УДК 631.311.86 DOI 10.22314/2658-4859-2021-68-4-3-8

Разработка энерго- ресурсосберегающих установок для обеззараживания почвы и субстрата

Ирина Геннадиевна Поспелова[1],
кандидат технических наук, доцент, e-mail: pospelova@mail.ru;
Иван Владимирович Возмищев[2],
старший преподаватель;
Иван Ревович Владыкин[1],
доктор технических наук, профессор

[1]Ижевская государственная сельскохозяйственная академия, г. Ижевск, Российская Федерация;
[2]Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова, г. Ижевск, Российская Федерация

Реферат. *Почва – благоприятная среда для обитания множества микроорганизмов, болезне-творных бактерий, спор грибов, яиц насекомых в связи с наличием в ней питательных веществ и влаги. Обработку почвы от вредителей и возбудителей болезней сельскохозяйственных культур с целью обеззараживания можно осуществлять химическим, энергетическим, термическим, биологическим способами. Наиболее распространенный способ – термический. В качестве альтернативного источника энергии предлагается использовать инфракрасный нагрев. (Цель исследования) Разработать энерго- ресурсосберегающие установки для обеззараживания почвы и субстрата. (Материалы и методы) Представили три устройства для обеззараживания почвы и субстрата инфракрасным излучением, привели их возможности. (Результаты и обсуждение) Показали, что один из вариантов прогрессивных научно-технических разработок – разработка программного управления обеззараживания почвы и субстрата для реализации энергосберегающих электротехнологий, выполняющего регулирование определенных параметров в зависимости от заданных значений: времени нагрева, высоты рамы с ИК-горелками над землей, влажности, пористости, температуры почвы, температуры окружающего воздуха и мощности инфракрасных горелок. (Выводы) Установили в ходе анализа состояния и перспектив развития обработки почвы перед посадкой необходимость разработки научно обоснованных устройств для обеззараживания почвы и субстрата. Определили, что предложенное использование программного регулирования обеззараживания почвы и субстрата позволит задавать и поддерживать требуемый уровень обработки в зависимости от технологического процесса, вида почвы, открытого или закрытого грунта. Выявили, что применение системы автоматического регулирования обеззараживанием даст возможность достичь оптимальных параметров обработки и повышения продуктивных показателей.*

Ключевые слова: *установка, энерго- ресурсосбережение, обеззараживание почвы, ИК-нагрев, температура, инфракрасное излучение, энергоэффективность, программное регулирование, глубина прогрева, оптимальные режимы обработки.*

Для цитирования: Поспелова И.Г., Возмищев И.В., Владыкин И.Р. Разработка энерго- ресурсосберегающих установок для обеззараживания почвы и субстрата // *Электротехнологии и электрооборудование в АПК*. 2021. Т. 68. N4(45). С. 3-8. DOI 10.22314/2658-4859-2021-68-4-3-8.

Development of Energy-Resource-Saving Plants for Disinfection of Soil and Substrate

Irina G. Pospelova[1],
Ph.D.(Eng.), associate professor, e-mail: pospelova@mail.ru;
Ivan V. Vosmishchev[2],
senior lecturer;
Ivan R. Vladykin[1],
Dr.Sc.(Eng.), professor

[1]Izhevsk State Agricultural Academy, Izhevsk, Russian Federation;
[2]Izhevsk State Technical University named after M.T. Kalashnikov, Izhevsk, Russian Federation

Abstract. *The soil is a favorable environment for many microorganisms, pathogenic bacteria, fungal spores, insect eggs due to the presence of nutrients and moisture in it. Soil treatment from pests and pathogens of agricultural crops*

for the purpose of disinfection can be carried out by chemical, energy, thermal and biological methods. The most common method is thermal. The article proposes to use infrared heating as an alternative energy source. (Research purpose) The research purpose is developing energy-resource-saving installations for disinfection of soil and substrate. (Materials and methods) The article presents three devices and their capabilities for disinfection of soil and substrate with infrared radiation. (Results and discussion) One of the options for progressive scientific and technical developments is the development of software management of soil and substrate disinfection for the implementation of energy-saving electrical technologies, which regulates parameters depending on the set values: heating time, height of the frame with IR burners above the ground, humidity, porosity, soil temperature, ambient temperature and power of infrared burners. (Conclusions) During the analysis of the state and prospects for the tillage before planting, the need for the development of scientifically based devices for disinfection of soil and substrate was justified. The proposed use of software control of soil and substrate disinfection will allow setting and maintaining the required level of treatment depending on the technological process, type of soil, open or closed ground. The use of an automatic disinfection control system will make it possible to achieve optimal processing parameters and increase productive indicators.
Keywords: *installation, energy saving, soil disinfection, IR heating, temperature, infrared radiation, energy efficiency, software control, heating depth, optimal processing modes.*

For citation: Pospelova I.G., Vozmishchev I.V., Vladykin I.R. Razrabotka energo- resursosberegayushchikh ustanovok dlya obezzarazhivaniya pochvy i substrata [Development of energy-resource-saving plants for disinfection of soil and substrate]. *Elektrotekhnologii i elektrooborudovanie v APK*. 2021. Vol. 68. N4(45). 3-8 (In Russian). DOI 10.22314/2658-4859-2021-68-4-3-8.

УДК 631.171 DOI 10.22314/2658-4859-2021-68-4-9-16

Автоматизированный способ контроля наполнения маслом полимерных и композиционных материалов

Владимир Сергеевич Бычковский,
старший преподаватель, e-mail: bikovskii_vs@mail.ru;
Николай Григорьевич Филиппенко,
кандидат технических наук, доцент;
Александр Валерьевич Лившиц,
доктор технических наук, профессор;
Денис Викторович Баканин,
аспирант;
Эмиль Физули-оглы Фарзалиев,
аспирант

Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, Российская Федерация

Реферат. *Для модернизации полимерных и композиционных материалов с целью повышения их эксплуатационных свойств, а именно прочности и износостойкости, создаются маслонаполненные полимерные и композиционные материалы. Наполнение маслом изготовленной детали проблематично с точки зрения автоматизации контроля наполненного состояния. Процесс омасления применим для полимерных или композиционных сепараторов подшипников сельскохозяйственных машин (кормоуборочных, хлопкоуборочных, виноградоуборочных комбайнов и других), чтобы увеличить ресурс их работы в условиях большого количества пыли и грязи, а также в случаях сухого старта. (Цель исследования) Разработать методику автоматизированного контроля наполнения антифрикционными материалами конструкционных полимеров и композитов, применяемых в машинах аграрной отрасли. (Материалы и методы) Спроектировали и изготовили экспериментальную установку, провели натурные испытания. Показали, что разработанная оригинальная схема размещения датчиков позволяет выполнить экспериментальные исследования по измерению объемной температуры тела полимерного или композиционного образца в процессе пропитки в режиме онлайн. Установили, что дифференцирование полученных результатов, представленных в графическом виде, дает возможность оперативно анализировать динамику изменения температуры в толще материала. (Результаты и обсуждение) Определили оптимальную пропорцию смеси гексана и моторного масла М-8В и наиболее благоприятные температурные режимы. Подтвердили предположение о возможности использования данной методики в технологии маслонаполнения антифрикционных изделий из полимерных и композитных материалов. (Выводы) Констатировали, что методика позволяет выявлять*

наполненное состояние изготовленных полимерных или композиционных деталей, применяемых в узлах трения сельскохозяйственных машин, без внедрения термодатчиков, контроль производится по полученным ранее значениям скорости и времени пропитки на заданную глубину проникновения масляного наполнителя в зависимости от типа материала.
Ключевые слова: *маслонаполнение, автоматизированный контроль, агропромышленность, полимерные и композиционные материалы.*

Для цитирования: Бычковский В.С., Филиппенко Н.Г., Лившиц А.В., Баканин Д.В., Фарзалиев Э.Ф. Автоматизированный способ контроля наполнения маслом полимерных и композиционных материалов // *Электротехнологии и электрооборудование в АПК*. 2021. Т. 68. N4(45). С. 9-16. DOI 10.22314/2658-4859-2021-68-4-9-16.

Automated Method for Controlling Oil Filling of Polymer and Composite Materials

Vladimir S. Bychkovskiy,
senior lecturer, e-mail: bikovskii_vs@mail.ru;
Nikolay G. Filippenko,
Ph.D.(Eng.), associate professor;
Aleksandr V. Livshits,
Dr.Sc.(Eng.), professor;
Denis V. Bakanin,
postgraduate;
Emil' F. Farzaliev,
postgraduate

Irkutsk State Transport University, Irkutsk, Russian Federation

Abstract. *For the modernization of polymer and composite materials in order to increase their operational properties, namely strength and wear resistance, there are created oil-filled polymer and composite materials. Filling the manufactured part with oil is problematic in the automating the control of the filled state. The filling process is applicable for polymer or composite bearing separators of agricultural machines (forage harvesters, cotton harvesters, grape harvesters and others) in order to increase their service life in conditions of a large amount of dust and dirt, as well as in cases of dry start. (Research purpose) The research purpose is in developing a methodology for automated filling control of structural polymers and composites used in agricultural machinery with antifriction materials. (Materials and methods) The article presents designed and produced experimental installation and field tests. The developed sensor placement scheme allows performing experimental studies on measuring the volumetric body temperature of a polymer or composite sample during the impregnation process online. The differentiation of the obtained results, presented in graphical form, makes it possible to quickly analyze the dynamics of temperature changes in the thickness of the material. (Results and discussion) The article presents the optimal proportion of a mixture of hexane and M-8B engine oil and the most favorable temperature conditions. It was confirmed the possibility of using this technique in the technology of oil filling of antifriction products made of polymer and composite materials. (Conclusions) The technique makes it possible to identify the filled state of manufactured polymer or composite parts used in friction units of agricultural machines without the introduction of thermal sensors. The control is carried out according to the previously obtained values of the speed and time of impregnation to a given depth of penetration of the oil filler, depending on the type of material.*
Keywords: *oil filling, automated control, agricultural industry, polymer and composite materials.*

For citation: Bychkovskiy V.S., Filippenko N.G., Livshits A.V., Bakanin D.V., Farzaliev E.F. Avtomatizirovannyy sposob kontrolya napolneniya maslom polimernykh i kompozitsionnykh materialov [Automated method for controlling oil filling of polymer and composite materials]. *Elektrotekhnologii i elektrooborudovanie v APK*. 2021. Vol. 68. N4(45). 9-16 (In Russian). DOI 10.22314/2658-4859-2021-68-4-9-16.

УДК 631.171:004.3:681.587.78 DOI 10.22314/2658-4859-2021-68-4-17-22

Алгоритм системы автоматизированных научных исследований процесса сушки многокомпонентных полимеров

Эмиль Физули-оглы Фарзалиев,
аспирант, e-mail: pro.porp2014@yandex.ru;
Николай Григорьевич Филиппенко,
кандидат технических наук, доцент;
Владимир Сергеевич Бычковский,
ассистент;
Тамара Темуриевна Чумбадзе,
аспирант;
Демид Сергеевич Грамаков,
аспирант

Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, Российская Федерация

Реферат. *Одна из основных проблем низкого качества производимой продукции из полимерных материалов – избыточное содержание влаги в исходном сырье. Более ранние разработки авторов показывают возможность контроля и исключения этого фактора методом предварительной акклиматизации и сушки материала. Автоматизацию сушки исходного сырья для полимерной упаковки на предприятии разработать и внедрить невозможно без предварительного проведения исследований технологического процесса сушки, выработки рекомендаций по организации системы автоматизированного управления. Вопрос с сушкой многокомпонентных и композиционных материалов в составе готовой смеси на сегодняшний день остается открытым. (Цель исследования) Разработать алгоритм автоматизации научных исследований процесса высокочастотной сушки многокомпонентных полимерных материалов. (Материалы и методы) Рассмотрели существующие системы автоматизированных систем научных исследований высокочастотной обработки и их методологию, за основу взяли установленные ранее контролируемые параметры процесса. Показали подход и разработали алгоритм автоматизированной системы научных исследований процесса сушки многокомпонентной смеси полимеров. Предложили новый температурный параметр, контролируемый в объеме нагреваемого полимера. Выбрали глубину контролируемого слоя по разработанной методике. (Результаты и обсуждение) Предусмотрели защиту системы от пробойных явлений, которая ограничивает в автоматическом режиме потребление тока в соответствии с характеристиками промышленного оборудования (0,9 ампер). Определили закон изменения мощности высокочастотного генератора в зависимости от угла поворота регулятора, автоматизировали систему управления. (Выводы) Выявили, что разработанная система автоматизированного научного исследования позволила провести серию экспериментов, результаты которых после окончательной обработки будут представлены научному сообществу в ближайшее время.*

Ключевые слова: *ВЧ-электротермия, полимер, сушка, анодный ток.*

Для цитирования: Фарзалиев Э.Ф., Филиппенко Н.Г., Бычковский В.С., Чумбадзе Т.Т., Грамаков Д.С. Алгоритм системы автоматизированных научных исследований процесса сушки многокомпонентных полимеров // *Электротехнологии и электрооборудование в АПК*. 2021. Т. 68. N4(45). С. 17-22. DOI 10.22314/2658-4859-2021-68-4-17-22.

Algorithm of the Automated Scientific Research System for Studying the Drying Process of Multicomponent Polymers

Emil' F. Farzaliev,
postgraduate, e-mail: pro.porp2014@yandex.ru;
Nikolay G. Filippenko,
Ph.D.(Eng.), associate professor;
Vladimir S. Bychkovskiy,
assistant;
Tamara T. Chumbadze,
postgraduate;
Demid S. Gramakov,
postgraduate

Irkutsk State Transport University, Irkutsk, Russian Federation

Abstract. *One of the main quality problems of products made of polymer materials is the excessive moisture content in the feedstock. Earlier developments of the authors show the possibility of controlling and eliminating this factor by the method of preliminary acclimatization and drying of the material. Automation of drying of raw materials for polymer packaging at the enterprise cannot be developed and implemented without preliminary research of the drying process, development of recommendations for the organization of an automated control system. The issue of drying multicomponent and composite materials in the finished mixture remains open today. (Research purpose) The research purpose is developing an algorithm for automating scientific research of the high-frequency drying process of multicomponent polymer materials. (Materials and methods) The article presents the existing automated systems for scientific research of high-frequency processing and their methodology, based on previously stated controlled parameters. The article describes the approach and the algorithm for an automated system of scientific research of the drying process of a multicomponent polymer mixture. A new temperature parameter controlled in the volume of the heated polymer was proposed. The depth of the controlled layer was selected according to the described methodology. (Results and discussion) The system was protected from breakdown phenomena, which limits the current consumption in automatic mode in accordance with the characteristics of industrial equipment (0.9 amperes). The automatization of control system was made using the studied law of changing the power of a high-frequency generator on the rotation angle of the regulator. (Conclusions) The developed system of automated scientific research made it possible to conduct a series of experiments, the results of which, after final processing, will be presented to the scientific community in the near future.*
Keywords: *microwave electrothermy, polymer, drying, anode current.*

For citation: Farzaliev E.F., Filippenko N.G., Bychkovskiy V.S., Chumbadze T.T., Gramakov D.S. Algoritm sistemy avtomatizirovannykh nauchnykh issledovaniy protsessa sushki mnogokomponentnykh polimerov [Algorithm of the automated scientific research system for studying the drying process of multicomponent polymers]. *Elektrotekhnologii i elektrooborudovanie v APK*. 2021. Vol. 68. N4(45). 17-22 (In Russian). DOI 10.22314/2658-4859-2021-68-4-17-22.

