УДК 621.311.161 DOI 10.22314/2658-4859-2020-67-1-3-10

Исследование баланса мощности и надежности энергоустановок на альтернативном топливе в энергосистеме Рязанского региона

Евгений Игоревич Лопатин,
кандидат технических наук, старший научный сотрудник, e-mail: e_lopatina@bk.ru

Рязанский институт (филиал) Московского политехнического университета, г. Рязань, Российская Федерация

Реферат. *На территории Рязанской области в настоящее время функционируют пять электростанций с установленной электрической мощностью 3759 мегаватт. Из них две газотурбинные теплоэлектроцентрали частично используют альтернативное биотопливо первого поколения – биогаз, полученный из переработанных органических отходов. Проводятся эксперименты по переводу энергоустановок газотурбинных электростанций на альтернативные виды топлива. (Цель исследования) Определить баланс мощности и показатели надежности энергоустановок на основе возобновляемых видов энергии в энергосистеме Рязанского региона. (Материалы и методы) Исследовали две энергоустановки газотурбинных теплоэлектроцентралей в составе Рязанской энергосистемы – в Сасово и Касимове. Рассчитали показатели надежности оборудования газотурбинной станции. (Результаты и обсуждение) За счет ввода второй очереди газотурбинной электростанции в Сасово и перевода ее на альтернативные источники прогнозируем увеличение роста генерации электрической энергии. Рассмотрели системную надежность газотурбинной станции. (Выводы) Анализ балансов мощности и электроэнергии энергоустановок на основе возобновляемых видов энергии в энергосистеме Рязанского региона показал, что их доля в общей выработке электроэнергии не превышает одного процента. Определили, что вероятность безотказной работы электрооборудования лежит в пределах от 0,9 до 0,98. Установили вероятность безотказной работы у оборудования, входящего в состав распределительного устройства высокого напряжения (10 киловольт) ниже нормативной – до 0,93. Выявили высокую вероятность безотказной работы повышающих трансформаторов – до 0,99, коммутационного и защитного оборудования в составе распределительного устройства низкого напряжения – от 0,93 до 0,98. Определили, что перевод газотурбинных станций на альтернативное топливо – биогаз, полученный из переработанных органических отходов, не вызовет снижения надежности электроснабжения, так как расчетная вероятность безотказной работы оборудования соответствует или превышает нормативное значение – 0,95 относительной единицы, а время восстановительных работ не превышает 2,82 часа.*

Ключевые слова: *энергосистема Рязанской области, генерация, возобновляемые виды энергии, биогаз, отходы, альтернативное топливо, баланс мощности, надежность электроснабжения, газотурбинная теплоэлектроцентраль, прогноз электропотребления.*

Для цитирования: Лопатин Е.И. Исследование баланса мощности и надежности энергоустановок на основе возобновляемых видов энергии в энергосистеме Рязанского региона // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. 2020. N1(38). С. 3-10. DOI 10.22314/2658-4859-2020-67-1-3-10.

Study of the Power Balance and Reliability of Power Plants Based on Renewable Energy in the Power System of the Ryazan Region

Evgeniy I. Lopatin,

Ph.D.(Eng.), senior researcher, e-mail: e_lopatina@bk.ru

Ryazan Institute (branch) of Moscow Polytechnic University, Ryazan, Russian Federation

Abstract. *On the territory of the Ryazan region, there are currently five 5 power plants with an installed electric capacity of 3,759 megawatt, including two gas turbine thermal power plants, which partially use an alternative fuel of the first generation (biogas) obtained from recycled organic waste through their processing. Experiments on conversion the gas turbine power plants to alternative fuels are being carried out. (Research purpose) The research purpose is to determine the power balance and reliability indicators of power plants based on renewable energy in the power system of the Ryazan region. (Materials and methods) Authors have investigated two gas turbine thermal power plants in the Ryazan power system in Sasovo and Kasimov. The reliability indicators of the gas turbine station equipment were calculated. (Results and discussion) Due to the commissioning of the second stage of the gas turbine power plant in Sasovo and its transfer to alternative sources, authors predict an increase in the growth of electricity generation. Authors considered the system reliability of the gas turbine station. (Conclusions) Analysis of power and electricity balances of power plants based on renewable energy in the power system of the Ryazan region showed that their share in the total electricity generation does not exceed one percent. It was determined that the probability of failure-free operation of electrical equipment lies in the range from 0.9 to 0.98. It was found that the probability of failure-free operation of the equipment included in the high voltage switchgear (10 kilovolts) lies below the standard and is up to 0.93. It was revealed a high probability of failure–free operation of step–up transformers up to 0.99, switching and protective equipment as part of a low voltage switchgear from 0.93 to 0.98. It was found that the transfer of gas-turbine stations to alternative fuel (biogas) obtained from recycled organic waste, will not cause a decrease in the reliability of power supply, since the estimated probability of failure-free operation of the equipment corresponds to or exceeds the normative value of 0.95, and the recovery time does not exceed 2.82 hours.*

Keywords: *power system of Ryazan region, generation, renewable energy, biogas, waste, alternative fuel, power balance, reliability of power supply, gas turbine heat and power plant, forecast of power consumption.*

For citation: Lopatin E.I. Issledovanie balansa moshchnosti i nadezhnosti energoustanovok na osnove vozobnovlyaemykh vidov energii v energosisteme Ryazanskogo regiona [Study of the power balance and reliability of power plants based on renewable energy in the power system of the Ryazan region]. *Elektrotekhnologii i elektrooborudovanie v APK*. 2020. N1(38). 3-10 (In Russian). DOI 10.22314/2658-4859-2020-67-1-3-10.

