributes to an increase in agricultural output and an increase in its quality. The use of milking robots makes it possible to improve the quality of milking and untie the process from the time frame of morning and evening milking, actually ensuring the autonomous operation of dairy farming. (Research purpose) The research purpose is developing a dynamic model of a robotic milking manipulator with differentiated control of milking cups, providing simultaneous connection of four milking cups to the udder. (Materials and methods) It was shown that the working part of the milking robot manipulator is a system of positioning four milking cups in an individual arrangement of udder nipples. For the development of a dynamic model, it was considered as two systems – a two-link knee-lever manipulator and a working part positioning 4 milking cups; the calculations took into account that they could not move at the same time. (Results and discussion) The forces acting on all subsystems were taken into account. The forces acting on the manipulator subsystems were determined. The effects on each milking cup were calculated separately. Equations for all subsystems were given. (Conclusions) The equations of the dynamic model of a robotic manipulator of a milking robot with differentiated control of milking cups were compiled. We considered the system in the calculations as 4 separate subsystems, for each of them we compiled a Lagrange equation of the second kind for the generalized forces Q_i and the coordinates q_i for $i = 1-7$.

Keywords: farm, dairy farming, robotic milking, manipulator, milking cups, dynamic model.

For citation: Tsoy Yu.A., Ruzin S.S. Razrabotka matematicheskoy modeli dinamiki manipulyatora doeniya s differentsirovannym upravleniem doilnymi stakanami [Development of a mathematical model of the dynamics of a milking manipulator with differentiated control of teat cups]. *Elektrotehnologii i elektrooborudovanie v APK*. 2023. Vol. 70. N4(53). 63-69 (In Russian). DOI: 10.22314/2658-4859-2023-70-4-0-0. EDN: ALGUXA.

УДК 001.8:631.333:631.82 EDN: OPDZGA

DOI: 10.22314/2658-4859-2023-70-4-70-77

Использование органических удобрений для плодородия почв и оптимизация технических средств по их внесению

Константин Николаевич Сорокин¹,

доктор технических наук;

Николай Тимофеевич Сорокин²,

доктор экономических наук, главный специалист, e-mail: n.sorokin. vniims13@yandex.ru;

Ирина Николаевна Гаспарян³,

доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник

¹Александровский экспериментальный завод – филиал Федерального научного агроинженерного центра ВИМ, г. Александров, Российская Федерация;

²Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Российская Федерация;

³Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д.Н. Прянишникова, Москва, Российская Федерация

Реферат. На данный период в России действует более 100 предприятий по производству гуминовых удобрений (органических удобрений) из торфа, бурых углей и сапропеля. Общий объем производства концентрата органических удобрений в год составляет от 3 до 3,5 миллионов тонн. Эффективность использования органических удобрений для плодородия почв и повышения урожайности сельскохозяйственных культур подтверждена в хозяйствах России и Белоруссии. (Цель исследования) Разработать алгоритм программного комплекса по формированию оптимального состава парка техники и оборудования для внесения органических удобрений и выявить необходимость создания отечественной сельскохозяйственной техники и оборудования для этих целей. (Материалы и методы) Создали программный комплекс по формированию оптимального комплекса машин и оборудования для проведения агрохимических работ, в рамках которого учитываются индивидуальные особенности хозяйств, такие как уровень финансовой обеспеченности, техническая оснащенность, агроклиматические условия и другие. (Результаты и обсуждение) Показали, что в основу программного комплекса положен алгоритм расчета рационального парка техники для выполнения агрохимических работ, базирующийся на доработанном с учетом специфики операций расчетном методе формирования машинно-тракторного парка, который может быть использован для выбора техники под агротехнологии при внесении как жидких, так и твердых органических удобрений. Провели обзор существующих языков и сред программирования и их соответствие

Федеральному закону от 27.07.2006 № 149-ФЗ «Об информации, информационных технологиях и о защите информации». Выбрали язык программирования C++, который широко применяется во всех сферах производства, адаптирован для задач программирования в сельскохозяйственном производстве и удовлетворяет требованиям указанного закона. (Выводы) Представили алгоритм программного комплекса по формированию оптимального состава парка техники и оборудования для внесения органических удобрений. Предложили ученым и специалистам на страницах журнала высказать свое мнение о необходимости формирования системы сельскохозяйственной техники и оборудования для развития органического производства.