УДК 621.311.1 DOI 10.22314/2658-4859-2021-68-4-23-28

Устройство для удаленного и мобильного измерения параметров режимов работы электрических сетей сельскохозяйственных объектов

Алексей Валерьевич Букреев,
младший научный сотрудник, e-mail: skiffdark@mail.ru

Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Российская Федерация

Реферат. *К числу основных методов, которые применяются в процессе энергетического обследования сельскохозяйственных объектов, относится инструментальное обследование как электрической сети предприятия в целом, так и отдельных технологических процессов, электроприемников и электрооборудования. Инструментальное исследование позволяет составлять графики электрической нагрузки, фиксировать потребление электрической энергии и контролировать основные параметры режимов работы электрической сети предприятия в разных ее точках. Проведение таких измерений желательно выполнять без отключения электроприемников, так как это может привести к убыткам для предприятия. Имеющиеся приборы и приборные комплексы не позволяют удаленно выполнять мониторинг параметров режимов работы электрических сетей, не приспособлены для длительных измерений в условиях сельскохозяйственных объектов. Стационарно устанавливаемые приборы учета, устройства мониторинга не обеспечивают необходимой мобильности при проведении энергоаудита. Требуется разработка устройств для удаленного и мобильного измерения параметров режимов работы электрических сетей сельскохозяйственных объектов. (Цель исследования) Разработать устройство для удаленного и мобильного измерения параметров режимов работы электрических сетей сельскохозяйственных объектов. (Материалы и методы) Проанализировали литературные источники, выполнили анализ существующих средств измерения параметров электрической энергии. (Результаты и обсуждение) Выявили, что существующие способы и технические средства, позволяющие производить исследование параметров режимов работы электрических сетей, не приспособлены к проведению длительных измерений в условиях сельскохозяйственных объектов, так как имеют низкую степень защиты от окружающей среды и высокую стоимость. Разработали схемы устройства. Изготовили экспериментальный образец. Провели его испытания, направленные на проверку точности измерений и правильность выполнения заданных функций. (Выводы) Разработали устройство для удаленного и мобильного измерения параметров режимов работы электрических сетей*

сельскохозяйственных объектов. Подтвердили по результатам испытаний работоспособность разработанного устройства.

Ключевые слова: *электрические сети сельскохозяйственных объектов, контрольно-измерительные приборы измерения, параметры режимов работы, энергетические обследования.*

Для цитирования: Букреев А.В. Устройство для удаленного и мобильного измерения параметров режимов работы электрических сетей сельскохозяйственных объектов // *Электротехнологии и электрооборудование в АПК*. 2021. Т. 68. N4(45). С. 23-28. DOI 10.22314/2658-4859-2021-68-4-23-28.

Device for Remote and Mobile Monitoring of Electrical Grids of Agricultural Facilities

Aleksey V. Bukreev,
junior researcher, e-mail: skiffdark@mail.ru

Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation

Abstract. *The main methods that are used in the process of energy inspection of agricultural facilities include instrumental inspection of both the electrical grid of the enterprise as a whole and individual technological processes, electrical devices and electrical equipment. The instrumental survey allows you to get diagrams of the electrical load, record the consumption of electrical energy and investigate the main parameters of the electric grid on the enterprise at its different points. It is desirable to carry out such measurements without disconnecting the electrical devices, as this can lead to losses for the enterprise. The available instruments and complexes do not allow remote monitoring of the operating parameters of the electrical grid, are not adapted for long-term measurements in the conditions of agricultural facilities. Permanently installed metering devices, monitoring devices do not provide the necessary mobility during the energy audit. It is required to develop devices for remote and mobile measurement of operating parameters electrical grid of agricultural facilities. (Research purpose) The research purpose is in developing a device for remote and mobile measurement of operating parameters of electric grid of agricultural facilities. (Materials and methods) The article presents the analysis of literature sources, the analysis of existing means for measuring electrical energy parameters. (Results and discussion) The existing methods and technical means that allow for the study of the parameters of the operating modes of electric networks are not adapted to long-term measurements in the conditions of agricultural facilities, since they have low protection from the environment and a high cost. The article presents the developed device schematics and an experimental sample. Its tests were conducted verifying the accuracy of measurements and the correctness of the specified functions. (Conclusions) A device has been developed for remote and mobile measurement of operating parameters of electrical grid of agricultural facilities. Based on the test results, the operability of the developed device was confirmed.*

Keywords: *electrical networks of agricultural facilities, control and measuring devices, measurements, parameters of operating modes, energy surveys.*

For citation: Bukreev A.V. Ustroystvo dlya udalennogo i mobil'nogo izmereniya parametrov rezhimov raboty elektricheskikh setey sel'skokhozyaystvennykh obektov [Device for remote and mobile monitoring of electrical grids of agricultural facilities]. *Elektrotekhnologii i elektrooborudovanie v APK*. 2021. Vol. 68. N4(45). 23-28 (In Russian). DOI 10.22314/2658-4859-2021-68-4-23-28.

УДК 631.171:004.3:681.587.78 DOI 10.22314/2658-4859-2021-68-4-29-35

Аспекты исследований моделирования и автоматизированного управления процессами фотополимеризации

Тамара Темуриевна Чумбадзе,
ассистент, e-mail: tamriko98@yandex.ru;
Николай Григорьевич Филиппенко,
кандидат технических наук, доцент;
Александр Валерьевич Лившиц,
доктор технических наук, профессор;
Эмиль Физули-оглы Фарзалиев,
аспирант;
Владимир Сергеевич Бычковский,
старший преподаватель

Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, Российская Федерация

Реферат. *Использование полимеров в агропромышленном комплексе за последние десятилетия возросло. Это связано с их применением в качестве конструкционных материалов в оборудовании, по обработке, хранению и приготовлению сельскохозяйственных продукции. Привели обзор состояния существующих систем управления процессом прогнозируемой полимеризации, литературный и патентный анализ представленных математических моделей химических реакций полимеризации. Рассмотрели методики контроля процессов проектирования, изготовления, моделирования и построения систем автоматизированного управления. (Цель исследования) Определить перспективные направления по разработке и исследованиям процесса проектирования материалов и изделий из фотополимеров с заранее заданными конструкционными свойствами. (Материалы и методы) Изучили программные комплексы для моделирования полимерных материалов, алгоритмы и математические модели полимеризации. Использовали литературно-патентный обзор. (Результаты и обсуждение) Проанализировали программные комплексы для моделирования полимерных материалов. Показали, что в явном, визуализированном виде процесс создания фотополимеров с заданными конструкционными параметрами в них не представлены. Выполнили анализ типового технологического процесса, как объекта управления, на примере алгоритма функционирования конкретного производственного подразделения, установили возможность совершенствования существующих систем автоматизированного управления им. Доказали вероятность построения автоматизированной системы управления технологическим процессом фотополимеризации, стабилизации физико-химических процессов при производстве изделий из полимеров. (Выводы) Определили актуальные задачи дальнейших исследований, направленных на создание комплекса программного обеспечения моделирования материалов с заданными конструкционными свойствами; математического аппарата расчета и моделирования процессов фотополимеризации; построения автоматизированных систем управления технологическими процессами изготовления изделий из фотополимерных конструкционных материалов.*

Ключевые слова: *фотополимеризация, прогнозируемое управление, математическая модель, алгоритм полимеризации.*

Для цитирования: Чумбадзе Т.Т., Филиппенко Н.Г., Лившиц А.В., Фарзалиев Э.Ф., Бычковский В.С. Аспекты исследований моделирования и автоматизированного управления процессами фотополимеризации // *Электротехнологии и электрооборудование в АПК*. 2021. Т. 68. N4(45). С. 29-35. DOI 10.22314/2658-4859-2021-68-4-29-35.

Aspects of Modeling and Automated Control of Photopolymerization Processes

Tamara T. Chumbadze,
postgraduate, e-mail: tamriko98@yandex.ru;
Nikolay G. Filippenko,
Ph.D.(Eng.), associate professor;
Aleksandr V. Livshits,
Dr.Sc.(Eng.), professor;
Emil F. Farzaliev,
postgraduate;
Vladimir S. Bychkovskiy,
senior lecturer

State Transport University, Irkutsk, Russian Federation

Abstract. *The use of polymers in the agro-industrial complex has increased over the past decades. This is due to their use as structural materials in equipment for processing, storage and preparation of agricultural products. The article presents the overview of the state of existing control systems for the process of predicted polymerization, a literary and patent analysis of the presented mathematical models of chemical polymerization reactions. There are considered the methods of control of the processes of design, manufacture, modeling and construction of automated control systems. (Research purpose) The research purpose is to determine the promising directions for the development and research of the designing materials and products made of photopolymers with predetermined structural properties. (Materials and methods) The article presents software complexes for modeling polymer materials, algorithms and mathematical models of polymerization. Authors used a literary and patent review in the study. (Results and discussion) The analyze of the program complexes for modeling polymer materials shows that in an explicit, visualized form, the process of creating photopolymers with specified design parameters is not represented in them. The analysis*

of a typical technological process as an object of management was carried out using the example algorithm of a specific production unit, and have established the possibility of improving existing automated control systems for it. The article describes the possibility of constructing an automated control system for the technological process of photopolymerization, stabilization of physico-chemical processes in the production of polymer products. (Conclusions) The actual tasks of further research is creating a software package for modeling materials with specified structural properties; mathematical apparatus for calculating and modeling photopolymerization processes; construction of automated control systems for technological processes of manufacturing products from photopolymer structural materials.
Keywords: *photopolymerization, predictable control, mathematical model, polymerization algorithm.*

For citation: Chumbadze T.T., Filippenko N.G., Livshits A.V., Farzaliev E.F., Bychkovskiy V.S. Aspekty issledovaniy modelirovaniya i avtomatizirovannogo upravleniya protsessami fotopolimerizatsii [Aspects of modeling and automated control of photopolymerization processes]. *Elektrotekhnologii i elektrooborudovanie v APK*. 2021. Vol. 68. N4(45). 29-35 (In Russian). DOI 10.22314/2658-4859-2021-68-4-29-35.

УДК 629.064.5 DOI 10.22314/2658-4859-2021-68-4-36-44

Система автономного освещения железнодорожных объектов

Елена Валентиновна Гусарова[1],
старший преподаватель;
Валерий Владимирович Харченко[2],
доктор технических наук, главный научный сотрудник;
Валентин Александрович Гусаров[1],
доктор технических наук, главный научный сотрудник, e-mail: cosinys50@mail.ru

[1]Российский университет транспорта, Москва, Российская Федерация;
[2]Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Российская Федерация

Реферат. *Железные дороги проходят по всей территории России. Есть участки дорог, где линии централизованного электроснабжения расположены далеко или отсутствуют. На таких участках при пересечении автомобильных и железных дорог в одном уровне регулировать и обеспечить безопасность движения на должном уровне сложно. (Цель исследования) Провести анализ имеющегося на российском рынке оборудования, работающего на возобновляемых источниках энергии, для решения проблемы гарантированного электроснабжения удаленных объектов железнодорожной инфраструктуры и произвести выбор наиболее перспективных типов, эффективность которых зависит от природных и климатических условий. (Материалы и методы) Предложили систему электроснабжения, которая может быть применена на различных искусственных и инженерных сооружениях железнодорожного транспорта общего назначения, таких как переезды, мосты, тоннели, переходы перед мостами и тоннелями, разъезды и другие, для аварийного или дежурного освещения. Показали, что такая система позволяет экономить электроэнергию, поступающую от централизованной системы электроснабжения, а в случае ее аварийного отключения длительное время обеспечивать электроснабжение объекта, и выполнять функцию резервного электроснабжения, но особое значение она принимает в местах, где отсутствуют централизованные сети, при использовании ее как автономной системы электроснабжения. (Результаты и обсуждение) Создали классификацию по категориям автономных систем электроснабжения, критериям важности и объему электропотребления приемников объекта, привели условия их применения. Разработали и представили блок-схему системы электроснабжения пешеходного перехода через одноколейный путь с резервированием энергии до трех суток. Произвели расчет суточного энергопотребления железнодорожного пешеходного перехода с освещением и железнодорожными светофорами, установили энергетическую емкость аккумуляторных батарей с резервированием до трех суток, рассчитали мощность и количество фотоэлектрических преобразователей. (Выводы) Представили пример автономной системы освещения железнодорожного пешеходного перехода с установленными техническими параметрами оборудования, показали социальную и экономическую эффективность ее применения.*
Ключевые слова: *источники возобновляемой энергии, комбинированная система электроснабжения, автономная система электроснабжения, фотоэлектрические модули, аккумуляторная батарея, пешеходный переход, железнодорожные линии.*

Для цитирования: Гусарова Е.В., Харченко В.В., Гусаров В.А. Система автономного освещения железнодорожных объектов // *Электротехнологии и электрооборудование в АПК*. 2021. Т. 68. N4(45). С. 36-44. DOI 10.22314/2658-4859-2021-68-4-36-44.

System of the Autonomous Lighting of Railway Objects

Elena V. Gusarova[1],
senior lecturer;
Valeriy V. Kharchenko[2],
Dr.Sc.(Eng.), chief researcher;
Valentin A. Gusarov[2],
Dr.Sc.(Eng.), chief researcher, e-mail: cosinys50@mail.ru
[1]Russian University of Transport, Moscow, Russian Federation;
[2]Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation

Abstract. *Railways run throughout Russia. There are sections of roads where centralized power supply lines are located far away or absent. It is difficult to regulate and ensure traffic safety at the sufficient level on such sections at the intersection of roads and railways at the same level. (Research purpose) The research purpose is to analyze the equipment available on the Russian market, powered by renewable energy sources, to solve the problem of guaranteed power supply to remote railway infrastructure objects and to select the most promising types, the effectiveness of which depends on natural and climatic conditions. (Materials and methods) The article presents a power supply system that can be applied to various artificial and engineering structures of general-purpose railway transport, such as crossings, bridges, tunnels, crossings in front of bridges and tunnels, sidings and others, for emergency or on-duty lighting. Such a system allows you to save electricity coming from a centralized power supply system, and in the case of an emergency shutdown, to provide power supply to the facility for a long time, and perform the function of backup power supply, but it takes on special importance in places where there are no centralized networks, when using it as an autonomous power supply system. (Results and discussion) The article presents a classification according to the categories of autonomous power supply systems, criteria of importance and power consumption of the objects, and gives the conditions for their use. The article describes a block diagram of the power supply system of a pedestrian crossing over a single track with energy reservation for up to three days. The daily energy consumption of a railway pedestrian crossing with lighting and railway traffic lights, installed the energy capacity of batteries with redundancy for up to three days, the power and number of photovoltaic converters are calculated. (Conclusions) An example of an autonomous lighting system for a railway pedestrian crossing with established technical parameters of equipment showed the social and economic efficiency of its application.*
Keywords: *renewable energy sources, combined power supply system, autonomous power supply system, photovoltaic modules, battery, pedestrian crossing, railway lines.*

For citation: Gusarova E.V., Kharchenko V.V., Gusarov V.A. Sistema avtonomnogo osveshcheniya zheleznodorozhnykh obektov [System of autonomous lighting of railway objects]. *Elektrotekhnologii i elektrooborudovanie v APK*. 2021. Vol. 68. N4(45). 36-44 (In Russian). DOI 10.22314/2658-4859-2021-68-4-36-44.