УДК 664.727 DOI 10.22314/2658-4859-2020-67-1-11-15

Моделирование распределения электромагнитного поля в устройстве сложения мощностей СВЧ-магнетронов

Александр Анатольевич Белов,
доктор технических наук, ведущий научный сотрудник, e-mail: belalexan85@gmail.com;
Юрий Александрович Собченко,
ведущий специалист

Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Российская Федерация

Реферат. *Обоснование физической сущности процесса сложения мощностей магнетронных генераторов в волноводе устройства, оценка электромагнитных свойств объектов без экспериментальной проверки контрольно-измерительными приборами, проверка научно-технических гипотез на адекватность без создания макетных и опытных образцов возможны* *путем моделирования распределения электромагнитного поля в программе CST Studio. (Цель исследования) Смоделировать распределение электромагнитного поля в устройстве сложения мощностей магнетронов сверхвысокой частоты. (Материалы и методы) Применили программное обеспечение CST Studio для разработки моделей распределения электромагнитного поля в устройстве сложения мощностей сверхвысокочастотных магнетронов. (Результаты и обсуждение) Разработали модели распределения электромагнитного поля в устройстве сложения мощностей магнетронов сверхвысокой частоты при помощи программы CST Studio. Определили, что при рабочих частотах 1; 3; 4; 5 Гигагерц полученное распределение электромагнитного поля различной плотностью рассредоточено по всему объему волновода, что не позволяет использовать волновод соответствующих размеров для выполнения основных функций передачи и распределения энергии сверхвысокой частоты, тогда как на рабочей частоте 2 Гигагерц соблюдаются основные условия работы волновода. Выявили, что в границах волновода разработанного устройства силовые линии электромагнитного поля распространяются от поверхности излучателей в пространство волновода, отражаются от стенок, распределяются по объему волновода и устремляются в выходной открытый торец. (Выводы) Установили, что генерируемые импульсы мощности потока электромагнитной энергии сверхвысокой частоты потока двух магнетронов, соответствующие величине 116 Вольт·Ампер на квадратный метр, распространяясь по всему объему волновода в различные отрезки времени согласно рабочей частоте, принимают односторонний курс движения своих электромагнитных силовых линий от короткозамкнутого торца в направлении открытой части волновода, локализуются с наибольшей концентрацией в выходном рупорном торце волновода, что объясняется явлениями сложения мощности ввиду обеспечения бегущей волны за счет согласованности метрических размеров волновода и рабочей длины волны.*

Ключевые слова: *волновод, мощность потока, напряженность, противофазное включение, силовые линии, частота импульса.*

Для цитирования: Белов А.А., Собченко Ю.А. Моделирование распределения электромагнитного поля в устройстве сложения мощностей СВЧ-магнетронов // *Электротехнологии и электрооборудование в АПК*. 2020. Т. 67. N1(38). С. 11-15. DOI 10.22314/2658-4859-2020-67-1-11-15.

Modeling the Distribution of the Electromagnetic Field in the Device for Adding the Power of Microwave Magnetrons

Aleksandr A. Belov,
Dr.Sc.(Eng.), leading researcher, e-mail: belalexan85@gmail.com;
Yuriy A. Sobchenko,
leading specialist

Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation

Abstract. *Substantiation of the physical nature of adding the power of magnetron generators in the device's waveguide, assessment of the electromagnetic properties of objects without experimental verification, testing of scientific and technical hypotheses for adequacy without creating prototypes are possible by modeling the distribution of the electromagnetic field in the CST Studio program. (Research purpose) The research purpose is to simulate the distribution of the electromagnetic field in the device for adding the power of microwave magnetrons. (Materials and methods) CST Studio software was used to design models of the distribution of the electromagnetic field in the device for adding the power of microwave magnetrons. (Results and discussion) Models of the distribution of the electromagnetic field in the device for adding the power of microwave magnetrons was designed using the CST Studio program. It was found that at operating frequencies of 1, 3, 4 and 5 GHz, the distribution of the electromagnetic field of different densities is dispersed throughout the volume of the waveguide, which*

does not allow the use of a waveguide of the appropriate size to perform the basic functions of transmission and distribution of microwave energy, while at the operating frequency of 2 GHz the basic operating conditions of the waveguide are observed. It was found that, within the boundaries of the waveguide of the developed device, the force lines of the electromagnetic field propagate from the surface of the emitters into the space of the waveguide, are reflected from the walls, distributed over the volume of the waveguide, and rush to the output open end. (Conclusions) It was found that the generated pulses of the power flow of electromagnetic energy of an ultrahigh frequency of the flux of two magnetrons, corresponding to a value of 116 Volts·Amperes at square meter, propagating throughout the volume of the waveguide at different time intervals according to the operating frequency, take a one-way travel of their electromagnetic field lines from short-circuited end in the direction of the open part of the waveguide, are localized with the highest concentration in the output horn end of the waveguide, which is explained by the phenomena of power addition after providing traveling wave due to the coordination of the metric dimensions of the waveguide and the working wavelength.
Keywords: *waveguide, flow power, density, antiphase switching, force lines, pulse frequency.*