Ключевые слова: органические удобрения, агрохимические работы, программный комплекс, оптимальный состав парка техники.

Для цитирования: Сорокин К.Н., Сорокин Н.Т., Гаспарян И.Н. Использование органических удобрений для плодородия почв и оптимизация технических средств по их внесению // *Электротехнологии и электрооборудование в АПК*. 2023. Т. 70. N4(53). С. 70-77. DOI: 10.22314/2658-4859-2023-70-4-70-77. EDN: OPDZGA.

The Use of Organic Fertilizers for Soil Fertility and Optimization of Technical Means for Their Introduction

Konstantin N. Sorokin¹,

Dr.Sc.(Eng.);

Nikolay T. Sorokin²,

Dr.Sc.(Econ.), chief specialist, e-mail: n.sorokin. vnims13@yandex.ru;

Irina N. Gasparyan³,

Dr.Sc.(Agri.), chief researcher

¹Alexandrovsky Experimental Plant – branch of the Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Alexandrov, Russian Federation;

²Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation;

³The All-Russian Scientific Research Institute of Agrochemistry named after D.N. Pryanishnikov, Moscow, Russian Federation

Abstract. At the moment, more than 100 enterprises for the production of humic fertilizers (organic fertilizers) from peat, brown coal and sapropel are operating in Russia. The total production of organic fertilizer concentrate per year ranges from 3 to 3.5 million tons. The effectiveness of using organic fertilizers for soil fertility and increasing crop yields has been confirmed in farms in Russia and Belarus. (Research purpose) The research purpose is developing an algorithm of a software package for the formation of the optimal composition of the fleet of machinery and equipment for the application of organic fertilizers and identifying the need to create domestic agricultural machinery and equipment for these purposes. (Materials and methods) We have created a software package for the formation of an optimal set of machinery and equipment for agrochemical work, which takes into account the individual characteristics of farms, such as the level of financial security, technical equipment, agro-climatic conditions and others. (Results and discussion) It has been shown that the software package is based on an algorithm for calculating a rational fleet of equipment for performing agrochemical work, based on a modified calculation method for forming a machine-tractor fleet, taking into account the specifics of operations, which can be used to select equipment for agrotechnology when applying both liquid and solid organic fertilizers. Conducted a review of existing programming languages and environments and their compliance with Federal Law No. 149-FZ of 27.07.2006 "On Information, Information Technologies and Information Protection". We chose the C++ programming language, which is widely used in all areas of production, adapted for programming tasks in agricultural production and meets the requirements of this law. (Conclusions) Presented the algorithm of the software package for the formation of the optimal composition of the fleet of machinery and equipment for the application of organic fertilizers. We invited scientists and specialists on the pages of the journal to express their opinion on the need to form a system of agricultural machinery and equipment for the development of organic production.

Keywords: organic fertilizers, agrochemical works, software package, optimal composition of the fleet of equipment.

For citation: Sorokin K.N., Sorokin N.T., Gasparyan I.N. Ispol'zovanie organicheskikh udobreniy dlya plodorodiya pochv i optimizatsiya tekhnicheskikh sredstv po ikh vneseniyu [The use of organic fertilizers for soil fertility and optimization of technical means for their introduction]. *Elektrotekhnologii i elektrooborudovanie v APK*. 2023. Vol. 70. N4(53). 70-77 (In Russian). DOI: 10.22314/2658-4859-2023-70-4-70-77. EDN: OPDZGA.

Программируемый электромагнитный привод дозирующего устройства

Виталий Александрович Каргин¹,

доктор технических наук, доцент, e-mail: saratov-79@list.ru;

Константин Михайлович Усанов²,

доктор технических наук, профессор;

Андрей Валерьевич Волгин²,

кандидат технических наук, доцент;

Владимир Александрович Стрельников²,

доктор технических наук, профессор;

Алексей Петрович Моисеев²,

кандидат технических наук, доцент

¹Российский биотехнологический университет, Москва, Российская Федерация;

²Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Российская Федерация

Реферат. В настоящее время автоматизированные системы управления технологическими процессами на предприятиях сельхозпроизводства или агропромышленного комплекса, например, дозирования, смешивания ингредиентов и добавок в приготовлении кормов, реализованы в большинстве случаев с использованием зарубежных микропроцессоров и цифровых устройств. Недружественная политика, жесткий контроль и ограничения, применяемые экспортерами таких изделий к отечественным разработчикам и проектировщикам управляющих систем, заставляют добиваться необходимых результатов в решении возникающих задач другими путями. (Цель исследования) Предложить и обосновать программируемую систему автоматического регулирования производительности дозирующего устройства с реверсивным линейным электромагнитным двигателем, обеспечивающую показатели технологического процесса; разработать рекомендации по реализации алгоритма управления реверсивным электромагнитным приводом дозирующих устройств с помощью программируемого логического контроллера. (Материалы и методы) Представили структурную, функциональную и логическую схемы программирования логической части на основе программируемого логического контроллера отечественных производителей приборов и средств автоматизации для электропривода с реверсивным линейным электромагнитным двигателем кормоприготовительного дозатора. (Результаты и обсуждение) Показали особенности формирования логической части системы в среде CoDeSys с использованием библиотек типовых блоков, привели пример реализации программирования логического контроллера на языке непрерывных функциональных схем (CFC) с применением библиотек стандартных блоков *Standard.lib* и *Util.lib*. (Выводы) Констатировали, что предлагаемый программируемый электромагнитный привод с реверсивным линейным электромагнитным двигателем и управляющим устройством на элементной базе отечественных производителей формирует заданные циклограммы по быстрдействию и числу интервалов значений расхода Q ингредиентов соответственно требованиям технологического процесса.

Ключевые слова: система автоматического управления, программируемые логические контроллеры, логические схемы управления, цифровые технические средства автоматизации, линейный электромагнитный двигатель.

Для цитирования: Каргин В.А., Усанов К.М., Волгин А.В., Стрельников В.А., Моисеев А.П. Программируемый электромагнитный привод дозирующего устройства // *Электротехнологии и электрооборудование в АПК*. 2023. Т. 70. №4(53). С. 78-84. DOI: 10.22314/2658-4859-2023-70-4-78-84. EDN: ZHRURY.

Programmable Electromagnetic Drive of the Dosing Device

Vitaliy A. Kargin¹,

Dr.Sc.(Eng.), associate professor, e-mail: saratov-79@list.ru;

Konstantin M. Usanov²,

Dr.Sc.(Eng.), professor;

Andrey V. Volgin²,

Ph.D.(Eng.), associate professor;

Vladimir A. Strel'nikov²,

Dr.Sc.(Eng.), professor;

Aleksey P. Moiseev²,

Abstract. Currently, automated control systems for technological processes at agricultural enterprises or agro-industrial complex, for example, dosing, mixing of ingredients and additives in the preparation of feed, are implemented in most cases using foreign microprocessors and digital devices. The unfriendly policy, strict control and restrictions applied by ex-ports of such products to domestic developers and designers of control systems force them to achieve the necessary results in solving emerging problems in other ways. (Research purpose) The research purpose is justifying a programmable system for automatic regulation of the performance of a metering device with a reversible linear electromagnetic motor, providing indicators of the technological process; developing recommendations for the algorithm for controlling a reversible electromagnetic drive of metering devices using a programmable logic controller. (Materials and methods) Presented structural, functional and logical programming schemes of the logical part based on a programmable logic controller of domestic manufacturers of devices and automation tools for an electric drive with a reversible linear electromagnet motor of a feed preparation dispenser. (Results and discussion) The features of the formation of the logical part of the system in the CoDeSys environment using libraries of standard blocks were shown, and the implementation of programming of the logic controller in the language of continuous functional circuits (CFC) using Standard.lib and Util.lib standard block libraries was given. (Conclusions) It was stated that the proposed programmable electromagnetic drive with a reversible linear electromagnetic motor and a control device on the element base of domestic manufacturers generates preset cyclograms in terms of speed and the number of intervals of the consumption values of Q ingredients in accordance with the requirements of the technological process.

Keywords: automatic control system, programmable logic controllers, logical control circuits, digital technical automation equipment, linear electromagnetic motor.

For citation: Kargin V.A., Usanov K.M., Volgin A.V., Strel'nikov V.A., Moiseev A.P. Programmiruemyy elektromagnitnyy privod doziruyushchego ustroystva [Programmable electromagnetic drive of the dosing device]. *Elektrotekhnologii i elektrooborudovanie v APK*. 2023. Vol. 70. N4(53). 78-84 (In Russian). DOI: 10.22314/2658-4859-2023-70-4-78-84. EDN: ZHRURY.