УДК 631.363.2 DOI 10.22314/2658-4859-2021-68-4-45-50

Выбор частных показателей комплексной оценки эффективности использования измельчителя корнеклубнеплодов

Алексей Иванович Ряднов[1],
доктор сельскохозяйственных наук, профессор, e-mail: alex.rjadnov@mail.ru;
Ольга Алексеевна Федорова[1],
доктор технических наук, доцент;
Анжела Канвековна Мамахай[2],
специалист

[1]Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград, Российская Федерация;
[2]Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Российская Федерация

Реферат. *Обеспечение устойчивой кормовой базы – одно из важнейших условий интенсивного ведения животноводства. Другое обязательное условие – применение современных способов приготовления кормов с использованием высокоэффективных технических средств. Оценка эффективности разработанного технического средства должна осуществляться не по одному показателю, а совокупностью частных показателей, объединенных в комплексный критерий с учетом важности всех выбранных частных показателей. (Цель исследования) Выбрать на основе анализа научных работ и функционирования технических средств, используемых с целью измельчения корнеклубнеплодов для корма крупного рогатого скота, важнейшие частные показатели для комплексной оценки эффективности измельчителя корнеклубнеплодов. (Материалы и методы) Методической базой выбора показателей комплексной оценки эффективности использования измельчителя послужили положения теории эффективности технических средств. Исходным материалом для определения совокупности частных показателей комплексной оценки эффективности использования измельчителей корнеклубнеплодов стали их технические характеристики и показатели качества выполнения технологической операции. (Результаты и обсуждение) Выделили на основе анализа научно-исследовательских работ и производственного опыта две ключевые группы показателей для комплексной оценки эффективности применения измельчителей корнеклубнеплодов: мощность на измельчение корнеклубнеплодов – $N_{изм.}$, затраты труда на единицу измельченной продукции – Зт, производительность измельчителя – Wч, наработка на отказ – t_0, затраты времени на устранение технологических неисправностей – $t_{технол.}$, удельная трудоемкость технического обслуживания измельчителя $t_{уд.ТО}$, уровень потерь сока – Пс. Предложили определять относительную значимость каждого частного показателя по методу экспертной оценки. (Выводы) Выбрали показатели для комплексной оценки эффективности использования измельчителей корнеклубнеплодов: экономические и качества. Отнесли к экономическим показателям затраты мощности на измельчение корнеклубнеплодов и затраты труда при измельчении; к показателям качества – производительность измельчителя за единицу времени, наработку на отказ, затраты времени на устранение технологических неисправностей, удельную трудоемкость технического обслуживания измельчителя и уровень потерь сока.*

Ключевые слова: *измельчение корнеклубнеплодов, комплексная оценка эффективности использования измельчителя, частные показатели эффективности.*

Для цитирования: Ряднов А.И., Федорова О.А., Мамахай А.К. Выбор частных показателей комплексной оценки эффективности использования измельчителя корнеклубнеплодов // *Электротехнологии и электрооборудование в АПК*. 2021. Т. 68. N4(45). С. 45-50. DOI 10.22314/2658-4859-2021-68-4-45-50.

Special Indicators of Integrated Efficiency Assessment of Using the Root Crops Cutter

Alexey I. Ryadnov[1],
Dr.Sc.(Agr.), professor, e-mail: alex.rjadnov@mail.ru;
Olga A. Fedorova[1],
Dr.Sc.(Eng.), associate professor;
Angela K. Mamakhay[2],
specialist

[1]Volgograd State Agrarian University, Volgograd, Russian Federation;
[2]Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation

Abstract. *Ensuring a stable feed base is one of the most important conditions for intensive livestock farming. Another necessary and obligatory condition is the use of modern methods of feed preparation with the use of highly efficient technical means. Evaluation of the effectiveness of the developed technical means should be carried out not by one indicator, but by a set of specific indicators combined into a complex criterion, taking into account the importance of all selected private indicators. (Research purpose) The research purpose is selecting the most important specific indicators for a comprehensive assessment of the effectiveness of the root crops cutter based on the analysis of scientific papers and the functioning of technical means used for the cutting of root crops for cattle feed. (Materials and methods) The methodological basis for the selection of indicators for a comprehensive effectiveness of the cutter was the effectiveness theory of the technical means. The initial material for determining the specific indicators of an efficiency assessment was their technical characteristics and quality indicators of the technological operation. (Results and discussion) Based on the analysis of research work and production experience, two key groups of indicators were identified for the effectiveness assessment of the cutter. They are the power for cutting – $N_{изм}$, labor costs per unit of cutted products – Зт, capacity of the cutter – Wч, operating time for failure – t_0, time spent on the elimination of technological malfunctions – $t_{технол}$, specific labor cost of maintenance $t_{уд.ТО}$, level of juice loss Пс. It was proposed to determine the relative importance of each specific indicator by the method of expert evaluation.*

(Conclusions) Indicators for a comprehensive assessment of the efficiency of the use of root crop shredders are economic and quality. The economic indicators were attributed to the power costs for cutting root crops and labor costs during cutting; quality indicators include the productivity of the cutter per unit of time, operating time for failure, time spent on eliminating technological malfunctions, specific labor cost of the cutter maintenance and the level of juice losses.
Keywords: *shredding of root crops, comprehensive assessment of the efficiency of cutter, specific performance indicators.*

For citation: Ryadnov A.I., Fedorova O.A., Mamakhay A.K. Vybor chastnykh pokazateley kompleksnoy otsenki effektivnosti ispol'zovaniya izmel'chitelya korneklubneplodov [Special indicators of integrated efficiency assessment of using the root crops cutter]. *Elektrotekhnologii i elektrooborudovanie v APK.* 2021. Vol. 68. N4(45). 45-50. (In Russian). DOI 10.22314/2658-4859-2021-68-3-45-50.

УДК 338.436.33:691.175.5/.8:66.02 DOI 10.22314/2658-4859-2021-68-4-51-55

Применение полимерных материалов и аддитивных технологий в электрооборудовании агропромышленного комплекса

Роман Ярославович Казберов,
инженер, e-mail: kazberov.roman.y@gmail.com

Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Российская Федерация

Реферат. *Аддитивные полимерные технологии находят широкое применение в агропромышленном комплексе. Сегодня востребовано моделирование методом послойного наплавления. Наиболее популярные полимерные материалы для FDM (Fused Deposition Modeling) / FFF (Fused Filament Fabrication) печати – акрилонитрил-бутадиен-стирол, поликарбонат, полиметилметакрилат, полиамид ПА-6 и полимерные композиты на их основе. (Цель исследования) Изучить возможности и перспективы использования аддитивных полимерных технологий в агропромышленном комплексе, взяв за основу реальные кейсы. (Материалы и методы). Проанализировали открытые информационные источники. Применили методы сбора, изучения и сравнительного анализа информации, рассмотрели реальные кейсы, выполненные с помощью материально-технической базы ФНАЦ ВИМ. (Результаты и обсуждение) Установили, что отечественный рынок полимерных материалов и композитов на их основе для 3D-печати по технологии FDM/FFF не так разнообразен, как аналогичный для традиционных методов переработки пластмасс и композитных материалов (литье под давлением, экструзия, прессование и другие). Определили, что причина этого в недостаточной изученности технологий 3D-печати, в частности, FDM/FFF технологии, как метода переработки пластмасс. Показали, что главным фактором развития аддитивных полимерных технологий в агропромышленном комплексе служит растущий спрос на использование 3D-печати. Доказали эффективность применения реальными кейсами, выполненными в результате тесной работы нескольких научно-исследовательских лабораторий ФНАЦ ВИМ. (Выводы) Констатировали, что аддитивное производство имеет большой потенциал для дальнейшего развития, в том числе в рамках агропромышленного комплекса. Отметили, что FDM/FFF технология и аддитивные полимерные технологии в целом отлично дополняют традиционные технологии производства.*
Ключевые слова: *полимерные материалы, аддитивные технологии, сельское хозяйство, моделирование методом послойного наплавления, FDM/FFF.*

Для цитирования: Казберов Р.Я. Применение полимерных материалов и аддитивных технологий в электро-оборудовании агропромышленного комплекса // *Электротехнологии и электрооборудование в АПК*. 2021. Т. 68. N4(45). С. 51-55. DOI 10.22314/2658-4859-2021-68-4-51-55.

Application of Polymer Materials and Additive Technologies in Electrical Equipment of the Agro-Industrial Complex

Roman Ya. Kazberov,
engineer, e-mail: kazberov.roman.y@gmail.com

Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation

Abstract. *Additive polymer technologies are widely used in the agro-industrial complex. Modeling by the method of layer-by-layer deposition is in demand today. The most popular polymer materials for FDM (Fused Deposition Modeling) / FFF (Fused Filament Fabrication) printing are acrylonitrile butadiene styrene, polycarbonate, polymethylmethacrylate, polyamide PA-6 and polymer composites based on them. (Research purpose) The research purpose is in studying the prospects of using additive polymer technologies in agriculture, taking real cases as a basis. (Materials and methods). The article presents the analyze of open information sources. Author used methods of collecting, studying and comparative analysis of information, considered real cases carried out with the use of the material and technical base of the FNAC VIM. (Results and discussion) The domestic market of polymer materials and composites based on them for 3D printing using FDM/FFF technology is not as diverse as similar for traditional methods of processing plastics and composite materials (injection molding, extrusion, pressing and others). The reason for this is the lack of knowledge of 3D printing technologies, in particular, FDM/FFF technology, as a method of plastics processing. The main factor in the development of additive polymer technologies in the agro-industrial complex is the growing demand for the use of 3D printing. The article proves the effectiveness of the application with real cases made as a result of the close work of several research laboratories of FNAC VIM. (Conclusions) Additive manufacturing has great potential for further development, including within the agro-industrial complex. FDM/FFF technology and additive polymer technologies in general perfectly complement traditional production technologies.*
Keywords: *polymeric materials, additive technologies, agriculture, fused deposition modeling, FDM / FFF.*

For citation: Kazberov R.Ya. Primenenie polimernykh materialov i additivnykh tekhnologiy v elektrooborudovanii agropromyshlennogo kompleksa [Application of polymer materials and additive technologies in electrical equipment of the agro-industrial complex]. *Elektrotekhnologii i elektrooborudovanie v APK*. 2021. Vol. 68. N4(45). 51-55 (In Russian). DOI 10.22314/2658-4859-2021-68-4-51-55.

УДК 681.586.69 : 338.436.33 **DOI 10.22314/2658-4859-2021-68-4-56-61**

PTC-термисторы на основе полимерного композиционного материала для применения в агропромышленном комплексе

Роман Ярославович Казберов,
инженер, e-mail: kazberov.roman.y@gmail.com

Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Российская Федерация

Реферат. *Агропромышленный комплекс играет ключевую роль в отечественной экономике, поэтому требуются совершенствование, модернизация существующих и создание новых технологий. Внедрение интеллектуальных и автоматизированных систем, цифровых методов приводит к потребности развития средств контроля, датчиков, обеспечивающих точность и стабильность работы. (Цель исследования) Разработать составы полимерных композиционных материалов на основе эпоксидного олигомерного связующего для использования в качестве PTC-датчиков. (Материалы и методы) Изготовили образцы для исследования. Разработали составы согласно расчетам обобщенных параметров структуры дисперсно-наполненного полимерного композиционного материала. Использовали метод термомеханического анализа для изучения зависимости удельного электрического сопротивления от температуры для образцов композиционного материала на основе эпоксидной смолы ЭД-20 с разными концентрациями наполнителя. Произвели измерение сопротивления путем присоединения мультиметра к контактам образца. Применили в качестве контактов медную ткань. (Результаты и обсуждение) Рассмотрели возможность применения полученных композиционных материалов на примере технологического процесса сушки зерна, где температура сушильного агента может варьироваться в диапазоне температур от 40-50 до 120-140 градусов Цельсия. Определили, что существует возможность «программирования» PTC-датчиков на основе полимерных композиционных материалов путем варьирования качественного и количественного состава для решения необходимых задач и работы PTC-датчиков в различных диапазонах температур. (Выводы) Установили, что разработанные образцы полимерных композиционных материалов имеют перспективу применения в качестве PTC-датчиков для различных технологических процессов сельского хозяйства. Выявили на примере технологического процесса сушки зерна, что разработанные образцы различного состава чувствительны к необходимым диапазонам температур.*
Ключевые слова: *PTC-термисторы, полимерные композиционные материалы, удельное электрическое сопротивление, сушка зерна.*

Для цитирования: Казберов Р.Я. PTC-термисторы на основе полимерного композиционного материала для применения в агропромышленном комплексе // *Электротехнологии и электрооборудование в АПК*. 2021. Т. 68. N4(45). С. 56-61. DOI 10.22314/2658-4859-2021-68-4-56-61.

PTC-thermistors Based on Polymer Composite Material for Use in the Agricultural Sector

Roman Ya. Kazberov,
engineer, e-mail: kazberov.roman.y@gmail.com

Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation

Abstract. *The agro-industrial complex plays a key role in the domestic economy and requires improvement and modernization of existing and creation of new technologies. The introduction of intelligent and automated systems and digital methods leads to the need for the development of control systems and sensors that ensure accuracy and operational stability. (Research purpose) The research purpose is in developing the polymer composite materials based on an epoxy oligomeric binder for use as PTC sensors. (Materials and methods). The compositions were mixed according to the calculations of generalized parameters of the structure of a dispersed-filled polymer composite material. The method of thermomechanical analysis was used to study the dependence of electrical resistivity on temperature for samples of composite material based on ED-20 epoxy resin with different filler concentrations. The resistance was measured by multimeter to the contacts of the sample. Copper fabric was used as contacts. (Results and discussion) The article considers the possibility of using the obtained composite materials on the example of the technological process of grain drying, where the temperature of the drying agent can vary in the temperature range from 40-50 to 120-140 degrees Celsius. There is a possibility of «programming» PTC sensors based on polymer composite materials by varying the qualitative and quantitative composition to solve the necessary tasks and the operation of PTC sensors in different temperature ranges. (Conclusions) The developed samples of polymer composite materials have the prospect of application as PTC sensors for various technological processes of agriculture. The developed samples of various compositions are sensitive to the required temperature ranges.*
Keywords: *PTC-thermistors, polymer composite materials, electrical resistivity, grain drying.*

For citation: Kazberov R.Ya. PTC-termistory na osnove polimernogo kompozitsionnogo materiala dlya primeneniya v agropromyshlennom komplekse [PTC-thermistors based on polymer composite material for use in the agricultural sector]. *Elektrotekhnologii i elektrooborudovanie v APK*. 2021. Vol. 68. N4(45). 56-61 (In Russian). DOI 10.22314/2658-4859-2021-68-4-56-61.

УДК 631.37:629.35 DOI 10.22314/2658-4859-2021-68-4-62-67

Анализ транспортного обеспечения производственных процессов в условиях АО «Зеленоградское»

Олеся Сергеевна Воротникова,
аспирант;
Николай Александрович Майстренко,
кандидат технических наук, доцент, e-mail: nmaystr@mail.ru

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

Реферат. *Проведен анализ транспортных и транспортно-технологических средств как по видам выполняемых работ, так и в разрезе типов транспорта – тракторный и автомобильный. В результате математической обработки данных исследована структура номенклатуры сельскохозяйственных грузов, определены долевые составляющие транспортных и транспортно-технологических процессов, пиковые периоды транспортного обеспечения производственных процессов. (Цель исследования) Изучить номенклатуру сельскохозяйственных грузов и материалов, необходимых для обеспечения реализации деятельности современных сельхозтоваропроизводителей, проанализировать транспортные и транспортно-технологические процессы, связанные с производством продукции растениеводства на*

примере типового хозяйства АО «Зеленоградское» с учетом производственных и агроландшафтных условий Московской области. (Материалы и методы) Подготовили детальный анализ транспортного обеспечения производственных процессов сельскохозяйственного назначения при реализации задач транспортного характера в условиях Московской области. Аргументировали приемлемость корреляции исследуемого хозяйства со средними показателями производственных и агроландшафтных условий Московской области. (Результаты и обсуждение) Определили на основе изучения транспортного обеспечения технологических процессов АО «Зеленоградское» номенклатуру грузов, состоящую из 165 видов, применяемых в производственной деятельности предприятия, а также строительных работ. Использовали для реализации транспортных, транспортно-технологических процессов и грузоперевозок в качестве мобильных энергетических средств в хозяйстве тракторный транспортный агрегат (58,6 процента) и автомобильный транспорт (41,4 процента). Установили, что при наналише изменения объемов грузоперевозок по месяцам различными видами транспорта наблюдается корреляция графиков. Показали, что доля эксплуатации тракторного транспорта выше в зимний период, что объясняется плохим состоянием дорог, связывающих сельские территории. (Выводы) Выявили, что исследование транспортных процессов позволяет понять и определить сложную структуру взаимодействия различных, постоянно меняющихся производственных факторов, и оптимизировать линейку транспортных средств с обоснованными параметрами для эффективного выполнения транспортных и транспортно-технологических процессов в сельскохозяйственном производстве.
Ключевые слова: *транспорт сельскохозяйственного назначения, сельскохозяйственный груз, транспортно-технологический агрегат, транспортные процессы.*

Для цитирования: Воротникова О.С., Майстренко Н.А. Анализ транспортного обеспечения производственных процессов в условиях АО «Зеленоградское» // *Электротехнологии и электрооборудование в АПК*. 2021. Т. 68. N4(45). С. 62-67. DOI 10.22314/2658-4859-2021-68-4-62-67.