For citation: Belov A.A., Sobchenko Yu.A. Modelirovanie raspredeleniya elektromagnitnogo polya v ustroystve slozheniya moshchnostey SVCh-magnetronov [Modeling the distribution of the electromagnetic field in the device for adding the power of microwave magnetrons]. *Elektrotekhnologii i elektrooborudovaniye v APK*. 2020. Vol. 67. N1(38). 11-15 (In Russian). DOI 10.22314/2658-4859-2020-67-1-11-15.

УДК 631.134 DOI 10.22314/2658-4859-2020-67-1-16-21

Обоснование внепланового технического обслуживания солнечных батарей, используемых в качестве источника питания дождевальных машин

Сергей Мударисович Бакиров,
кандидат технических наук, доцент, email: s.m.bakirov@mail.ru;
Сергей Сергеевич Елисеев,
аспирант

Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Российская Федерация

Реферат. *Современный уровень сельского хозяйства характеризуется внедрением возобновляемых источников энергии. В эксплуатацию вводятся дождевальные машины нового поколения, в системе питания которых используются солнечные батареи. Один из факторов, негативно влияющих на производительность солнечных батарей в открытом поле, – их запыление, образующееся в результате пылевых бурь, ветра. Очищение панелей батарей проводится различными способами: ручным, полуавтоматическим и автоматическим. Очистку от пыли включают в состав технического обслуживания. (Цель исследования) Определить условия технического обслуживания, которое заключается в очистке солнечных батарей в полевых условиях. (Материалы и методы) Применили теоретические (анализ, построение гипотез), эмпирические (наблюдение, тестирование), экспериментальные (констатирующий эксперимент) методы. (Результаты и обсуждение) Ввели параметр оценки уровня загрязнения. Показатель потерь мощности указывает отношение мощности загрязненного модуля к мощности чистого модуля. На внеплановое техническое обслуживание влияет удаленность солнечного модуля от пункта ремонта, мощность солнечного модуля, потери на загрязнение, периодичность обслуживания и стоимостные показатели. (Выводы) Установили зависимость технического обслуживания солнечного модуля дождевальной машины от удаленности дождевальной машины, пункта технического обслуживания и*

ремонта, коэффициента потерь мощности при загрязнении солнечного модуля, стоимости выполнения технического обслуживания, а также частоты выполнения и периодичности технического обслуживания. Определили границы выбора режима эксплуатации дождевальной машины между внеплановым техническим обслуживанием для очистки солнечного модуля и принятием дополнительной мощности системы энергообеспечения дождевальной машины по критерию минимальных эксплуатационных затрат.
Ключевые слова: *солнечный модуль, источник питания, электрифицированная дождевальная машина, очистка от пыли, солнечная энергия, запыление.*

Для цитирования: Бакиров С.М., Елисеев С.С. Обоснование внепланового технического обслуживания солнечных батарей, используемых в качестве источника питания дождевальных машин // *Электротехнологии и электрооборудование в АПК*. 2020. Т. 67. N1(38). С. 16-21. DOI 10.22314/2658-4859-2020-67-1-16-21.

Justification for Unscheduled Maintenance of Solar Panels Used as a Power Supply for Sprinkler Machines

Sergey M. Bakirov,
Ph.D.(Eng.), associate professor, e-mail: s.m.bakirov@mail.ru;
Sergey S. Eliseev,
postgraduate

Saratov State Vavilov Agrarian University, Saratov, Russian Federation

Abstract. *The modern level of agriculture is described by the introduction of renewable energy sources. New generation sprinkler machines are being put into production, in the power system of which solar panels are used. One of the factors that negatively affect the performance of solar cells in an open field is their dusting, which is formed as a result of dust storms and wind. Cleaning of the battery panels is carried out in various ways: manual, semi-automatic and automatic. Dust cleaning is included in maintenance. (Research purpose) The research purpose is to determine the conditions for performing the maintenance, which consists in cleaning solar panels in the field. (Materials and methods) Theoretical (analysis, hypothesis design), empirical (observation, testing), experimental (ascertaining experiment) methods has been used during research. (Results and discussion) The article describes an introduced parameter for estimating the level of dusting. The power loss indicator shows the ratio of the power of the dusted module to the power of the clean module. Unscheduled maintenance is affected by the distance of the solar module from the repair point, the power of the solar module, the loss from dusting, the frequency of maintenance and cost indicators. (Conclusions) It has been found the dependence of maintenance period of the solar module of the sprinkler machine on the distance to the sprinkler machine, to the point of maintenance and repair, the power loss coefficient in case of dusting of the solar module, the cost of performing maintenance, as well as the frequency of maintenance. Article describes the boundaries of the choice of operating mode of the sprinkler between unscheduled maintenance for cleaning the solar module and the acceptance of additional power of the sprinkler power supply system according to the criterion of minimum operating costs.*
Keywords: *solar module, power source, electrified sprinkler machine, dust removal, solar energy, dusting.*