УДК 621.313:621.316.72 EDN: YQEEKW

DOI: 10.22314/2658-4859-2023-70-4-85-94

Исследование электромагнитного аппарата аксиального исполнения для ускорения электротехнологических процессов в сельском хозяйстве

Андрей Иванович Адошев,

кандидат технических наук, доцент;

Сергей Николаевич Антонов,

кандидат технических наук, доцент;

Александр Николаевич Гревцев,

студент, e-mail: AlexandrGr19M2003G@list.ru;

Никита Сергеевич Горяйнов,

студент

Ставропольский государственный аграрный университет, г. Ставрополь, Российская Федерация

Реферат. Рассмотрены аппараты, которые используют энергию вращающегося электромагнитного поля с высокой удельной концентрацией в единице объема рабочей зоны. Компоненты, подвергающиеся воздействию электромагнитного поля, очень быстро и тщательно перемешиваются и активируются, в результате чего происходит значительное ускорение физико-химических и механо-физических реакций. На эффективность процессов, происходящих в рабочей камере аппаратов, влияет ряд факторов: намагничивание ферромагнитных частиц, их вращение, что вызывает акустические явления, а также кавитацию, трение как между частицами, так и с обрабатываемым веществом; магнитострикция; температура; давление. Существующие на данный момент системы управления не позволяют раскрыть весь потенциал таких аппаратов. (Цель исследования) Определить параметры электромагнитного аппарата аксиального исполнения с разработанной для него системой импульсного управления и сравнить их с параметрами аппарата, имеющего трехфазную обмотку. По полученным данным оценить целесообразность применения разработки. (Материалы и методы) Смоделировали электромагнитный аппарат в прикладном программном обеспечении ANSYS Maxwell для получения необходимых показателей.

(Результаты и обсуждение) Провели сравнение параметров электромагнитного аппарата и аппарата с трехфазной обмоткой. Получили при использовании многофазной системы управления большие фазные токи и меньшие потери мощности, при этом магнитная индукция в центральной расточке электромагнитного аппарата превышает значение индукции аппарата с трехфазной обмоткой. *(Выводы)* Выявили, что электромагнитный аппарат в комплектации с разработанной системой управления имеет следующие достоинства: управляемое время подключения обмоток каждой из фаз; упорядочен процесс намагничивания магнитной системы; увеличена магнитная индукция в центральной расточке электромагнитного аппарата; снижены потери в обмотке и на вихревые токи; снижена потребляемая из сети электромагнитная мощность. Констатировали, что электромагнитный аппарат аксиального исполнения на основе вентильно-индукторного двигателя с разработанной системой импульсного управления позволяет получить улучшенные электромагнитные параметры, по сравнению с трехфазным синусоидальным питанием.

Ключевые слова: электромагнитный аппарат, многофазная система управления, потери мощности, магнитная индукция, ANSYS Maxwell, электротехнологические операции.

Для цитирования: Адошев А.И., Антонов С.Н., Гревцев А.Н., Горяйнов Н.С. Исследование электромагнитного аппарата аксиального исполнения для ускорения электротехнологических процессов в сельском хозяйстве // *Электротехнологии и электрооборудование в АПК*. 2023. Т. 70. N4(53). С. 85-94. DOI: 10.22314/2658-4859-2023-70-4-85-94. EDN: YQEEKW.

Investigation of an Axial Electromagnetic Apparatus for Accelerating Electrotechnological Processes in Agriculture

Andrey I. Adoshev,

Ph.D.(Eng.), associate professor;

Sergey N. Antonov,

Ph.D.(Eng.), associate professor;

Aleksandr N. Grevtsev,

student, e-mail: AlexandrGr19M2003G@list.ru;