The Transport Support of Production Processes in the JSC «Zelenogradskoe»

Olesya S. Vorotnikova,
postgraduate;
Nikolay A. Maystrenko,
Ph.D.(Eng.), associate professor , e-mail: nmaystr@mail.ru

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. *The analysis of transport and transport-technological means is carried out both by types of work performed, and in the context of transport types – tractor and automobile. As a result of mathematical data processing, the structure of the nomenclature of agricultural goods was described, the share components of transport and transport-technological processes, peak periods of transport support of production processes were determined. (Research purpose) The research purpose is to study the nomenclature of agricultural goods and materials necessary to ensure the implementation of the activities of modern agricultural producers, to analyze transport and transport-technological processes associated with the production of crop production on the example of a typical farm of JSC «Zelenogradskoye», taking into account the production and agro-landscape conditions of the Moscow region. (Materials and methods) The article presents the detailed analysis of the transport support of agricultural production processes in the implementation of transport tasks in the conditions of the Moscow region. The article describes the justification that the studied farm matches with the average indicators of production and agro-landscape conditions of the Moscow region. (Results and discussion) The nomenclature of goods was determined based on the study of the transport support of technological processes of JSC Zelenogradskoye, consisting of 165 types used in the production activities of the enterprise, as well as construction works. Tractor transport unit (58.6 percent) and motor transport (41.4 percent) were used for cargo transport and technological processes as mobile energy means. The analysis of the change in the volume of cargo transportation by month by various modes of transport showed that there is a correlation of graphs. The share of tractor transport operation is higher in winter, which is explained by the poor condition of roads connecting rural areas. (Conclusions) The study of transport processes makes it possible to understand and determine the complex structure of the interaction of various, constantly changing production factors, and optimize the line of vehicles with reasonable parameters for the effective performance of transport and technological processes in agricultural production.*
Keywords: *agricultural transport, agricultural cargo, transport and technological unit, transport processes.*

For citation: Vorotnikova O.S., Maystrenko N.A. Analiz transportnogo obespecheniya proizvodstvennykh protsessov v usloviyakh AO «Zelenogradskoe» [The transport support of production processes in the JSC «Zelenogradskoe»]. *Elektrotekhnologii i elektrooborudovanie v APK*. 2021. Vol. 68. N4(45). 62-67 (In Russian). DOI 10.22314/2658-4859-2021-68-4-62-67.

УДК 66.045.1:004.414.32 DOI 10.22314/2658-4859-2021-68-4-68-74

Выбор материала для создания прототипа крышки теплообменника с помощью аддитивных технологий

Виктория Эдуардовна Славкина,
аспирант, младший научный сотрудник, e-mail: vicktoria.slavkina@yandex.ru

Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Российская Федерация

Реферат. *Разработка новых конструкций сопряжена с проведением неоднократных испытаний, подтверждающих их работоспособность. Один из перспективных методов производства прототипов деталей для испытаний их работоспособности – аддитивное производство. На сегодняшний день самая распространенная технология 3D-печати – Fused deposition modeling. Преимуществами данного метода перед другими технологиями 3D-печати служат простота процесса и доступность оборудования и материалов, их широкая номенклатура, что позволяет варьировать свойства изделия. Рассматривается применение описанной технологии для изготовления прототипа крышки теплообменного аппарата и проводится исследование влияния рабочей жидкости теплообменника на свойства материала, из которого он изготовлен. (Цель исследования) Осуществить подбор материала 3D-печати, который бы сохранял свои свойства при указанных условиях эксплуатации, а также отвечал всем основным критериям выбора материалов, установленных материаловедческой практикой. (Материалы и методы) Рассмотрели материалы, используемые для 3D-печати методом Fused deposition modeling: пластики общетехнического назначения; инженерные пластики; высокотемпературные или суперконструкционные пластики. Исследовали SBS, PETG и PC пластики, применяемые при 3D-печати. Выполнили печать образцов на 3D-принтере Picaso Designer X Pro с заполнением 50 и 100 процентов в виде сетки с углом в перекрестье 90 градусов. (Результаты и обсуждение) Определили зависимость объемной усадки от процента заполнения детали. Привели результаты экспериментальных исследований выдержки образцов в рабочей жидкости. Установили показатели набухания исследуемых пластиков. (Выводы) Показали, что, чем больше внутренний процент заполнения, тем меньше изменение массы образца. Выявили, что для изготовления крышки теплообменника методом 3D-печати рекомендуется использовать PETG-пластик со стопроцентным наполнением.*

Ключевые слова: *крышка теплообменника, аддитивные технологии, подбор материала, процент заполнения, объемная усадка, набухание.*

Для цитирования: Славкина В.Э. Выбор материала для создания прототипа крышки теплообменника с помощью аддитивных технологий // *Электротехнологии и электрооборудование в АПК*. 2021. Т. 68. N4(45). С. 68-74. DOI 10.22314/2658-4859-2021-68-4-68-74.

Material Selection for Prototyping a Heat Exchanger Cover Using Additive Technology

Viktoriya E. Slavkina,
postgraduate, junior researcher, e-mail: vicktoria.slavkina@yandex.ru

Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation

Abstract. *The development of new designs involves repeated tests confirming their operability. One of the promising methods of producing prototypes for testing their working capacity is additive manufacturing. To date, the most widespread 3D printing technology is Fused deposition modeling. The advantages of this method over other 3D printing technologies are the simplicity of the process and the availability of equipment and materials, their wide range, which allows you to vary the properties of the product. The article describes the application of the technology for the manufacture of a prototype of a heat exchanger cover and the influence of the working fluid of the heat exchanger on the properties of the material from which it is made. (Research purpose) The research purpose is to select a 3D printing material that would retain its properties under the specified operating conditions, as well as meet all the basic criteria for the selection of materials established by materials science practice. (Materials and methods) The materials considered for 3D printing by Fused deposition modeling: general-purpose plastics; engineering plastics; high-temperature or superconstructive plastics. SBS, PETG and PC plastics used in 3D printing. The samples were printed on a Picaso Designer X Pro 3D printer with 50 and 100 percent filling in the grid with an angle in the crosshair of 90 degrees. (Results and discussion) The article describes the dependence of volumetric shrinkage on the percentage of filling. The results of experimental studies of the retention of samples in the working fluid were*

presented. The indicators of swelling of the studied plastics were described. (Conclusions) The greater the internal percentage of filling, the smaller the change in the mass of the sample. For the manufacture of the heat exchanger cover by 3D printing, it is recommended to use PETG plastic with one hundred percent filling.
Keywords: *heat exchanger cover, additive technology, material selection, filling percentage, volume shrinkage, swelling.*

For citation: Slavkina V.E. Vybor materiala dlya sozdaniya prototipa kryshki teploobmennika s pomoshch'yu additivnykh tekhnologiy [Material selection for prototyping a heat exchanger cover using additive technology]. *Elektrotekhnologii i elektrooborudovanie v APK*. 2021. Vol. 68. N4(45). 68-74 (In Russian). DOI 10.22314/2658-4859-2021-68-4-68-74.

УДК 778.64 DOI 10.22314/2658-4859-2021-68-4-75-81

Исследование влияния щелочного раствора различной концентрации на 3D-печатные образцы из PETG-пластика

Виктория Эдуардовна Славкина,
аспирант, младший научный сотрудник, e-mail: vicktoria.slavkina@yandex.ru

Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Российская Федерация

Реферат. *На сегодняшний день самая распространенная технология 3D-печати – FDM. Ее суть заключается в построении детали путем нанесения расплавленного материала в пределах контура детали слой за слоем. Преимущества данного метода перед другими технологиями 3D-печати – простота процесса, доступность оборудования и материалов, их широкая номенклатура, что позволяет варьировать свойства изделия. Рассмотрели применение 3D-печати по технологии FDM для изготовления опытной модели гидроциклона. Гидроциклоны используются в современных дождевальных машинах в качестве системы фильтрации. С их помощью фильтруют воду с абразивными веществами и различными примесями с исходным содержанием взвешенных веществ. Материал, из которого изготовлен гидроциклон, должен обладать высокой абразивной и химической стойкостью. (Цель исследования) Изучить возможности применения 3D-печати для изготовления гидроциклона дождевальной машины. (Материалы и методы) Определили стойкость PETG-пластика к действию удобрений на основе калия, влияние щелочи на твердость материала и его механическое разрушение. (Результаты и обсуждение) Привели результаты экспериментальных исследований выдержки образцов в рабочей жидкости. Установили, что выдержка образцов в рабочей жидкости приводит к разрушению при незначительном механическом воздействии, связанным с удалением излишней влаги перед взвешиванием. (Выводы) Выявили, что воздействие раствора КОН в различной концентрации на пластик PETG не ведет к изменению его объема и массы (полимер не подвергается усадке и не разбухает). Констатировали, что прочностные характеристики данного материала изучены не полностью и требуют дальнейшего анализа и испытаний.*
Ключевые слова: *дождевальные машины, гидроциклон, аддитивные технологии, гидроксид калия, щелочь, масса, механическое разрушение.*

Для цитирования: Славкина В.Э. Исследование влияния щелочного раствора различной концентрации на 3D-печатные образцы из PETG-пластика // *Электротехнологии и электрооборудование в АПК*. 2021. Т. 68. N4(45). С. 75-81. DOI 10.22314/2658-4859-2021-68-4-75-81.

Investigation of the Effect of an Alkaline Solution in Different Concentrations on 3D Printed PETG Plastic Specimens

Viktoriya E. Slavkina,
postgraduate, junior researcher, e-mail: vicktoria.slavkina@yandex.ru

Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation

Abstract. *Today, the most common 3D printing technology is FDM. Its essence lies in the construction of the part by applying molten material within the contour layer by layer. The advantages of this method over other 3D printing technologies are the simplicity of the process, the availability of equipment and materials, and their wide range, which allows you to vary the properties of the product. Author considered the use of 3D printing using FDM technology for*

the manufacture of an experimental model of a hydrocyclone. Hydrocyclones are used in modern sprinklers as a filtration system. With their help, water with abrasive substances and various impurities and with the initial content of suspended solids is filtered. The material for hydrocyclone must have high abrasive and chemical resistance. (Research purpose) The research purpose is in to investigate the possibilities of using 3D printing for the manufacture of a hydrocyclone of the sprinkler machine. (Materials and methods) The resistance of PETG plastic to the action of potassium-based fertilizers, the effect of alkali on the hardness of the material and its mechanical destruction were studied. (Results and discussion) The article presents the results of experimental studies of the exposure of samples in the working fluid. The exposure of samples in the working fluid leads to destruction with a slight mechanical impact associated with the removal of excess moisture before weighing. (Conclusions) The effect of KOH solution in different concentrations on PETG plastic does not lead to a change in its volume and mass (the polymer does not shrink and does not swell). The strength characteristics of this material have not been fully studied and require further analysis and testing.
Keywords: *sprinklers, hydrocyclone, additive technology, potassium hydroxide, alkali, mass, mechanical breaking.*

For citation: Slavkina V.E. Issledovanie vliyaniya shchelochnogo rastvora razlichnoy kontsentratsii na 3D-pechatnye obraztsy iz PETG-plastika [Investigation of the effect of an alkaline solution in different concentrations on 3D printed PETG plastic specimens]. *Elektrotekhnologii i elektrooborudovanie v APK*. 2021. Vol. 68. N4(45). 75-81 (In Russian). DOI 10.22314/2658-4859-2021-68-4-75-81.

УДК 631.2 DOI 10.22314/2658-4859-2021-68-4-82-87

Обзорный анализ технологического оборудования теплиц, эффективность работы которого зависит от качества электроснабжения

Виктория Юрьевна Уханова,
кандидат технических наук, старший научный сотрудник, e-mail: u.v.j@yandex.ru

Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Российская Федерация

Реферат. *Большая часть России – это зона рискованного земледелия. Сюда можно отнести несколько федеральных округов: Северо-Западный, Уральский, Сибирский и Дальневосточный. Поэтому отрасль растениеводства в защищенном грунте сильно распространена на территории страны и не только в указанных регионах. Доля овощей отечественного производства, особенно тепличных, растет из года в год. Например, процент огурцов, производимых в тепличных хозяйствах, превысил 85 процентов. Предприятия защищенного грунта – наиболее энергоемкие производства, так как все технологические процессы главным образом связаны с энергопотреблением: поддержание микроклимата (в холодный период года – отопление, в жаркий – охлаждение воздуха), освещение, облучение, полив – это основные процессы. Качество и стоимость выпускаемой продукции зависит и от доли затрат на электроэнергию. Поэтому качество энергоснабжения – один из острых вопросов, оказывающих влияние на эффективность деятельности предприятия. (Цель исследования) Провести анализ влияния качества электроснабжения на технологическое оборудование тепличных хозяйств, составить перечень технологического оборудования наиболее подверженного влиянию качества электроснабжения. (Материалы и методы) Привели обзорный анализ влияния отклонений электроэнергии на эффективность работы технологического оборудования в теплицах. (Результаты и обсуждение) Показали усредненные зависимости электропотребления оборудования в зависимости от климатических условий и длительности светового дня. (Выводы) Установили, что необходимо проводить детальные исследования с целью разработки рекомендаций по снижению рисков при некачественном электроснабжении тепличных комбинатов. Выявили, что перспективно применение возобновляемых источников энергии для альтернативного и комбинированного энергоснабжения.*
Ключевые слова: *энергообеспечение теплиц, защищенный грунт, возобновляемые источники энергии, качество энергоснабжения, зеленая энергетика.*

Для цитирования: Уханова В.Ю. Обзорный анализ технологического оборудования теплиц, эффективность работы которого зависит от качества электроснабжения // *Электротехнологии и электрооборудование в АПК*. 2021. Т. 68. N4(45). С. 82-87. DOI 10.22314/2658-4859-2021-68-4-82-87.

Overview Analysis of Technological Equipment of Greenhouses, the Efficiency of which Depends on the Quality of Power Supply

Viktoriya Yu. Ukhanova,
Ph.D.(Eng.), senior researcher, e-mail: u.v.j@yandex.ru

Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation

Abstract. *Most of Russia is a zone of risky farming. This includes several federal districts: North-Western, Ural, Siberian and Far Eastern. Therefore, the crop production industry in protected soil is very widespread in the country and not only in these regions. The share of domestically produced vegetables, especially greenhouse vegetables, is growing from year to year. For example, the percentage of cucumbers produced in greenhouses exceeded 85 percent. Protected soil enterprises are the most energy-intensive industries, since all technological processes are more related to energy consumption: maintaining a microclimate (heating in the cold season, air cooling in the hot season), lighting, irradiation, watering. The quality and cost of manufactured products largely depends on the share of electricity costs. Therefore, the quality of energy supply is one of the pressing issues affecting the efficiency of the enterprise. (Research purpose) The research purpose is to analyze the impact of the quality of electricity supply on the technological equipment of greenhouses, to compile a list of technological equipment most affected by the quality of electricity supply. (Materials and methods) The article presents an overview analysis of the effect of electric power deviations on the efficiency of technological equipment in greenhouses. (Results and discussion) The averaged dependences of equipment power consumption depends on climatic conditions and daylight duration. (Conclusions) It is necessary to conduct detailed studies in order to develop recommendations to reduce the risks of poor-quality power supply of greenhouse plants. The use of renewable energy sources for alternative and combined energy supply is promising.*

Keywords: *energy supply of greenhouses, protected ground, renewable energy sources, quality of energy supply, green energy.*

For citation: Ukhanova V.Yu. Obzornyy analiz tekhnologicheskogo oborudovaniya teplits, effektivnost' raboty kotorogo zavisit ot kachestva elektrosnabzheniya [Overview analysis of technological equipment of greenhouses, the efficiency of which depends on the quality of power supply]. *Elektrotekhnologii i elektrooborudovanie v APK*. 2021. Vol. 68. N4(45). 82-87 (In Russian). DOI 10.22314/2658-4859-2021-68-4-82-87.