For citation: Bakirov S.M., Eliseev S.S. Obosnovanie vneplanovogo tehnicheskogo obsluzhivaniya solnechnyh batarey, ispol'zuemyh v kachestve istochnika pitaniya dozhdeval'nyh mashin [Justification for unscheduled maintenance of solar panels used as a power supply for sprinkler machines]. *Elektrotekhnologii i elektrooborudovanie v APK*. 2020. Vol. 67. N1(38). 16-21 (In Russian). DOI 10.22314/2658-4859-2020-67-1-16-21.

УДК 621.3 DOI 10.22314/2658-4859-2020-67-1-22-27

Результаты эксперимента по определению энергоэффективных режимов сушки зерна с применением микроволнового излучения

Дмитрий Александрович Будников,
кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник, e-mail: dimm13@inbox.ru

Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Российская Федерация

Реферат. *Классические тепловые способы сушки зерна отличаются высокой энергоемкостью. Исследование режимов обработки зерна с применением электротехнологий позволяет снизить себестоимость сушки. При разработке необходимо учитывать технологические требования к обрабатываемому материалу, виды электротехнологий, режим работы интенсифицирующего оборудования (постоянный, импульсный и другие). (Цель исследования) Получить зависимости энергоэффективности сушки зерна пшеницы с применением энергии микроволнового поля при различных состояниях слоя. (Материалы и методы) Использовали схему лабораторной установки. Выполнили экспериментальные исследования по определению кривых сушки и энергоемкости сушки обрабатываемого слоя зерна пшеницы. (Результаты и обсуждение) Провели двухфакторный эксперимент по определению влияния мощности воздействующего поля и плотности зерновой насыпи на энергоемкость процесса сушки зерна. Рассмотрели искомые зависимости. (Выводы) Получили данные в результате проведения эксперимента по сушке зернового слоя, находящегося в плотном, псевдоожиженном и взвешенном слое под действием микроволнового поля при начальной влажности зерна 17 процентов. Выявили, что применение сверхвысокочастотного поля в процессе сушки зерновых культур целесообразно при влажностях обрабатываемого материала близких к кондиционной (17-18 процентов для пшеницы). Определили, что использование сверхвысокочастотного поля дает возможность интенсифицировать процесс сушки в областях влажности близких к кондиционной в 3-4 раза, снизить общую энергоемкость процесса сушки в областях влажности близких к кондиционной на 20-40 процентов. Установили, что для повышения достоверности данных требуется увеличить проведение экспериментов на масштабных моделях, позволяющих прогнозировать энергоемкость сушки в промышленных установках.*

Ключевые слова: *энергоемкость, система управления, электрофизические воздействия, послеуборочная обработка, испытания.*

Для цитирования: Будников Д.А. Результаты эксперимента по определению энергоэффективных режимов сушки зерна с применением микроволнового излучения // *Электротехнологии и электрооборудование в АПК*. 2020. Т. 67. N1(38). С. 22-27. DOI 10.22314/2658-4859-2020-67-1-22-27.

The Results of Studying the Energy Efficient Modes of Grain Drying Using MicrowaveRadiation

Dmitriy A. Budnikov,
Ph.D.(Eng.), leading researcher

Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation

Abstract. *Classical thermal methods of grain drying are characterized by high energy intensity. The study of grain processing modes using electrical technologies allows to reduce the cost of drying. When studying, it is necessary to take into account the technological requirements for the processed material, types of electrical technologies, and the operating mode of the intensifying equipment (constant, pulse, and others). (Research purpose) The research purpose is obtaining dependences of the energy efficiency*

of drying wheat grain using the energy of the microwave field for different states of the layer. (Materials and methods) A diagram of a laboratory installation has been used. Experimental studies were performed to determine the drying curves and the energy intensity of drying the layer of wheat grain. (Results and discussion) The two-factor experiment was conducted to determine the effect of the power of the field and the density of the grain mound on the energy intensity of the grain drying process. Article presents the required dependencies. (Conclusions) Data has been obtained as a result of an experiment on drying a grain layer located in a dense, fluidized and suspended layer under the influence of a microwave field at an initial grain humidity of 17 percent. It was found that the use of an ultra-high-frequency field in the process of drying grain crops is advisable when the humidity of the processed material is close to the standard one (17-18 percent for wheat). It was found that the use of an ultra-high-frequency field makes it possible to intensify the drying process when humidity is close to the standard by 3-4 times and reduce the overall energy consumption of the drying process in areas of humidity close to the standard by 20-40 percent. It was found that in order to increase the reliability of data, it is necessary to increase experiments on large-scale models that allow predicting the energy intensity of drying in industrial plants.
Keywords: *energy consumption, control system, electrophysical effects, postharvest treatment, tests.*

For citation: Budnikov D.A. Rezul'taty eksperimenta po opredeleniyu energoeffektivnykh rezhimov sushki zerna s primeneniem mikrovolnovogo izlucheniya [The results of studying the energy efficient modes of grain drying using microwave radiation]. *Elektrotekhnologii i elektrooborudovanie v APK*. 2020. Vol. 67. N1(38). 22-27 (In Russian). DOI 10.22314/2658-4859-2020-67-1-22-27.