Nikita S. Goryainov,

student

Stavropol State Agrarian University, Stavropol, Russian Federation

Abstract. *Devices that use the energy of a rotating electromagnetic field with a high specific concentration per unit volume of the working area are considered. The components exposed to the electromagnetic field are very quickly and thoroughly mixed and activated, resulting in a significant acceleration of physicochemical and mechano-physical reactions. The efficiency of the processes occurring in the working chamber of the apparatus is influenced by a number of factors: magnetization of ferromagnetic particles, their rotation, which causes acoustic phenomena, as well as cavitation, friction both between particles and with the treated substance; magnetostriction; temperature; pressure. Currently existing control systems do not allow to unlock the full potential of such devices. (Research purpose) The research purpose is determining the parameters of an axial electromagnetic apparatus with a pulse control system developed for it and comparing them with the parameters of an apparatus having a three-phase winding. Based on the data obtained, evaluate the feasibility of using the development. (Materials and methods) The electromagnetic apparatus was modeled in the ANSYS Maxwell application software to obtain the necessary indicators. (Results and discussion) The parameters of the electromagnetic apparatus and the apparatus with a three-phase winding were compared. When using a multiphase control system, large phase currents and lower power losses were obtained, while the magnetic induction in the central bore of the electromagnetic apparatus exceeds the induction value of the apparatus with a three-phase winding. (Conclusions) It was found that the electromagnetic apparatus complete with the developed control system has the following advantages: controlled connection time of the windings of each of the phases; the process of magnetization of the magnetic system has been streamlined; magnetic induction in the central bore of the electromagnetic apparatus has been increased; losses in the winding and eddy currents have been reduced; electromagnetic power consumed from the network has been reduced. It was stated that an axial-type electromagnetic apparatus based on a valve-inductor motor with a developed pulse control system allows to obtain improved electromagnetic parameters compared to a three-phase sinusoidal power supply.*

Keywords: *electromagnetic apparatus, multiphase control system, power loss, magnetic induction, ANSYS Maxwell, electrotechnological operations.*

For citation: Adoshev A.I., Antonov S.N., Grevtsev A.N., Goryainov N.S. Issledovanie elektromagnitnogo apparata aksial'nogo ispolneniya dlya uskoreniya elektrotekhnologicheskikh protsessov v sel'skom hozyaystve [Investigation of an axial electromagnetic apparatus for accelerating electrotechnological processes in agriculture]. *Elektrotekhnologii i elektrooborudovanie v APK*. 2023. Vol. 70. N4(53). 85-94 (In Russian). DOI: 10.22314/2658-4859-2023-70-4-85-94. EDN: YQEEKW.

Разработка отечественного высокоточного термометра для инкубаторов

Александр Николаевич Судаков¹,

кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий инкубаторием отдела орнитологии,
e-mail: ansudak@gmail.com;

Оксана Александровна Липа²,

кандидат технических наук, доцент;

Дмитрий Алексеевич Липа²,

старший преподаватель;

Евгений Александрович Андрианов³,

доктор сельскохозяйственных наук, профессор;

Алексей Александрович Андрианов³,

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент;

Николай Игоревич Скуратов¹,

заведующий отделом орнитологии

¹Московский зоопарк, Москва, Российская Федерация;

²Российский государственный университет народного хозяйства имени В.И. Вернадского, г. Балашиха, Российская Федерация;

³Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, г. Воронеж, Российская Федерация

Реферат. Температура инкубации яиц птиц служит важнейшим из факторов, оказывающих влияние на развитие эмбрионов, а измерение температуры – ответственная процедура в технологическом процессе искусственной инкубации. Существующий инструментарий и методы измерения температуры в инкубаторах требуют повышенного уровня технических компетенций от обслуживающего персонала и в высшей степени подвержены влиянию человеческого фактора на результаты измерений. Собрали информацию о технологических приемах, направленных на повышение точности определения температурного режима инкубаторов в действующих хозяйствах. (Цель исследования) Разработать высокоточный специализированный термометр для измерения температуры воздуха в камере инкубаторов. (Материалы и методы) Проанализировали требования специалистов действующих инкубаториев к устройствам контроля температуры. Изучили современную элементную базу в области термометрии. Реализовали алгоритм самотестирования. (Результаты и обсуждение) Разработали с помощью двоячного высокоточного термодатчика алгоритм программной обработки данных, позволяющий получить результат измерений температуры воздуха в камере инкубатора с точностью не ниже $\pm 0,1$ градуса Цельсия. Определили, что информация на экране отображается только в случае, если разность датчиков составляет не более 0,2 градуса Цельсия, это позволяет гарантировать достоверность регистрируемых значений. Учили при разработке устройства на основе анализа требований профильных специалистов действующих хозяйств пожелания в вопросах форм-фактора, исключения нецелевого использования и скорости реакции устройства на изменения температуры. (Выводы) Показали, что определение температуры воздуха в камере инкубатора – критически важный вид контроля. Констатировали, что, обладая инструментарием, позволяющим исключить ошибку, специалист по инкубации имеет возможность анализировать меньшее количество факторов, повлекших изменения в результатах инкубации.