УДК 621.398: 62-519:681.5:631.3 DOI 10.22314/2658-4859-2021-68-4-88-94

Разработка учебно-исследовательской лаборатории птицеводства с удаленным доступом

Александр Николаевич Судаков[1],
кандидат сельскохозяйственных наук, старший государственный инспектор;
Евгений Александрович Андрианов[1],
доктор сельскохозяйственных наук, профессор;
Александр Викторович Закабунин[2],
кандидат технических наук, и.о. заведующего кафедрой;
Оксана Александровна Липа[2],
кандидат технических наук, доцент, e-mail: okslipa@yandex.ru

[1]Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, г. Воронеж, Российская Федерация;
[2]Российский государственный аграрный заочный университет, г. Балашиха, Российская Федерация

Реферат. *Подготовка специалистов – важнейший этап технологического обновления сельскохозяйственной отрасли России. Внедрение технологий удаленного доступа в процессе обучения служит ответом на рост цифровизации производства и позволяет реализовать программы дистанционного обучения. Птицеводческие лаборатории и опытные хозяйства с удаленным доступом на сегодняшний день недоступны в образовательных и исследовательских целях. Решением может быть создание модельной лаборатории цифрового птицеводства. (Цель исследования) Изучить и систематизировать отечественный и зарубежный опыт создания лабораторий с удаленным доступом в формате возможности его применения специалистами для разработки*

птицеводческой лаборатории с удаленным доступом. (Материалы и методы) Рассмотрели документальные исследования современного состояния технологий удаленного доступа. Провели поисковые эксперименты. Проанализировали полученные данные. (Результаты и обсуждение) Определили, что в России и за рубежом широко представлены лаборатории с удаленным доступом технической направленности, опыт которых может быть частично применен. Привели ссылки на действующие лаборатории и материалы по их разработке. Предложили на первом этапе использовать низкобюджетные схемы организации удаленного доступа на основе систем видеонаблюдения и микроконтроллеров. Установили, что простой способ организации удаленного доступа – видеонаблюдение с размещением экранов приборов в поле зрения камеры. Показали возможность использования технологии «Умный дом» для организации двустороннего удаленного доступа. Продемонстрировали результаты поискового эксперимента с применением микроконтроллеров в качестве локального сервера с выводом информации на удаленный сервер. (Выводы) Выявили, что лаборатории птицеводства с удаленным доступом перспективны при изучении специальностей: частная зоотехния, механизация сельского хозяйства, электротехника, ветеринария и зоопсихология, они расширяют возможности обучающихся дистанционно.
Ключевые слова: *удаленный доступ, лаборатория, цифровое сельское хозяйство, птицеводство.*

Для цитирования: Судаков А.Н., Андрианов Е.А., Закабунин А.В., Липа О.А. Разработка учебно-исследовательской лаборатории птицеводства с удаленным доступом // *Электротехнологии и электрооборудование в АПК*. 2021. Т. 68. N4(45). С. 88-94. DOI 10.22314/2658-4859-2021-68-4-88-94.

Development of an Educational and Research Poultry Laboratory with Remote Access

Aleksandr N. Sudakov[1],
Ph.D.(Agri.), senior State Inspector;
Evgeniy A. Andrianov[1],
Dr.Sc.(Agri.), professor;
Aleksandr V. Zakabunin[2],
Ph.D.(Eng.), acting head of the chair;
Oksana A. Lipa[2],
Ph.D.(Eng.), associate professor, e-mail: okslipa@yandex.ru

[1]Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Voronezh, Russian Federation;
[2]Russian Agrarian Correspondence University, Balashikha, Russian Federation

Abstract. *Training of specialists is the most important stage of technological renewal of the agricultural industry in Russia. The introduction of remote access technologies in the learning process serves as a response to the growth of digitalization of production and allows for the implementation of distance learning programs. Poultry laboratories and experimental farms with remote access are currently unavailable for educational and research purposes. The solution may be to create a model laboratory of digital poultry farming. (Research purpose) The research purpose is in studying and systematization of the domestic and foreign experience in creating laboratories with remote access paying attention to the possibility of its application by specialists for the development of a poultry laboratory with remote access. (Materials and methods) The article reviews the documentary studies of the current state of remote access technologies. Authors conducted search experiments and analyzed the obtained data. (Results and discussion) The laboratories of a technical orientation with remote access are widely represented in Russia and abroad, whose experience can be partially used. They provided links to existing laboratories and materials on their development. At the first stage, it was proposed to use low-budget schemes for organizing remote access based on video surveillance systems and microcontrollers. A simple way to organize remote access is video surveillance with the placement of instrument screens in the field of view of the camera. The Smart Home technology can be used to organize two-way remote access. The article presents the results of an experiment using microcontrollers as a local server with information output to a remote server. (Conclusions) Poultry breeding laboratories with remote access are promising in the study of specialties: private animal husbandry, agricultural mechanization, electrical engineering, veterinary medicine and zoopsychology, they expand the opportunities of remote students.*
Keywords: *remote access, laboratory, digital agriculture, poultry farming.*

For citation: Sudakov A.N., Andrianov E.A., Zakabunin A.V., Lipa O.A. Razrabotka uchebno-issledovatel'skoy laboratorii ptitsevodstva s udalennym dostupom [Development of an educational and research poultry laboratory with remote access]. *Elektrotekhnologii i elektrooborudovanie v APK*. 2021. Vol. 68. N4(45). 88-94 (In Russian). DOI 10.22314/2658-4859-2021-68-4-88-94.

УДК 681.5:631.3 DOI 10.22314/2658-4859-2021-68-4-95-102

Перспективы применения цифровых технологий в работе зоотехника-птицевода

Александр Николаевич Судаков[1],
кандидат сельскохозяйственных наук, старший государственный инспектор;
Евгений Александрович Андрианов[1],
доктор сельскохозяйственных наук, профессор;
Александр Викторович Закабунин[2],
кандидат технических наук, и.о. заведующего кафедрой;
Оксана Александровна Липа[2],
кандидат технических наук, доцент, e-mail: okslipa@yandex.ru

[1]Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, г. Воронеж, Российская Федерация;
[2]Российский государственный аграрный заочный университет, г. Балашиха, Российская Федерация

Реферат. *Цифровизация технологических процессов позволяет оптимизировать затраты ресурсов на производство продукции птицеводства. Низкий уровень цифровизации при определении состояния поголовья сельскохозяйственной птицы обусловлен значительным объемом органолептических исследований в работе зоотехника-птицевода. Отсутствие численных показателей контролируемых параметров влечет субъективную оценку, ограничивает объем информации при передаче данных по электронным каналам связи, усложняет процесс подготовки профильных кадров, снижает эффективность затрачиваемых ресурсов (кормовых, тепло- и электроэнергии, и прочих). (Цель исследования) Изучить перспективы цифровизации функций зоотехника в оптимизации технологических процессов птицеводческого хозяйства. (Материалы и методы) Использовали документальные исследования, анализ данных, поисковые эксперименты. (Результаты и обсуждение) Выявили на примере действующих рекомендаций по содержанию высокопродуктивного мясного кросса кур недостатки существующих способов и средств определения качества, и комфортности содержания поголовья, и его состояния. Определили как компоненты технологического процесса содержания сельскохозяйственной птицы, имеющих потенциал к оптимизации, затраты на: поддержание микроклимата в птичнике, ветеринарное обслуживание, заработную плату, ремонт основных средств. Продемонстрировали возможности использования больших объемов цифровых данных, полученных инструментальными средствами для контроля зоотехнических показателей сельскохозяйственной птицы. (Выводы) Представили перечень технических аналогов органолептических методов контроля, основанных на применении тепловизионного оборудования, видеоаналитики, акустических датчиков, косвенных признаков с использованием данных традиционного технического контроля. Предложили алгоритм обработки больших массивов информации, позволяющий повысить показатели оптимизации технологических процессов. Обсудили перспективы внедрения современных технических решений в области автоматизации сельского хозяйства.*

Ключевые слова: *цифровизация птицеводства, автоматизация, зоотехник, оптимизация.*

Для цитирования: Судаков А.Н., Андрианов Е.А., Закабунин А.В., Липа О.А. Перспективы применения цифровых технологий в работе зоотехника-птицевода // *Электротехнологии и электрооборудование в АПК*. 2021. Т. 68. N4(45). С. 95-102. DOI 10.22314/2658-4859-2021-68-4-95-102.

Prospects for the Use of Digital Technologies in the Work of a Poultry Zootechnician

Aleksandr N. Sudakov[1],
Ph.D.(Agri.), senior State Inspector;
Evgeniy A. Andrianov[1],
Dr.Sc.(Agri.), professor;
Aleksandr V. Zakabunin[2],
Ph.D.(Eng.), acting head of the department;
Oksana A. Lipa[2],
Ph.D.(Eng.), associate professor, e-mail: okslipa@yandex.ru

[1]Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Voronezh, Russian Federation;
[2]Russian Agrarian Correspondence University, Balashikha, Russian Federation

Abstract. *Digitalization of technological processes makes it possible to optimize the cost for the poultry products. The low level of digitalization in determining the state of the poultry livestock is due to a significant amount of organoleptic research in the work of a zootechnician-poultry breeder. The absence of numerical indicators of controlled parameters entails a subjective assessment, limits the amount of information when transmitting data via electronic communication channels, complicates the process of training specialized personnel, reduces the efficiency of resources consumed (feed, heat and electricity, and others). (Research purpose) The research purpose is to study the prospects of digitalization of the functions of zootechnics in the optimization of technological processes of poultry farming. (Materials and methods) For the research, there were used documentary research, data analysis, and search experiments. (Results and discussion) The shortcomings of existing methods of determining the quality and comfort of livestock maintenance and its condition were revealed by the example of current recommendations on the content of highly productive meat of cross chickens. The following components of keeping poultry have the potential for optimization: maintaining the microclimate in the poultry house, veterinary care, wages, repair of fixed assets. The large amounts of digital data obtained by instrumental means for monitoring zootechnical indicators of poultry have the wide using possibilities. (Conclusions) The article presents a list of technical analogues of organoleptic control methods based on the use of thermal imaging equipment, video analytics, acoustic sensors, indirect signs using traditional technical control data. The article proposes an algorithm for processing large data arrays, which allows to increase the optimization of technological processes. Described modern technical solutions in the field of agricultural automation have wide prospectives.*
Keywords: *digitalization of poultry, automation, zootechnician, optimization.*

For citation: Sudakov A.N., Andrianov E.A., Zakabunin A.V., Lipa O.A. Perspektivy primeneniya tsifrovykh tekhnologiy v rabote zootekhnika-ptitsevoda [Prospects for the use of digital technologies in the work of a poultry zootechnician]. *Elektrotekhnologii i elektrooborudovanie v APK*. 2021. Vol. 68. N4(45). 95-102 (In Russian). DOI 10.22314/2658-4859-2021-68-4-95-102.

УДК 531.7 DOI 10.22314/2658-4859-2021-68-4-103-111

Возможности применения 3D-сканеров в АПК

Руслан Михайлович Касимов,
инженер, e-mail: Ruslankm@mail.ru;
Сергей Петрович Тужилин,
ведущий инженер;
Гриша Арумугам,
ведущий инженер

Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Российская Федерация

Реферат. *3D-сканирование с каждым годом находит все большее применение в различных областях науки, техники и производства. 3D-сканеры представляют собой устройства, предназначенные для сканирования физических объектов с возможностью последующего модифицирования и редактирования полученных моделей в специализированных CAD-системах. (Цель исследования) Рассмотреть возможности применения 3D-сканеров в АПК на основе анализа существующих моделей и принципов их работы. (Материалы и методы) Использовали открытые информационные источники, посвященные вопросам 3D-сканирования. Изучили опыт применения 3D-сканера на базе ФНАЦ ВИМ. Выполнили исследование с помощью методов сбора, изучения и сравнительного анализа информации. (Результаты и обсуждение) Установили, что с помощью 3D-сканера можно осуществлять сканирование различных физических предметов, получая их трехмерные цифровые модели с высокой точностью (качество полученного результата зависит от выбранной модели сканера и применяемой обработки скана). Показали, что по методу сканирования различают контактные сканеры, сканеры, использующие структурированный свет, и лазерные сканеры. Выделили в отдельную группу как разновидность 3D-сканеров томографы, которые дают возможность получить модели объектов со сложными внутренними полостями. Определили, что в качестве программы, позволяющей из скана получить твердотельную модель с последующим редактированием в различных CAD/CAM/CAE системах, наибольшую популярность получила программа Geomagic Design X. Привели проведенные на базе ФНАЦ ВИМ опыты, показывающие возможность применения 3D-сканирования для*

получения модели лемеха и анализа изменений его формы вследствие износа. (Выводы) Выявили, что применение 3D-сканирования в агропромышленном комплексе актуально как средство контроля геометрических размеров деталей на предприятиях, занимающихся изготовлением и ремонтом сельскохозяйственных машин. Констатировали, что 3D-сканирование служит удобным инструментом при проведении научных исследований широкого спектра.
Ключевые слова: *3D-сканер, 3D-модель, облако точек, полигональная модель, программное обеспечение, обратное проектирование, реверс-инжиниринг.*

Для цитирования: Касимов Р.М., Тужилин С.П., Арумугам Г. Возможности применения 3D-сканеров в АПК // *Электротехнологии и электрооборудование в АПК*. 2021. Т. 68. N4(45). С. 103-111. DOI 10.22314/2658-4859-2021-68-4-103-111.

Possibilities of Using 3D Scanners in the Agro-Industrial Complex

Ruslan M. Kasimov,
engineer, e-mail: Ruslankm@mail.ru;
Sergey P. Tuzhilin,
leading engineer;
Grisha Arumugam,
leading engineer

Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation

Abstract. *3D scanning finds more and more application every year in various fields of science, technology and production. 3D scanners are devices designed to scan physical objects with the possibility of modification and editing of the obtained models in specialized CAD systems. (Research purpose) The research purpose is to consider the possibilities of using 3D scanners in agriculture based on the analysis of existing models and the principles of their operation. (Materials and methods) There were used open information sources dedicated to the issues of 3D scanning. There have been studied the experience of using a 3D scanner based on FNAC VIM. The research was carried out using methods of collecting, studying and comparative analysis of information. (Results and discussion) With the use of a 3D scanner, it is possible to scan various physical objects, obtaining their three-dimensional digital models with high accuracy (the quality of the result depends on the selected scanner model and the scan processing used). The scanning method distinguishes between contact scanners, scanners using structured light, and laser scanners. Tomographs have been allocated to a separate group as a kind of 3D scanners, which make it possible to obtain models of objects with complex internal cavities. The most popular program is Geomagic Design X as a program that allows to obtain a solid-state model from a scan with subsequent editing in various CAD/CAM/CAE systems. The article presents the experiments conducted on the basis of FNAC VIM, showing the possibility of using 3D scanning to obtain a model of a ploughshare and analyze changes in its shape due to wear. (Conclusions) The use of 3D scanning in the agro-industrial complex is relevant as a means of controlling the geometric dimensions of parts at enterprises engaged in the manufacture and repair of agricultural machinery. 3D scanning serves as a convenient tool for conducting scientific research of a wide range.*
Keywords: *3D scanner, 3D model, point cloud, polygonal model, software, reverse design, reverse engineering.*

For citation: Kasimov R.M., Tuzhilin S.P., Arumugam G. Vozmozhnosti primeneniya 3D-skanerov v APK [Possibilities of using 3D scanners in the agro-industrial complex]. *Elektrotekhnologii i elektrooborudovanie v APK*. 2021. Vol. 68. N4(45). 103-111 (In Russian). DOI 10.22314/2658-4859-2021-68-4-103-111.