УДК 534.86+534.87:534-16 DOI 10.22314/2658-4859-2020-67-1-28-34

Микроконтроллерное устройство идентификации проводников с использованием акустического сигнала

Александр Владимирович Виноградов[1],
кандидат технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник,
e-mail: winaleksandr@rambler.ru;
Алексей Валерьевич Букреев[2],
аспирант

[1]Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Российская Федерация;
[2]Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина, г. Орел, Российская Федерация

Реферат. *При ремонте и замене электропроводки на предприятиях основная сложность – отсутствие или низкое качество документации, планов прокладки проводников. Различение проводов (кабелей) и их жил по цвету оболочек или с помощью закрепленных на концах бирок затруднительно, если оболочки имеют одинаковый цвет, а бирки отсутствуют. Устройства и технические решения, с помощью которых производится идентификация проводов и кабелей, не позволяют распознавать проводники без разрыва электрической цепи, снятия изоляции, обесточивания сети. Поиск необходимого проводника – трудоемкая операция, занимающая продолжительное время. (Цель исследования) Разработать новое микроконтроллерное устройство идентификации проводов с использованием акустического сигнала. (Материалы и методы) Проанализировали литературные источники, устройства идентификации проводников. (Результаты и обсуждение) Предложили способ, предполагающий подачу в провод акустического сигнала в одной точке и его улавливание в другой, с целью распознавания искомого провода. Представили результаты сравнения разработанного микроконтроллерного устройства идентификации проводников с использованием акустического сигнала с* *известными устройствами и методами распознавания проводников. (Выводы) Выявили недостатки существующих способов и средств идентификации проводов и кабелей. Выполнили теоретический расчет звукового давления в проводнике на заданном расстоянии. Рассчитали скорость распространения акустических волн в проводниках с различными типами изоляции. Разработали микроконтроллерное устройство идентификации проводников с использованием акустического сигнала и провели его испытания. Определили, что устройство повышает безопасность работ, сокращает затраты на эксплуатацию внутренних электропроводок и время проведения идентификации; исключает нарушение изоляции провода, необходимость отключения электроприемников. Показали сходимость теоретических расчетов и экспериментальных данных.*

Ключевые слова: *микроконтроллер, идентификация провода, идентификация кабеля, генератор звукового сигнала, приемник звукового сигнала, вибрационный динамик, пьезодатчик, электропроводка.*

Для цитирования: Виноградов А.В., Букреев А.В. Микроконтроллерное устройство идентификации проводников с использованием акустического сигнала // *Электротехнологии и электрооборудование в АПК*. 2020. Т. 67. N1(38). С. 28-34. DOI 10.22314/2658-4859-2020-67-1-28-34.

Microcontroller Device for Conductor Identification Using Acoustic Signal

Aleksandr V. Vinogradov[1],
Ph.D.(Eng.), associate professor, leading researcher, e-mail: winaleksandr@rambler.ru;
Aleksey V. Bukreev[2],
postgraduate

[1]Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation;
[2]Orel State Agrarian University named after N.V. Parakhin, Orel, Russian Federation

Abstract. *When repairing and replacing electrical wiring in enterprises, the main difficulty is the lack or poor quality of documentation, plans for conductors laying. Distinguishing wires (cables) and their cores by the color of the shells or using tags attached to the ends is difficult if the shells have the same color and there are no tags. Devices and technical solutions used to identify wires and cables do not allow recognizing conductors without breaking the electrical circuit, removing insulation, and de-energizing the network. Searching for the right conductor is a time-consuming operation. (Research purpose) The research purpose is developing a new microcontroller device for identifying wires using an acoustic signal. (Materials and methods) Literature sources has been searched for devices for conductors identifying. (Results and discussion) The article proposes a method that involves feeding an acoustic signal to a wire at one point and capturing it at another, in order to recognize the desired wire. The article presents results of comparison of the developed microcontroller device for identifying conductors using an acoustic signal with known devices and methods for conductors recognizing. (Conclusions) The article reveals the shortcomings of existing methods and means of identifying wires and cables. Authors performed a theoretical calculation of the sound pressure in the conductor at a given distance. The article presents the calculation of speed of acoustic waves in conductors with different types of insulation. Authors designed a microcontroller device for identifying conductors using an acoustic signal and tested it. It was determined that the device increases the safety of work, reduces the cost of operating internal wiring and identification time; eliminates the violation of wire insulation, the need to disable electrical receivers. The convergence of theoretical calculations and experimental data was shown.*

Keywords: *microcontroller, wire identification, cable identification, audio signal generator, audio signal receiver, vibration speaker, piezo sensor, wiring.*

For citation: Vinogradov A.V., Bukreev A.V. Mikrokontrollernoye ustroystvo identifikatsii provodnikov s ispol'zovaniyem akusticheskogo signala [Microcontroller device for conductor identification using acoustic signal].