Ключевые слова: термометр, инкубатор, электронагреватель, точность измерений, самотестирование.

Для цитирования: Судаков А.Н., Липа О.А., Липа Д.А., Андрианов Е.А., Андрианов А.А., Скуратов Н.И. Разработка отечественного высокоточного термометра для инкубаторов // *Электротехнологии и электрооборудование в АПК*. 2023. Т. 70. N4(53). С. 95-101. DOI: 10.22314/2658-4859-2023-70-4-95-101. EDN: SKDXDI.

Development of a Domestic High-precision Thermometer for Incubators

Aleksandr N. Sudakov¹,

Ph.D.(Agri.), head of the ornithology department hatchery, e-mail: ansudak@gmail.com;

Oksana A. Lipa²,

Ph.D.(Eng.), associate professor;
Dmitry A. Lipa²,
senior lecturer;
Evgeniy A. Andrianov³,
Dr.Sc.(Agri.), professor;
Aleksey A. Andrianov³,
Ph.D.(Agri.), associate professor;
Nikolay I. Skuratov¹,
head of the ornithology department

¹Moscow Zoo, Moscow, Russian Federation;

²Russian State University of National Economy named after V.I. Vernadsky, Balashikha, Russian Federation;

³Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Voronezh, Russian Federation

Abstract. *The incubation temperature of bird eggs is the most important factor influencing the development of embryos, and temperature measurement is a responsible procedure in the technological process of artificial incubation. The existing instruments and methods of temperature measurement in incubators require an increased level of technical competence from the service personnel and are highly susceptible to the influence of the human factor on the measurement results. We collected information about technological techniques aimed at improving the accuracy of determining the temperature regime of incubators in operating farms. (Research purpose) The research purpose is developing a high-precision specialized thermometer for measuring the air temperature in the incubator chamber. (Materials and methods) Analyzed the requirements of specialists of existing hatcheries for temperature control devices. We have studied the modern element base in the field of thermometry. Implemented a self-testing algorithm. (Results and discussion) Using a dual high-precision thermal sensor, we have developed a software data processing algorithm that allows us to obtain the result of air temperature measurements in the incubator chamber with an accuracy of at least ± 0.1 degrees Celsius. It was determined that the information on the screen is displayed only if the difference between the sensors is no more than 0.2 degrees Celsius, this allows us to guarantee the reliability of the recorded values. During the development of the device, based on the analysis of the requirements of specialized specialists of existing farms, we took into account the wishes regarding the form factor, the exclusion of inappropriate use and the speed of the device's response to temperature changes. (Conclusions) It was shown that the determination of the air temperature in the incubator chamber is a critically important type of control. It was stated that, having the tools to eliminate the error, the incubation specialist has the opportunity to analyze a smaller number of factors that caused changes in the results of incubation.*

Keywords: *thermometer, incubator, electric heater, measurement accuracy, self-testing.*

For citation: Sudakov A.N., Lipa O.A., Lipa D.A., Andrianov E.A., Andrianov A.A., Skuratov N.I. Razrabotka otechestvennogo vysokotochnogo termometra dlya inkubatorov [Development of a domestic high-precision thermometer for incubators]. *Elektrotehnologii i elektrooborudovanie v APK*. 2023. Vol. 70. N4(53). 95-101 (In Russian). DOI: 10.22314/2658-4859-2023-70-4-95-101. EDN: SKDXDI.

УДК 621.311.243 EDN: TJPBIE

DOI: 10.22314/2658-4859-2023-70-4-102-107

Актуальность применения электротрактора в сельском хозяйстве

Леонид Юрьевич Юферев,
доктор технических наук, главный научный сотрудник;
Антон Павлович Споров,
младший научный сотрудник, e-mail: antonspo@yandex.ru

Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Российская Федерация

Реферат. *В современных условиях стремительного развития технологий и повышенного внимания к экологической устойчивости внедрение эффективных и экологически чистых технологий становится одним из приоритетных направлений в индустрии сельского и промышленного секторов. Электротрактора стали основными элементами в сельском и городском хозяйстве, привлекают все больше внимания исследователей и инженеров. Их внедрение обещает революционные изменения в области сельского хозяйства, обеспечивая эффективность, низкое энергопотребление и минимальное воздействие на окружающую среду. (Цель исследования) Провести комплексный анализ существующих электротракторов для выявления ключевых технических характеристик, обосновать актуальность применения электротрактора в сельском*