УДК 631.362.3 : 62-503.55 **DOI 10.22314/2658-4859-2021-68-4-112-117**

Производственные испытания зерноочистительной машины с программно-аппаратным управлением в составе технологической линии

Максим Николаевич Московский,
доктор технических наук, профессор РАН,
главный научный сотрудник, заведующий отдела;
Виктор Геннадьевич Хамуев,

кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник;
Станислав Александрович Герасименко,
младший научный сотрудник;
Сергей Игоревич Борзенко,
младший научный сотрудник, e-mail: serzhbk@gmail.com;
Николай Георгиевич Кынев,
старший научный сотрудник

Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Российская Федерация

Реферат. *Качество семян – один из важнейших факторов получения хорошего урожая. По данным Государственной семенной инспекции Российской Федерации нередко до половины посевного материала не отвечает требованиям стандарта, значительная часть из-за повышенного содержания трудноотделимых примесей. (Цель исследования) Определить основные агротехнические показатели работы спроектированной зерноочистительной машины ВИМ-4 для очистки семян льна в составе типовой производственной технологической линии очистки сельскохозяйственных культур. (Материалы и методы) Провели экспериментальные исследования на базе компании «Родниковое поле» Тульской области с помощью типовой зерноочистительной линии по очистке льна. Показали, что в линию включены: завальная яма, ленточный транспортер, нория, Петкус К-218, МС-10/5, шиберное устройство, новая зерноочистительная машина ВИМ-4, модуль программно-аппаратного обеспечения. Применили метод активного планирования эксперимента. Выполнили эксперименты с использованием составленной матрицы планирования, включением основных параметров: подача, скорость воздушного потока, диаметр выходного патрубка. Обработали результаты методами математической статистики и посредством пакета компьютерных программ Excel. (Результаты и обсуждение) Оценили основные показатели работы новой зерноочистительной машины ВИМ-4 в сравнении с базовым вариантом ВИМ-3 по очистке семян льна. (Выводы) Получили сравнительные технико-экономические результаты работы зерноочистительной машины ВИМ-4 и типового варианта ВИМ-3. Констатировали, что разработанная зерноочистительная машина ВИМ-4 в составе зерноочистительной линии окончательной очистки семян обладает высокой технологической надежностью и ресурсоэнергоэкономичностью. Определили, что зерноочистительная машина ВИМ-4 универсальна. Выявили, что в условиях технологической линии ВИМ-4 может функционально заменить линию из двух машин – основной и окончательной очистки.*
Ключевые слова: *лен, линия по очистке льна, зерноочистка, новая зерноочистительная машина ВИМ-4, производственные испытания, пневмосепарация.*

Для цитирования: Московский М.Н., Хамуев В.Г., Герасименко С.А., Борзенко С.И., Кынев Н.Г. Производственные испытания зерноочистительной машины с программно-аппаратным управлением в составе технологической линии // *Электротехнологии и электрооборудование в АПК*. 2021. Т. 68. N4(45). С. 112-117. DOI 10.22314/2658-4859-2021-68-4-112-117.

Production Tests of a Grain-Cleaning Machine with Software and Hardware Control as Part of a Technological Line

Maksim N. Moskovskiy,
Dr.Sc.(Eng.), professor of Russian Academy of Sciences, chief researcher, head of the division;
Viktor G. Khamuev,
Ph.D.(Eng.), leading researcher;
Stanislav A. Gerasimenko,
junior researcher;
Sergey I. Borzenko,
junior researcher, e-mail: serzhbk@gmail.com;
Nikolay G. Kynev,
senior researcher

Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation

Abstract. *The quality of seeds is one of the most important factors of the good harvest. According to the State Seed Inspection of the Russian Federation, often up to half of the seed material does not meet the requirements of the standard; a significant part is due to the increased content of difficult-to-separate impurities. (Research purpose) The research purpose is to determine the main agrotechnical performance indicators of the designed grain cleaning*

machine VIM-4 for cleaning flax seeds as part of a typical production technological line for cleaning agricultural crops. (Materials and methods) There were conducted experimental studies based on the "SPRING FIELD" company of the Tula region using a typical grain cleaning line for cleaning flax. The line includes: a blockage pit, a belt conveyor, band elevator, Petkus K-218, MS-10/5, a gate device, a new grain cleaning machine VIM-4, a hardware and software module. The experiment was planned using the method of active experiment planning. Experiments were carried out using a compiled planning matrix, including the main parameters: flow, air flow velocity, diameter of the outlet pipe. The results were processed by methods of mathematical statistics and by means of Excel computer programs. (Results and discussion) The main performance indicators of the new VIM-4 grain-cleaning machine were evaluated in comparison with the basic version of the VIM-3 for cleaning flax seeds. (Conclusions) The article presents the comparative technical and economic results of the VIM-4 grain-cleaning machine and the VIM-3 model variant. The developed grain cleaning machine VIM-4 as part of the grain cleaning line for final seed cleaning has high technological reliability and resource-energy efficiency. The VIM-4 grain cleaning machine is universal. In the conditions of the technological line VIM-4 can functionally replace a line of two machines – the main and final cleaning.
Keywords: *flax, flax cleaning line, grain cleaning, new grain cleaning machine VIM-4, production tests, pneumatic separation.*

For citation: Moskovskiy M.N., Khamuev V.G., Gerasimenko S.A., Borzenko S.I., Kynev N.G. Proizvodstvennye ispytaniya zernoochistitel'noy mashiny s programmno-apparatnym upravleniem v sostave tekhnologicheskoy linii [Production tests of a grain-cleaning machine with software and hardware control as part of a technological line]. *Elektrotekhnologii i elektrooborudovanie v APK*. 2021. Vol. 68. N4(45). 112-117. (In Russian). DOI 10.22314/2658-4859-2021-68-3-112-117.

УДК 631.3.02: 621.793.74 DOI 10.22314/2658-4859-2021-68-4-118-123

Технологические методы повышения ресурса и работоспособности быстроизнашиваемых рабочих органов

Денис Александрович Миронов,
кандидат технических наук, старший научный сотрудник,
e-mail: mironov-denis87@mail.ru

Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Российская Федерация

Реферат. *Рабочие органы почвообрабатывающих машин эксплуатируются в почвенной абразивной среде и по мере наработки, вследствие изнашивания, изменяют свои формы и размеры, что негативно сказывается на агротехнических и энергетических показателях при обработке почвы. Проблема повышения долговечности и работоспособности рабочих органов почвообрабатывающих машин остается актуальной. В частности, это выражается в пониженном ресурсе серийных почвообрабатывающих рабочих органов. (Цель исследования) Обеспечить повышенную долговечность и работоспособность сельскохозяйственных машин. (Материалы и методы) Определили, что простои сельскохозяйственной техники за счет выхода из строя почвообрабатывающих рабочих органов отрицательно влияют на эффективность проведения сельскохозяйственных операций и влекут за собой до 15-20 процентов снижения последующей урожайности. Установили, что затраты на приобретение и переустановку запасных частей составляют до 18 процентов в структуре себестоимости произведенной сельхозпродукции. Выбрали наиболее технологический метод плазменно-порошковой наплавки (упрочнения), который до 2,0 раз более производителен и в 2,2-2,7 раза экономичнее в сравнении с известной технологией плазменной наплавки в среде аргона. Отобрали наиболее высокопрочные (σВ не менее 1600 мегапаскалей) стали типа 25ХГТЮР, 30ХГСА, 27ХГР для изготовления разработанных почвообрабатывающих рабочих органов. (Результаты и обсуждение) Показали, что изготовленные из качественных материалов по созданной технологии детали по ресурсу и износостойкости не уступают лучшим зарубежным наплавленным аналогам, а ненаплавленные импортные изделия превосходят в 1,5-1,7 раз. Отметили, что новые материалы и технологические наплавочные методы упрочнения отечественных и импортозамещающих рабочих органов сельскохозяйственных машин позволяют по ресурсно-эксплуатационным показателям достичь уровня конкурентоспособности с ведущими зарубежными производителями. (Выводы) Констатировали, что по критерию «качество-цена» новые рабочие органы с обоснованными материаловедческими, конструктивно-материаловедческими и технологическими параметрами имеют в 1,5-2,5 раза преимущество перед лучшими зарубежными аналогами.*
Ключевые слова: *упрочненные рабочие органы, износостойкость, долговечность, работоспособность.*

Для цитирования: Миронов Д.А. Технологические методы повышения ресурса и работоспособности быстроизнашиваемых рабочих органов // *Электротехнологии и электрооборудование в АПК*. 2021. Т. 68. N4(45). С. 118-123. DOI 10.22314/2658-4859-2021-68-4-118-123.

Technological Methods of Increasing the Resource and Efficiency of Fast-Wearing Working Bodies

Denis A. Mironov,
Ph.D.(Eng.), chief researcher, e-mail: mironov-denis87@mail.ru

Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation

Abstract. *The working bodies of tillage machines are operated in a soil abrasive environment and, due to wear, they change their shapes and sizes, which negatively affects tillage agrotechnical and energy indicators. The problem of increasing the durability and operability of the working bodies of tillage machines remains relevant. In particular, this is reflected in the reduced resource of serial tillage working bodies. (Research purpose) The research purpose is to ensure the increased durability and efficiency of agricultural machines. (Materials and methods) The downtime of agricultural machinery due to the failure of tillage working bodies negatively affect the efficiency of agricultural operations and entail up to 15-20 percent reduction in subsequent yields. The cost of purchasing and reinstalling spare parts is up to 18 percent in the structure of the cost of agricultural products. The most technological method of plasma-powder surfacing (hardening) has been used, which is up to two times more productive and 2.2-2.7 times more economical in comparison with the known technology of plasma surfacing in argon medium. The most high-strength (σB at least 1600 megapascals) steels of the type 25XGTYUR, 30XGSA, 27XGR were selected for the manufacture of the developed tillage working bodies. (Results and discussion) Parts made of high-quality materials according to the created technology are not inferior in resource and wear resistance to the best foreign surfaced analogues, and non-melted imported products are 1.5-1.7 times superior. New materials and technological surfacing methods for strengthening domestic and import-substituting working bodies of agricultural machines allow, in terms of resource and operational indicators, to achieve a level of competitiveness with leading foreign manufacturers. (Conclusions) According to the «quality-price» criterion, new working bodies with reasonable materials, structural and technological parameters have a 1.5-2.5 times advantage over the best foreign analogues.*
Keywords: *hardened working bodies, wear resistance, durability, operability.*

For citation: Mironov D.A. Tekhnologicheskie metody povysheniya resursa i rabotosposobnosti bystroiznashivaemykh rabochikh organov [Technological methods of increasing the resource and efficiency of fast-wearing working bodies]. *Elektrotekhnologii i elektrooborudovanie v APK*. 2021. Vol. 68. N4(45). 118-123 (In Russian). DOI 10.22314/2658-4859-2021-68-4-118-123.

УДК 631.331.85 DOI 10.22314/2658-4859-2021-68-4-124-130

Перспективные направления развития селекционных сеялок

Петр Алексеевич Елизаров,
региональный руководитель, e-mail: peterelisarov@yahoo.com

ООО «Винтерштайгер», Москва, Российская Федерация

Реферат. *Посев – основополагающий процесс в селекции, так как с него начинается точность в проведении полевого эксперимента. Поэтому к посеву предъявляются повышенные требования со стороны исследователя. (Цель исследования) Обобщить данные об основных применяемых технологиях селекционного посева в разрезе различных специфических элементов селекционных сеялок, таких как устройство загрузки семян, высевающий аппарат и системы управления. (Материалы и методы) Проанализировали имеющиеся на сегодняшний день на территории стран бывшего СССР и Европы селекционные сеялки с попыткой классифицировать их по пяти основным параметрам: способам посева и загрузки семян в высевающий аппарат, агрегатированию с энергосредством, типу привода высевающего аппарата и системе управления посевом. (Результаты и обсуждение) Определили, что наиболее заметным развитие селекционного посева было в совершенствовании типа привода – переход от механического привода высевающих аппаратов к электрическому, и в эволюции систем управления посевом от механического способа к цифровому.*

Установили, что способы посева, загрузки семян и агрегатирования принципиально не изменились за 40 лет. Показали, что по-прежнему наравне с селекционными сеялками пунктирного посева производится множество моделей сеялок с конусным высевающим аппаратом, а загрузка семян через воронки и кассетный стол получили минимальные изменения. (Выводы) Выявили, что дальнейшее развитие селекционного посева идет в направлении ухода от рядового посева и перехода только к пунктирному через совершенствование систем управления, точного определения положения с помощью глобальных навигационных спутниковых систем RTK. Констатировали, что это позволит улучшить точность управления электроприводом высевающих аппаратов, получать дополнительные данные о расположении каждой делянки, увеличить скорость посева, повысить точность и снизить затраты на закладку полевого опыта.
Ключевые слова: *селекция, полевые опыты, деляночный посев, глобальные навигационные спутниковые системы (ГНСС), селекционные сеялки.*

Для цитирования: Елизаров П.А. Перспективные направления развития селекционных сеялок // *Электротехнологии и электрооборудование в АПК*. 2021. Т. 68. N4(45). С. 124-130. DOI 10.22314/2658-4859-2021-68-4-124-130.

Promising Areas of Breeding Seeders Development

Petr A. Elizarov,
regional manager, e-mail: peterelisarov@yahoo.com

LLC Wintersteiger, Moscow, Russian Federation

Abstract. *Seeding is a fundamental process in selection, since accuracy in conducting a field experiment begins with it. Therefore, researchers give increased requirements to the sowing. (Research purpose) The research purpose is to summarize the data on the main technologies of selective sowing in the context of various specific elements of selection, such as seed loading device, seeding apparatus and control systems. (Materials and methods) The article presents the analysis of the selection seeders currently available on the former USSR and Europe with an attempt to classify them according to five main parameters: methods of sowing and loading seeds into the seeding apparatus, aggregation with power equipment, type of drive of the seeding apparatus and the seeding control system. (Results and discussion) The most noticeable development of selective seeding was in the improvement of the drive type, the transition from mechanical drive of sowing machines to electric, and in the evolution of seeding control systems from mechanical to digital. The methods of sowing, seed loading and aggregation have not changed fundamentally in 40 years. As before, many models of seeders with a cone seeding apparatus are produced on a par with dotted seeders, and seed loading through funnels and a cassette table received minimal changes. (Conclusions) The further development of selective sowing goes in the direction of moving away from ordinary sowing and moving only to dotted through the improvement of control systems, accurate position determination using RTK global navigation satellite systems. This would improve the control accuracy of the electric drive of the sowing machines, obtain additional data on the location of each plot, increase the sowing speed, increase accuracy and reduce the cost of laying field experience.*
Keywords: *selection, field experiments, seeding, global navigation satellite systems (GNSS), breeding seeders.*

For citation: Elizarov P.A. Perspektivnye napravleniya razvitiya selektsionnykh seyalok [Promising areas of breeding seeders development]. *Elektrotekhnologii i elektrooborudovanie v APK*. 2021. Vol. 68. N4(45). 124-130 (In Russian). DOI 10.22314/2658-4859-2021-68-4-124-130.