Elektrotekhnologii i elektrooborudovaniye v APK. 2020. Vol. 67. N1(38). 28-34 (In Russian). DOI 10.22314/2658-4859-2020-67-1-28-34.

УДК 537.21 DOI 10.22314/2658-4859-2020-67-1-35-41

Об энергии электростатического поля

Игорь Павлович Попов,
старший преподаватель, e-mail: ip.popow@yandex.ru

Курганская государственная сельскохозяйственная академия имени Т.С. Мальцева, Курган, Российская Федерация

Реферат. *Актуальность работы обусловлена повышением роли электростатической энергии в связи с началом массового производства ионисторов, используемых, в частности, в системе питания электромобилей, и необходимостью развития теоретического обеспечения. (Цель исследования) Повысить корректность электростатических расчетов, исключающих возможность получения недостоверных результатов в виде бесконечно большой электростатической энергии. (Материалы и методы) Использовали методы математического моделирования и анализа, исследовали математическую модель – эквивалент объекта, отражающий в математической форме важнейшие его свойства – законы, которым он подчиняется, и связи, присущие составляющим его частям. (Результаты и обсуждение) Изучили электростатическое поле, созданное системой двух одноименных или разноименных зарядов. Выполнили расчеты для зарядов, расположенных в телах, имеющих форму шаров. Установили, что полученные результаты могут обобщаться на любые формы заряженных объектов. Дали три определения: первое, полная запасаемая энергия – энергия системы или объекта, равная максимальной работе, которую система или объект может совершить, если ей или ему предоставить такую возможность. Второе, условная реализуемая запасаемая энергия – часть полной запасаемой энергии системы или объекта, равная работе, которую система или объект может произвести, ограниченная условием, исключающим возможность совершения системой или объектом максимальной работы, каковую система или объект гипотетически может совершить. Третье, условная нереализуемая запасаемая энергия – часть полной запасаемой энергии системы или объекта, равная работе, которую система или объект не может совершить, ограниченная условием, исключающим возможность совершения системой или объектом максимальной работы, каковую система или объект гипотетически может совершить. Доказали пять теорем. (Выводы) Установили, что главный недостаток существующей формулы потенциальной энергии – бесконечно большое возрастание энергии при* $r \to 0$. *Этого недостатка лишены полученные формулы для запасаемой электростатической энергии.*

Ключевые слова: *полная, условная реализуемая, нереализуемая, запасаемая, электростатическая энергия, одноименные, разноименные заряды.*

Для цитирования: Попов И.П. Об энергии электростатического поля // *Электротехнологии и электрооборудование в АПК*. 2020. Т. 67. N1(38). С. 35-41. DOI 10.22314/2658-4859-2020-67-1-35-41.

The Energy of the Electrostatic Field

Igor' P. Popov,
senior lecturer, e-mail: ip.popow@yandex.ru

Kurgan State Agricultural Academy named after T.S. Maltsev, Kurgan, Russian Federation

Abstract. *The work is actual due to the increased role of electrostatic energy in connection with the beginning of mass production of ionistors used in the power supply system of electric vehicles, and the need for the development of theoretical support. (Research purpose) The research purpose is in increasing the correctness of electrostatic calculations that exclude the possibility of obtaining unreliable results in the form of infinite electrostatic energy. (Materials and methods) Authors have used methods of mathematical modeling and analysis, studied the mathematical model as the equivalent of an object that reflects in mathematical form its most important properties, such as the laws that it obeys, and the relationships inherent in its constituent parts. (Results and discussion) Authors have studied the electrostatic field created by a system of two charges of the same name or different names. The article presents calculations for charges located in bodies that have the shape of balls. It was found that the results could be generalized to any form of charged objects. They gave three definitions: first, the total stored energy is the energy of the system or object, equal to the maximum work that the system or object can do if it is given such an opportunity. Second, the conditional realized stored energy is a part of the total stored energy of the system or object, equal to the work that the system or object can produce, limited by a condition that excludes the possibility of the system or object performing the maximum work that the system or object can hypothetically perform. The third is a conditional impossible reserved energy as a part of a complete stored energy system or an object that is equal to the work system or object can do and limited by the condition, which excludes the possibility of making a system or object maximum work that target system or object could hypothetically do. Five theorems were proved. (Conclusions) It was found that the main drawback of the actual potential energy formula is an infinitely large increase in energy at radius tending to 0. The obtained formulas for stored electrostatic energy are devoid of this drawback.*

Keywords: *full, conditional realized, unrealized, stored, electrostatic energy, charges of same name, charges of different names.*

For citation: Popov I.P. Ob energii elektrostaticheskogo polya [The energy of the electrostatic field]. *Elektrotekhnologii i elektrooborudovanie v APK*. 2020. Vol. 67. N1(38). 35-41 (In Russian). DOI 10.22314/2658-4859-2020-67-1-35-41.