хозяйстве. (Материалы и методы) Использовали методы анализа, включая сравнительный анализ технических характеристик различных моделей электротракторов, а также оценку их производительности. Рассмотрели материалы, касающиеся конструкции, мощности, энергоэффективности и устойчивости к эксплуатационным условиям различных электротракторов, представленных на рынке. Проанализировали технические характеристики батарейных систем и электродвигателей, используемых в электротракторах, а также методов управления энергопотреблением. (Результаты и обсуждение) Обосновали актуальность применения электротракторов в сельском хозяйстве. Определили компоновку транспортного средства сельскохозяйственного назначения с электроприводом. (Выводы) Показали актуальность применения транспортного средства с электроприводом в сельском хозяйстве. Представили необходимые параметры выбора транспортного средства сельскохозяйственного назначения. Выяснили, что вопросы электрификации сельскохозяйственной техники активно обсуждаются и исследуются в различных странах, таких как Германия, США, Турция, Россия и Украина. Установили, что компании занимаются разработкой электротракторов, что свидетельствует о стремлении к снижению негативного воздействия на окружающую среду и повышению эффективности в сельском хозяйстве.

Ключевые слова: T-16 с электроприводом, электропривод, транспортное средство с электроприводом, асинхронный электродвигатель, затрачиваемая мощность на передвижение, аналитический обзор электротракторов, актуальность применения электротракторов, сельское хозяйство.

Для цитирования: Юферев Л.Ю., Споров А.П. Актуальность применения электротрактора в сельском хозяйстве // *Электротехнологии и электрооборудование в АПК*. 2023. Т. 70. N4(53). С. 102-107. DOI: 10.22314/2658-4859-2023-70-4-102-107. EDN: TJPBIE.

The Relevance of the Use of an Electric Tractor in Agriculture

Leonid Yu. Yuferev,

Dr.Sc.(Eng.), leading researcher;

Anton P. Sporov,

junior researcher, e-mail: antonspo@yandex.ru

Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation

Abstract. In modern conditions of rapid development of technologies and increased attention to environmental sustainability, the introduction of effective and environmentally friendly technologies is becoming one of the priorities in the industry of the rural and industrial sectors. Electric tractors have become key elements in agriculture and urban economy, attracting more and more attention from researchers and engineers. Their implementation promises revolutionary changes in the field of agriculture, ensuring efficiency, low energy consumption and minimal environmental impact. (Research purpose) The research purpose is conducting a comprehensive analysis of existing electric tractors to identify key technical characteristics, to substantiate the relevance of using an electric tractor in agriculture. (Materials and methods) Analysis methods were used, including a comparative analysis of the technical characteristics of various models of electric tractors, as well as an assessment of their performance. We reviewed materials related to the design, power, energy efficiency and resistance to operating conditions of various electric tractors on the market. The technical characteristics of battery systems and electric motors used in electric tractors, as well as energy management methods, were analyzed. (Results and discussion) The relevance of the use of electric tractors in agriculture has been substantiated. The layout of an agricultural vehicle with an electric drive was determined. (Conclusions) The relevance of the use of a vehicle with an electric drive in agriculture has been shown. The necessary parameters for choosing an agricultural vehicle were presented. We found out that the issues of electrification of agricultural machinery are being actively discussed and researched in various countries, such as Germany, the USA, Turkey, Russia and Ukraine. It was established that the companies are engaged in the development of electric tractors, which indicates a desire to reduce the negative impact on the environment and increase efficiency in agriculture.

Keywords: T-16 with electric drive, electric drive, vehicle with electric drive, asynchronous electric motor, power consumption for movement, analytical review of electric tractors, relevance of the use of electric tractors, agriculture.

For citation: Yuferev L.Yu, Sporov A.P. Aktual'nost' primeneniya elektrotraktora v sel'skom hozyaystve [The relevance of the use of an electric tractor in agriculture]. *Elektrotehnologii i elektrooborudovanie v APK*. 2023. Vol. 70. N4(53). 102-107 (In Russian). DOI: 10.22314/2658-4859-2023-70-4-102-107. EDN: TJPBIE.