УДК 631.588:631.171 DOI 10.22314/2658-4859-2021-68-4-131-136

Проектирование автономного полевого робота для дифференцированного внесения агрохимических средств

Максим Арифович Мирзаев,
аспирант, младший научный сотрудник, e-mail: mirza.pochta@gmail.com

Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Российская Федерация

Реферат. *Внедрение робототехнических устройств в процессы сельскохозяйственного производства позволяет повысить эффективность работ и качество получаемой продукции, обеспечить новый уровень*

экологической безопасности. Необходимость в разработке данного устройства обусловлена экономической нецелесообразностью применения зарубежных аналогов ввиду низкого уровня ремонтопригодности для отечественных производств, высокой стоимости обслуживания, узкого перечня выполняемых операций, зачастую отсутствия систем адаптации к широкому спектру сельскохозяйственных культур. (Цель исследования) Разработать автономное роботизированное устройство для дифференцированного внесения агрохимических средств с целью минимизации их расхода, повышения экономической эффективности и уровня экологической безопасности. (Материалы и методы) Проанализировали существующие исследования по мониторингу агрокультур и внесению удобрений. Определили требования к создаваемой конструкции автономной роботизированной установки. Провели лабораторные испытания модели полевого робота. (Результаты и обсуждение) Разработали конструкцию автономного полевого робота для дифференцированного внесения агрохимических средств с установленными параметрами, предназначенного для фермерских хозяйств, занятых в секторе растениеводства. Показали, что данное устройство позволит выполнять широкий спектр работ, начиная от диагностики состояния растений до прогнозирования урожайности, уменьшить долю трудозатрат человека, повысить экологическую чистоту и экономическую эффективность. Учли особенности работы роботизированного средства в полевых условиях, возможность быстрой замены аккумуляторов, автономность. Предусмотрели при проектировании расширение сфер применения робота за счет установки дополнительных исполнительных механизмов без замены блока управления рабочего органа. (Выводы) Выявили, что система наведения и дифференцированного внесения агрохимических средств применима в полевых условиях.
Ключевые слова: *автономный полевой робот, агротехнические задачи, проектирование, точное земледелие, многофункциональный рабочий орган, система дифференцированного внесения, система позиционирования.*

Для цитирования: Мирзаев М.А. Проектирование автономного полевого робота для дифференцированного внесения агрохимических средств // *Электротехнологии и электрооборудование в АПК*. 2021. Т. 68. N4(45). С. 131-136. DOI 10.22314/2658-4859-2021-68-4-131-136.

Design of an Autonomous Field Robot for Differentiated Application of Agrochemical Agents

Maksim A. Mirzaev,
postgraduate, junior researcher, e-mail: mirza.pochta@gmail.com

Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation

Abstract. *The introduction of robotic devices into agricultural production processes makes it possible to increase the efficiency of work and the quality of the products and to ensure a new level of environmental safety. The need to develop this device is due to the economic inexpediency of using foreign analogues due to the low level of maintainability for domestic production, high maintenance costs, a narrow list of operations, and the lack of adaptation systems for a wide range of crops. (Research Purpose) The research purpose is in developing an autonomous robotic device for differentiated application of agrochemical agents in order to minimize their consumption, increase economic efficiency and environmental safety. (Materials and methods) The article presents the analyse of existing studies on monitoring of agricultural crops and fertilization and the requirements for the design of an autonomous robotic installation being created. There were conducted laboratory tests of a field robot model. (Results and discussion) The article describes a design of an autonomous field robot for differentiated application of agrochemicals designed for farms engaged in the crop sector. This device will allow performing a wide range of work, ranging from plant condition diagnostics to yield forecasting, reducing the proportion of human labour costs, improving environmental cleanliness and economic efficiency. It has been taken into account the features of the operation of the robotic vehicle in the field, the possibility of quick replacement of batteries, autonomy. During the design, the scope of robot application was expanded by installing additional actuators without replacing the control unit of the working body. (Conclusions) The system of guidance and differentiated application of agrochemical agents is applicable in the field.*
Keywords: *autonomous field robot, agrotechnical tasks, design, precision farming, multifunctional working body, differentiated application system, positioning system.*

For citation: Mirzaev M.A. Proektirovanie avtonomnogo polevogo robota dlya differentsirovannogo vneseniya agrokhimicheskikh sredstv [Design of an autonomous field robot for differentiated application of agrochemical agents]. *Elektrotekhnologii i elektrooborudovanie v APK*. 2021. Vol. 68. N4(45). 131-136 (In Russian). DOI 10.22314/2658-4859-2021-68-4-131-136.

УДК 631.234:628.8:631.829 DOI 10.22314/2658-4859-2021-68-4-137-142

Управление электрофорсунками для подкормки углекислым газом растений в защищенном грунте

Иван Ревович Владыкин[1],
доктор технических наук, профессор;
Максим Александрович Иванов[1],
аспирант, e-mail: mitim1995@mail.ru;
Екатерина Ивановна Владыкина[2],
магистр;
Дмитрий Иванович Владыкин[1],
студент

[1]Ижевская государственная сельскохозяйственная академия, г. Ижевск, Российская Федерация;
[2]Удмуртский государственный университет, г. Ижевск, Российская Федерация

Реферат. *Задача подкормки растений в овощеводческих хозяйствах Российской Федерации на сегодняшний день актуальна. Остро стоит вопрос об осуществлении подкормок углекислым газом растений в сооружениях защищенного грунта. Невысокая концентрация углекислого газа при выращивании растений служит фактором, ограничивающим урожайность. (Цель исследования) Разработать алгоритм работы микропроцессора для подачи углекислоты в сооружения защищенного грунта при помощи электрофорсунок. (Материалы и методы) Показали, что поскольку содержание углекислого газа в атмосферном воздухе составляет лишь 0,03 процента, необходимо создание установки, способной дозировано подавать углекислый газ. Выявили, что при недостаточном воздухообмене содержание CO_2 в теплицах в результате его интенсивного поглощения растениями может упасть ниже 0,01 процента и фотосинтез практически прекращается. Провели расчет снижения затрат на выращивание тепличных культур с применением установки по генерации углекислого газа. Проанализировали отечественную и зарубежную литературу. Сравнили характеристики основных параметров форсунок. Определили методику расчета количества форсунок, способ подачи углекислого газа к растениям защищенного грунта. (Результаты и обсуждение) Выбрали используемое в установке электрооборудование. Привели электрическую принципиальную схему работы установки на основе микроконтроллера Mitsubishi FX2N. Составили алгоритм работы микроконтроллера для подачи углекислого газа. (Выводы) Установили, что решить проблему нехватки углекислоты при выращивании растений возможно при помощи подачи газа электрофорсунками в сооружение защищенного грунта с непосредственным управлением микроконтроллером. Констатировали, что применение электромагнитных форсунок позволяет дозировать подкормку растений CO_2.*

Ключевые слова: *электрофорсунки, система управления, углекислый газ, сооружения защищенного грунта.*

Для цитирования: Владыкин И.Р., Иванов М.А., Владыкина Е.И., Владыкин Д.И. Управление электрофорсунками для подкормки углекислым газом растений в защищенном грунте // *Электротехнологии и электрооборудование в АПК*. 2021. Т. 68. N4(45). С. 137-142. DOI 10.22314/2658-4859-2021-68-4-137-142.

Control of Electric Nozzles for Feeding Plants with Carbon Dioxide in Protected Ground

Ivan R. Vladykin[1],
Dr.Sc.(Eng.), professor;
Maksim A. Ivanov[1],
postgraduate, e-mail: mitim1995@mail.ru;
Ekaterina I. Vladykina[2],
master;
Dmitriy I. Vladykin[1],
student

[1]Izhevsk State Agricultural Academy, Izhevsk, Russian Federation;
[2]Udmurt State University, Izhevsk, Russian Federation

Abstract. *The task of supplying plants in vegetable farms of the Russian Federation is relevant today. There is an urgent question about the implementation of carbon dioxide fertilization of plants in protected soil structures. The low concentration of carbon dioxide in the cultivation of plants serves as a factor limiting the yield. (Research*

purpose) The research purpose is to develop an algorithm for the microprocessor for supplying carbon dioxide to protected ground structures using electric nozzles. (Materials and methods) Since the content of carbon dioxide in the atmospheric air is only 0.03 percent, it is necessary to create an installation capable of dosing carbon dioxide. With insufficient air exchange, the CO_2 content in greenhouses as a result of its intensive absorption by plants can fall below 0.01 percent and photosynthesis practically stops. The article presents the calculation to reduce the cost of protected crops using a carbon dioxide generation plant. The domestic and foreign literature have been analyzed. The article compares the characteristics of the injectors. There were described the method of calculating the number of injectors and the method of supplying carbon dioxide to the plants of the protected ground. (Results and discussion) The article presents the electrical equipment used in the installation. The electrical principle scheme of the installation includes the Mitsubishi FX2N microcontroller. The microcontroller is controlled by an algorithm for the supply of carbon dioxide. (Conclusions) It is possible to solve the problem of lack of carbon dioxide when growing plants by supplying gas with electric nozzles to the construction of a protected ground with direct control by a microcontroller. The use of electromagnetic nozzles makes it possible to dose the supplying of plants with CO_2.
Keywords: *electric injectors, control system, carbon dioxide, protected ground structures.*

For citation: Vladykin I.R., Ivanov M.A., Vladykina E.I., Vladykin D.I. Upravlenie elektroforsunkami dlya podkormki uglekislym gazom rasteniy v zashchishchennom grunte [Control of electric nozzles for feeding plants with carbon dioxide in protected ground]. *Elektrotekhnologii i elektrooborudovanie v APK*. 2021. Vol. 68. N4(45). 137-142 (In Russian). DOI 10.22314/2658-4859-2021-68-4-137-142.

УДК 662.951.2:621.384.3:631.462 DOI 10.22314/2658-4859-2021-68-4-143-147

Расчет газовых ИК-горелок для обеззараживания почвы и субстрата в защищенном грунте

Ирина Геннадиевна Поспелова[1],
кандидат технических наук, доцент, e-mail: pospelova@mail.ru;
Иван Владимирович Возмищев[2],
старший преподаватель;
Иван Ревович Владыкин[1],
доктор технических наук, профессор

[1]Ижевская государственная сельскохозяйственная академия, г. Ижевск, Российская Федерация;
[2]Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова, г. Ижевск, Российская Федерация

Реферат. *Для технической реализации преобразования энергии сгорания газа в тепловую энергию инфракрасного излучения была впервые разработана газовая инфракрасная горелка в 1933 году в Германии. В состав газовой инфракрасной горелки входят керамическая перфорированная панель-излучатель и вспомогательные элементы (газовые клапаны и вентили), управляющие процессом подачи газа в горелку и последующего сгорания газовоздушной смеси. От правильности подбора размеров ее основных конструктивных элементов зависит эффективность работы. (Цель исследования) Провести расчет газовых инфракрасных горелок для обеззараживания почвы и субстрата в защищенном грунте. (Материалы и методы) Показали, что расчет газовых инфракрасных горелок сводится к определению размеров ее основных конструктивных элементов: сопла, горла, смесителя, конфузора, диффузора и насадки. (Результаты и обсуждение) Установили расход газа на одну горелку, площадь поперечного сечения сопла и его диаметр, скорость истечения газа из сопла. Определили площадь излучающей поверхности насадки горелки исходя из задаваемой тепловой нагрузки $Q_{общ}$ и удельной нагрузки q_o насадки. Выявили, что вычисления скорости газовоздушной смеси в отверстиях плитки укладываются в пределы допустимых скоростей. Привели расчетную схему газовой инфракрасной горелки. (Выводы) Выполнили расчет газовых инфракрасных горелок, рассчитали основные оптимальные конструктивные элементы, расход газа и скорость газовоздушной смеси. Констатировали, что расчеты инфракрасных горелок показали, что скорость газовоздушной смеси в отверстиях керамической плитки укладывается в пределы допустимых значений, что положительно скажется на эффективности ее эксплуатации.*
Ключевые слова: *газовые ИК-горелки, обеззараживание, почва, субстрат, защищенный грунт, сопло, конструктивные размеры, расход газа, скорость газовоздушной смеси.*

Для цитирования: Поспелова И.Г., Возмищев И.В., Владыкин И.Р. Расчет газовых ИК-горелок для обеззараживания почвы и субстрата в защищенном грунте // *Электротехнологии и электрооборудование в АПК*. 2021. Т. 68. N4(45). С. 143-147. DOI 10.22314/2658-4859-2021-68-4-143-147.

Calculation of Gas Infrared Burners for Soil and Substrate Disinfection in Protected Ground

Irina G. Pospelova[1],
Ph.D.(Eng.), associate professor, e-mail: pospelova@mail.ru;
Ivan V. Vozmishchev[2],
senior lecturer;
Ivan R. Vladykin[1],
Dr.Sc.(Eng.), professor

[1]Izhevsk State Agricultural Academy, Izhevsk, Russian Federation;
[2]Izhevsk State Technical University named after M.T. Kalashnikov, Izhevsk, Russian Federation

Abstract. *A gas infrared burner was first developed in 1933 in Germany for the conversion of gas combustion energy into thermal energy of infrared radiation. The design of the gas infrared burner includes a ceramic perforated radiator panel and auxiliary elements (gas valves) that control the process of gas supply to the burner and subsequent combustion of the gas-air mixture. The work efficiency depends on the appropriate selection of the dimensions of its main structural elements. (Research purpose) The research purpose is in calculating gas infrared burners for disinfection of soil and substrate in protected ground. (Materials and methods) The calculation of gas infrared burners is reduced to determining the dimensions of its main structural elements: nozzle, throat, mixer, reducer, diffuser and nozzle. (Results and discussion) The gas flow rate per burner, the cross-sectional area of the nozzle and its diameter, and the gas flow rate from the nozzle, the area of the radiating surface were determined based on the specified thermal load Qo and the specific load qo of the nozzle. The calculations of the velocity of the gas-air mixture in the holes of the tile fit within the limits of permissible speeds. The article presents the calculation scheme of the gas infrared burner. (Conclusions) The gas infrared burners, the main structural elements, gas consumption and the speed of the gas-air mixture were calculated. The calculations of infrared burners showed that the velocity of the gas-air mixture in the holes of the ceramic tile fits within the permissible values, which will positively affect the efficiency of its operation.*
Keywords: *gas infrared burners, disinfection, soil, substrate, protected ground, nozzle, design dimensions, gas consumption, speed of the gas-air mixture.*

For citation: Pospelova I.G., Vozmishchev I.V., Vladykin I.R. Raschet gazovykh IK-gorelok dlya obezzarazhivaniya pochvy i substrata v zashchishchennom grunte [Calculation of gas infrared burners for soil and substrate disinfection in protected ground]. *Elektrotekhnologii i elektrooborudovanie v APK*. 2021. Vol. 68. N4(45). 143-147 (In Russian). DOI 10.22314/2658-4859-2021-68-4-143-147.