УДК 621.181:631.11:621.314.222.6   DOI 10.22314/2658-4859-2020-67-1-42-47

Система отопления объектов АПК с использованием избыточного тепла силовых трансформаторов

Анатолий Игоревич Сопов[1],
аспирант;
Александр Владимирович Виноградов[2],
кандидат технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник,
e-mail: winaleksandr@rambler.ru

[1]Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина, г. Орел, Российская Федерация;
[2]Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Российская Федерация

Реферат. *В силовых трансформаторах потери энергии в виде тепла составляют около 2 процентов их номинальной мощности, а в трансформаторах крупных центров питания достигают сотен киловатт. Тепло отводится в окружающую среду и нагревает уличный воздух. Поэтому есть необходимость потребления данной тепловой энергии в качестве источника теплоснабжения расположенных поблизости объектов. (Цель исследования)*

Разработать способы и средства использования избыточного тепла силовых трансформаторов с усовершенствованием конструкции их системы охлаждения. (Материалы и методы) Применили методы: анализ, синтез, сравнение, монографический, математический и другие. Проанализировали различные способы потребления избыточного тепла силовых трансформаторов. Определили подходящие источники теплоснабжения среди силовых трансформаторов и возможных потребителей тепла. Изучили причины образования избыточного тепла в силовых трансформаторах и нашли пути сохранения этого тепла для повышения эффективности его отбора. (Результаты и обсуждение) Разработали усовершенствованную конструкцию системы охлаждения силового трансформатора для совмещения функций трансформации напряжения и электронагрева. Провели эксперименты по проверке эффективности принятых решений. Выполнили технико-экономическое обоснование внедрения разработанной системы на примере силового трансформатора ТМГ-1000/10/0,4. (Выводы) Получили новый способ использования избыточного тепла силовых трансформаторов в целях обогрева объектов АПК. Определили, что усовершенствованная конструкция силового трансформатора и его системы охлаждения с применением разработанных решений дает возможность максимизировать количество отбираемого тепла без потери качества трансформации напряжения.

Ключевые слова: *силовой трансформатор, избыточное тепло, теплообменник, тепловой насос, тепловой аккумулятор, автоматизация, отопление, АПК, экономическая эффективность.*

Для цитирования: Сопов А.И., Виноградов А.В. Система отопления объектов АПК с использованием избыточного тепла силовых трансформаторов // *Электротехнологии и электрооборудование в АПК.* 2020. Т. 67. N1(38). С. 42-47. DOI 10.22314/2658-4859-2020-67-1-42-47.

The Heating System of Agricultural Facilities Using Excess Heat Power Transformers

Anatoliy I. Sopov[1],
postgraduate;
Aleksandr V. Vinogradov[2],
Ph.D.(Eng.), associate professor, leading researcher, e-mail: winaleksandr@rambler.ru

[1]Orel State Agrarian University named after N.V. Parahin, Orel, Russian Federation;
[2]Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation

Abstract. *In power transformers, energy losses in the form of heat are about 2 percent of their rated power, and in transformers of large power centers reach hundreds of kilowatts. Heat is dissipated into the environment and heats the street air. Therefore, there is a need to consume this thermal energy as a source of heat supply to nearby facilities. (Research purpose) To develop methods and means of using excess heat of power transformers with improvement of their cooling system design. (Materials and methods) The authors applied following methods: analysis, synthesis, comparison, monographic, mathematical and others. They analyzed various methods for consuming excess heat from power transformers. They identified suitable heat supply sources among power transformers and potential heat consumers. The authors studied the reasons for the formation of excess heat in power transformers and found ways to conserve this heat to increase the efficiency of its selection. (Results and discussion) The authors developed an improved power transformer cooling system design to combine the functions of voltage transformation and electric heating. They conducted experiments to verify the effectiveness of decisions made. A feasibility study was carried out on the implementation of the developed system using the example of the TMG-1000/10/0.4 power transformer. (Conclusions) The authors got a new way to use the excess heat of power transformers to heat the AIC facilities. It was determined that the*

improved design of the power transformer and its cooling system using the developed solutions made it possible to maximize the amount of heat taken off without quality loss of voltage transformation.
Keywords: *power transformer, excess heat, heat exchanger, heat pump, heat accumulator, automation, heating, agriculture, economic efficiency.*

For citation: Sopov A.I., Vinogradov A.V. Sistema otopleniya obektov APK s ispol'zovaniem izbytochnogo tepla silovykh transformatorov [The heating system of agricultural facilities using excess heat power transformers]. *Elektrotekhnologii i elektrooborudovanie v APK*. 2020. Vol. 67. N1(38). 42-47 (In Russian). DOI 10.22314/2658-4859-2020-67-1-42-47.