УДК 631 DOI 10.22314/2658-4859-2021-68-4-148-154

Пути повышения долговечности и безотказности функциональных агрегатов автотракторной техники

Екатерина Петровна Парлюк,
кандидат экономических наук, доцент кафедры, e-mail: kparlyuk@rgau-msha.ru

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

Реферат. *Работа двигателя в оптимальных температурных режимах обеспечивает возможность получения наиболее высоких показателей его эффективности, а именно максимальную выходную мощность; минимальный расход топливной смеси; увеличение срока эксплуатации; увеличение коэффициента безотказности. (Цель исследования) Обосновать показатели оценки эффективности систем охлаждения функциональных агрегатов автотракторной техники. (Материалы и методы) Показали, что введение в моторное масло поверхностно-активных веществ с фторуглеродным радикалом приводит к улучшению*

эксплуатационных характеристик функциональных агрегатов техники и силовых установок (мощность, удельный расход топлива и другие), что обусловлено уменьшением гидродинамического трения. (Результаты и обсуждение) Установили, что при добавлении антифрикционной присадки в моторное масло отмечается прирост мощности и крутящего момента двигателя на 2,5-3,0 процента; снижение удельного расхода топлива на величину до 6,9 процента, часового расхода топлива – на 3-4 процента; уменьшение выброса диоксида углерода, улучшение топливной экономичности в городском цикле на 2,6 процента, загородном – на 2,8 процента, смешанном – на 2,7 процента, снижение времени разгона в диапазоне скоростей 80-130 километров в час на 2,8 процента. (Выводы) Определили, что организация процессов охлаждения рабочих агрегатов и теплоносителей их систем должна осуществляться с учетом взаимовлияния этих компонентов. Отметили, что такой подход допускает реконструкцию систем охлаждения как на конечных этапах конструирования, так и в процессе эксплуатации. Выявили, что для функционирования вспомогательных систем охлаждения и улучшения теплообмена необходимы детальная проработка и анализ эксплуатационных процессов сельскохозяйственной техники. Констатировали, что создание наиболее эффективных систем охлаждения и проведение исследований с применением различных смазочно-охлаждающих жидкостей требует рассмотрения температурно-динамических свойств охлаждающих систем с учетом закономерностей изменения их температурных режимов, смазывания функциональных систем в зависимости от условий эксплуатации и окружающей среды, что позволят выявлять параметры надежности работоспособности.
Ключевые слова: *система смазки, долговечность, отказ, трение, охлаждающая система.*

Для цитирования: Парлюк Е.П. Пути повышения долговечности и безотказности функциональных агрегатов автотракторной техники // *Электротехнологии и электрооборудование в АПК*. 2021. Т. 68. N4(45). С. 148-154. DOI 10.22314/2658-4859-2021-68-4-148-154.

Ways to Increase the Durability and Reliability of Functional Units of Automotive Equipment

Ekaterina P. Parlyuk,
Ph.D.(Econ.), associate professor, e-mail: kparlyuk@rgau-msha.ru

Russian State Agrarian University – Moscow State Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, Moscow, Russian Federation

Abstract. *The operation of the engine in optimal temperature conditions provides the possibility of obtaining the highest indicators of its efficiency, namely, maximum output power; minimum fuel mixture consumption; increase in effective service life; increase in the reliability coefficient. (Research purpose) The research purpose is to substantiate the indicators for evaluating the efficiency of cooling systems of functional units used on automotive equipment. (Materials and methods) The introduction of surfactants with a fluorocarbon radical into the engine oil leads to an improvement in the operational characteristics of the functional units of machinery and power plants (power, specific fuel consumption and others), which is due to a decrease in hydrodynamic friction. (Results and discussion) When adding an antifriction additive to the engine oil, there is an increase in engine power and torque by 2.5-3.0 percent; reduction of specific fuel consumption by up to 6.9 percent, hourly fuel consumption by 3-4 percent; reduction of carbon dioxide emissions, improvement of fuel efficiency in the urban cycle by 2.6 percent, in rural by 2.8 percent, in mixed by 2.7 percent, reduction of acceleration time in the speed range of 80-130 kilometers per hour by 2.8 percent. (Conclusions) The organization of cooling processes of working units and heat carriers of their systems should be carried out taking into account the mutual influence of these components. This approach allows for the reconstruction of cooling systems both at the final stages of design and during operation. For the functioning of auxiliary cooling systems and the improvement of heat exchange, a detailed study and analysis of the operational processes of agricultural machinery are necessary. The creation of the most efficient cooling systems and conducting research using various lubricants requires consideration of the temperature-dynamic properties of cooling systems, taking into account the patterns of changes in their temperature modes and lubrication of functional systems depending on operating conditions and the environment, which will allow to identify the parameters of reliability of operability.*
Keywords: *lubrication system, durability, failure, friction, cooling system.*

For citation: Parlyuk E.P. Puti povysheniya dolgovechnosti i bezotkaznosti funktsional'nykh agregatov avtotraktornoy tekhniki [Ways to increase the durability and reliability of functional units of automotive equipment]. *Elektrotekhnologii i elektrooborudovanie v APK*. 2021. Vol. 68. N4(45). 148-154 (In Russian). DOI 10.22314/2658-4859-2021-68-4-148-154.

УДК 631.331.5 DOI 10.22314/2658-4859-2021-68-4-155-160

Исследование почвообрабатывающего катка вибрационного действия на посевах сои

Вячеслав Евгеньевич Прошкин[1],
кандидат технических наук, старший преподаватель, e-mail: veproshkin1993@gmail.com;
Евгений Сергеевич Зыкин[1,2],
доктор технических наук, профессор, директор;
Владимир Иванович Курдюмов[1],
доктор технических наук, профессор;
Владислав Вадимович Диков[1],
студент

[1]Ульяновский государственный аграрный университет, г. Ульяновск, Российская Федерация;
[2]Технологический институт – филиал Ульяновского государственного аграрного университета, г. Димит-ровград, Российская Федерация

Реферат. *В настоящее время одна из главных задач, стоящих перед аграрным производством, – обеспечение населения страны качественным продовольствием при максимальном снижении доли импорта. Для получения стабильных и высоких урожаев необходимо применять современное оборудование. В последнее время главный акцент делается на оснащение машин электроникой, при этом все меньше внимания уделяется конструктивному исполнению сельскохозяйственных машин и орудий. Несмотря на большое количество средств механизации прикатывания почвы, они зачастую не обеспечивают выполнение агротехнических требований к прикатыванию почвы. (Цель исследования) Проверить эффективность использования разработанного виброкатка в полевых условиях на посевах сои. (Материалы и методы) Разработали принципиально новый виброкаток, отличительной особенностью которого служит наличие пассивного привода дебалансиров, установленных на вращающейся оси пустотелого цилиндра. Сравнили в полевых условиях качество работы разработанного виброкатка и серийно выпускаемых катков с применением коэффициента соответствия эталону. (Результаты и обсуждение) Определили, что использование виброкатка дало более качественное прикатывания почвы, на 42 процента лучшее значение критерия оптимизации по сравнению с катком ККЗ-6. Получили более дружные и качественные всходы сои по сравнению с прикатыванием другими катками. (Выводы) Установили, что прикатывание посевов сои предлагаемым виброкатком позволило увеличить ее урожайность до 33,5 центнера на гектар (на 27,4 процента) по сравнению с 26,3 центнера на гектар после прикатывания посевов серийно выпускаемыми промышленностью катками ККЗ-6. Выявили, что инновационные особенности предложенного виброкатка дают возможность при реализации традиционной технологии прикатывания получить большую урожайность практически без увеличения капитальных вложений, тем самым, повысить рентабельность производства бобовых культур.*

Ключевые слова: *вибрационное действие, послепосевное прикатывание, каток, соя, поверхностная обработка, почва, прикатывание, параметры.*

Для цитирования: Прошкин В.Е., Зыкин Е.С., Курдюмов В.И., Диков В.В. Исследование почвообрабатывающего катка вибрационного действия на посевах сои // *Электротехнологии и электрооборудование в АПК*. 2021. Т. 68. N4(45). С. 155-160. DOI 10.22314/2658-4859-2021-68-4-155-160.

Investigation of a Vibrational Tillage Roller on Soybean Crops

Vyacheslav E. Proshkin[1],
Ph.D.(Eng.), senior lecturer, e-mail: veproshkin1993@gmail.com;
Evgeniy S. Zykin[1,2],
Dr.Sc.(Eng.), professor, director;
Vladimir V. Kurdyumov[1],
Dr.Sc.(Eng.), professor;
Vladislav V. Dikov[1],
student

[1]Ulyanovsk State Agrarian University, Ulyanovsk, Russian Federation;
[2]Technological Institute – Branch of Ulyanovsk State Agrarian University, Dimitrovgrad, Russian Federation

Abstract. *Currently, one of the main tasks facing agricultural production is to provide the country's population with high-quality food with a maximum reduction in the share of imports. To get stable and high yields, it is necessary to use modern equipment. Recently, the main emphasis has been on equipping machines with electronics, while less and less attention is paid to the design of agricultural machines. Despite the large number of mechanization means of soil rolling, they often do not ensure the fulfillment of agrotechnical requirements for soil rolling. (Research purpose) The research purpose is to test the effectiveness of using the developed vibrating roller in the field on soybean crops. (Materials and methods) The article presents the fundamentally new vibration roller, the distinctive feature of which is the presence of a passive drive of disbalancers mounted on the rotating axis of a hollow cylinder. In the field conditions, the quality of work of the developed vibrating roller and mass-produced rollers was compared using the coefficient of compliance with the standard. (Results and discussion) The use of a vibrating roller give a higher quality of soil rolling, a 42 percent better value of the optimization criterion compared to the KKZ-6 roller. The soybean seedlings are more harmonious compared to rolling in other rollers. (Conclusions) The rolling of soybean crops with the proposed vibrating roller allowed to increase its yield to 33.5 quintals per hectare (by 27.4 percent) compared to 26.3 quintals per hectare after rolling the crops with the KKZ-6 rollers mass-produced by the industry. The innovative features of the proposed vibrating roller make it possible, when implementing the traditional rolling technology, to obtain a large yield practically without increasing capital investments, thereby increasing the profitability of legume production.*
Keywords: *vibration action, post-sowing rolling, roller, soy, surface treatment, soil, rolling, parameters.*

For citation: Proshkin V.E., Zykin E.S., Kurdyumov V.V., Dikov V.V. Issledovanie pochvoobrabatyvayushchego katka vibratsionnogo deystviya na posevakh soi [Investigation of a vibrational tillage roller on soybean crops]. *Elektrotekhnologii i elektrooborudovanie v APK*. 2021. Vol. 68. N4(45). 155-160 (In Russian). DOI 10.22314/2658-4859-2021-68-4-155-160.

УДК 631.331.5 DOI 10.22314/2658-4859-2021-68-4-161-166

Теоретическое обоснование тягового сопротивления катка гребневой сеялки

Евгений Сергеевич Зыкин[1,2],
доктор технических наук, профессор, e-mail: evg-zykin@yandex.ru;
Владимир Иванович Курдюмов[1],
доктор технических наук, профессор;
Светлана Александровна Лазуткина[1],
кандидат технических наук, доцент;
Вячеслав Евгеньевич Прошкин[1],
кандидат технических наук, старший преподаватель;
Сергей Петрович Албутов[1],
аспирант

[1]Ульяновский государственный аграрный университет, г. Ульяновск, Российская Федерация;
[2]Технологический институт – филиал Ульяновского государственного аграрного университета, г. Димитровград, Российская Федерация

Реферат. *Анализ текущей ситуации предприятий агропромышленного комплекса России показал, что масштабно применяют различные энергосберегающие технологии возделывания сельскохозяйственных культур, в том числе и пропашных культур на гребнях. Преимущественно такие технологии подразумевают уменьшение количества выполняемых технологических операций, замену посева по предварительно обработанной почве на посев по минимальной технологии или по-till. При реализации гребневого посева пропашных культур проблема энергосбережения остается актуальной. Изучив конструктивные особенности и принцип работы почвообрабатывающих катков, можно установить, что они предназначены в основном для разрушения почвенных комков и уплотнения почвы на ровном поле до или после посева. Возникает проблема качественного прикатывания гребней почвы, формируемых одновременно с посевом пропашных культур. (Цель исследования) Теоретически обосновать тяговое сопротивление катка, агрегатируемого с гребневой сеялкой. (Материалы и методы) Определили, что применяемые алгоритмы оценки качества работы катков несовершенны, для достоверного обоснования параметра оптимизации необходимо решить ряд вопросов, в частности, методику определения тягового сопротивления катков, предназначенных для финишного формирования гребней почвы путем одновременного воздействия на их*

стороны сферических дисков и конических колес. Разработали каток для финишной операции формирования гребня почвы требуемых параметров и плотности одновременно с посевом, новизна которого подтверждена патентами Российской Федерации № 194330, 194348, 196712. (Результаты и обсуждение) Рассмотрели процесс формирования гребня почвы катком, теоретически обосновали тяговое сопротивление катка гребневой сеялки. Выявили, что на каток гребневой сеялки дополнительно действует вертикальная нагрузка, искусственно создаваемая пружиной, данная нагрузка равномерно распространяется на коническое колесо (50 процентов) и сферические диски (50 процентов) катка. (Выводы) Установили, что на общее тяговое сопротивление катка гребневой сеялки влияют вес конического колеса, рамы, дополнительная нагрузка от сжатия пружины, размеры прикатывающего колеса и сферических дисков, скорость перемещения катка, а также физико-механические свойства почвы.
Ключевые слова: *энергосбережение, технология, почва, растениеводство, возделывание.*

Для цитирования: Зыкин Е.С., Курдюмов В.И., Лазуткина С.А., Прошкин В.Е., Албутов С.П. Теоретическое обоснование тягового сопротивления катка гребневой сеялки // *Электротехнологии и электрооборудование в АПК*. 2021. Т. 68. N4(45). С. 161-166. DOI 10.22314/2658-4859-2021-68-4-161-166.

Theoretical Substantiation of the Traction Resistance of the Ridge Seeder

Evgeniy S. Zykin[1,2],
Dr.Sc.(Eng.), professor, e-mail: evg-zykin@yandex.ru;
Vladimir V. Kurdyumov[1],
Dr.Sc.(Eng.), professor;
Svetlana A. Lazutkina[1],
Ph.D.(Eng.), associate professor;
Vyacheslav E. Proshkin[1],
Ph.D.(Eng.), senior lecturer;
Sergey P. Albutov[1],
postgraduate

[1]Ulyanovsk State Agrarian University, Ulyanovsk, Russian Federation;
[2]Technological Institute – Branch of Ulyanovsk State Agrarian University, Dimitrovgrad, Russian Federation

Abstract. *The analysis of the current state of the enterprises of the agro-industrial complex of Russia has shown that various energy-saving cultivation technologies of agricultural crops, including row crops on ridges, are being applied on a large scale. Mainly, such technologies imply a reduction in the number of technological operations performed, the replacement of sowing on pre-treated soil with sowing according to minimal technology or no-till at all. When implementing comb sowing of row crops, the problem of energy saving remains relevant. Keeping in mind the design features and the operation principle of tillage rollers, it can be stated that they are designed mainly for the destruction of soil lumps and compaction of soil on a flat field before or after sowing. There is a problem of high-quality rolling of soil ridges formed simultaneously with the sowing of row crops. (Research purpose) The research purpose is to substantiate the traction resistance of a roller aggregated with a combed roller theoretically. (Materials and methods) The algorithms used to assess the quality of the rollers are imperfect, for reliable justification of the optimization parameter, it is necessary to solve a number of issues, in particular, the methodology for determining the traction resistance of rollers designed for the final creation of soil ridges by simultaneous action of spherical disks and conical wheels on their sides. A skating roller has been developed for the finishing operation of forming a soil ridge with the required parameters and density simultaneously with sowing, the novelty of which is confirmed by patents of the Russian Federation No. 194330, No. 194348, No. 196712. (Results and discussion) The article presents the process of forming a soil ridge by a roller, and the justification of the traction resistance of a ridge drill roller. A vertical load artificially created by a spring additionally acts on the roller of the comb seeder, this load evenly spreads to the conical core and spherical disks of the roller. (Conclusions) The total traction resistance of the roller of the comb seeder is affected by the weight of the conical wheel, frame, additional spring compression load, the size of the rolling wheel and spherical discs, the speed of the roller, as well as the physical and mechanical properties of the soil.*
Keywords: *energy saving, technology, soil, crop production, cultivation.*

For citation: Zykin E.S., Kurdyumov V.V., Lazutkina S.A., Proshkin V.E., Albutov S.P. Teoreticheskoe obosnovanie tyagovogo soprotivleniya katka grebnevoy seyalki [Theoretical substantiation of the traction resistance of the ridge seeder]. *Elektrotekhnologii i elektrooborudovanie v APK*. 2021. Vol. 68. N4(45). 161-166 (In Russian). DOI 10.22314/2658-4859-2021-68-4-161-166.