УДК 621.365.5:632.02 DOI 10.22314/2658-4859-2020-67-1-48-53

Установка для предпосадочной обработки овощных культур комплексным воздействием электрофизических факторов

Александр Иванович Котин[1],
старший преподаватель, kotinalex87@mail.ru;
Александр Валентинович Казаков[2],
доктор биологических наук, доцент;
Николай Кириллович Кириллов[3],
доктор ветеринарных наук, профессор;
Петр Владимирович Зайцев[3],
доктор технических наук, профессор

[1]Нижегородский государственный инженерно-экономический университет, Княгинино, Российская Федерация;
[2]Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия, Нижний Новгород, Российская Федерация;
[3]Чувашская сельскохозяйственная академия, Чебоксары, Российская Федерация

Реферат. *Обработка лука-севка и клубней картофеля перед посадкой проводится во избежание низкой всхожести, поражения бактериями, интенсивного стрелкования лука-севка. Известно немало способов обработки, однако они имеют ряд недостатков. (Цель исследования) Разработать установку сверхвысокой частоты со сферическими резонаторами для предпосадочной обработки овощей (лука-севка и клубней картофеля) с реализацией комплексного воздействия электрофизических факторов. (Материалы и методы) Изучили динамику нагрева сырья с учетом изменения диэлектрических и теплофизических параметров лука-севка и клубней картофеля в процессе воздействия электромагнитного поля сверхвысокой частоты. (Результаты и обсуждение) Предложили обрабатывать семена овощных культур перед посадкой комплексным воздействием электрофизических факторов: электромагнитным полем сверхвысокой частоты и коронным разрядом, обеспечивающим ионизацию воздуха и озонирование. Установили, что реализация комплексного воздействия электрофизических факторов на сырье в непрерывном режиме возможна в установке сверхвысокой частоты со сферическими резонаторами, содержащими фторопластовые диски и запредельные волноводы, обеспечивающие соблюдение электромагнитной безопасности при передвижении сырья с помощью щеток через сферический резонатор. Определили, что установка обеспечивает комплексное воздействие электромагнитного поля сверхвысокой частоты, бактерицидного потока ультрафиолетовых лучей и озонированного воздуха на сырье. (Выводы) Выявили, что в разработанной конструкции объемного резонатора сырье нагревается равномерно благодаря равномерному распределению электромагнитного поля сверхвысокой частоты в сфере, обладающей высокой собственной добротностью и за счет перемешивания с помощью щетки,*

которая одновременно своими проводящими ворсинками поддерживает коронирование электрогазоразрядной лампы. Сырье подвергается комплексному воздействию электрофизических факторов, вследствие чего эндогенно нагревается и обеззараживается.
Ключевые слова: *сферические резонаторы, электрогазоразрядные лампы, магнетроны, генераторы сверхвысокой частоты, источники килогерцовой частоты.*

Для цитирования: Котин А.И., Казаков А.В., Кириллов Н.К., Зайцев П.В. Установка для предпосадочной обработки овощных культур комплексным воздействием электрофизических факторов // *Электротехнологии и электрооборудование в АПК*. 2020. Т. 67. N1(38). С. 48-53. DOI 10.22314/2658-4859-2020-67-1-48-53.

Plant for Pre-treatment of Vegetable Crops by Complex Influence of Electrophysical Factors

Aleksandr I. Kotin[1],
senior lecturer;
Aleksandr V. Kazakov [2],
Dr.Sc.(Bio.), associate professor;
Nikolay K. Kirillov[3],
Dr.Sc.(Vet.), professor;
Petr V. Zaytsev[3],
Dr.Sc.(Eng.), professor

[1]Nizhny Novgorod State Engineering and Economic University, Nizhny Novgorod, Russian Federation;
[2]Nizhny Novgorod State Agricultural Academy, Nizhny Novgorod, Russian Federation;
[3]Chuvash State Agricultural Academy, Cheboksary, Russian Federation

Abstract. *Processing of onions and potato tubers before planting is carried out in order to avoid low germination and bacterial damage. Many processing methods are known, but they have a number of drawbacks. (The research purpose) The research purpose is in developing an ultra-low frequency installation with spherical resonators for pre-planting processing of vegetables (onions and potato tubers) with the implementation of a complex effect of electrophysical factors. (Materials and methods) The authors have studied the dynamics of heating of raw materials taking into account changes in the dielectric and thermal parameters of onions and potato tubers in the process of exposure to an electromagnetic field of ultrahigh frequency. (Results and discussion) The article proposes to process vegetable seeds before planting with a complex effect of electrophysical factors: an ultrahigh frequency electromagnetic field and a corona discharge that provides air ionization and ozonation. It was found that the implementation of complex effects of electrophysical factors on raw materials in a continuous process is possible in the installation of ultrahigh frequency with spherical resonators containing fluoroplastic disks and below-cutoff waveguide that ensure compliance with electromagnetic safety when moving raw materials using brushes through a spherical resonator. It was found that the plant provides a complex effect of the ultra-high frequency electromagnetic field, the bactericidal flow of ultraviolet rays and ozonated air on the raw material. (Conclusions) The article reveals that in the developed design of the volumetric resonator, the raw material is heated evenly due to the uniform distribution of the ultrahigh frequency electromagnetic field in a sphere that has a high intrinsic q-factor and due to mixing with a brush, which simultaneously supports the corona of the electro-gas discharge lamp with its leading fibers. Raw materials are subjected to complex effects of electrophysical factors, resulting in endogenous heating and disinfection.*
Keywords: *spherical resonators, electro-gas discharge lamps, magnetrons, ultrahigh frequency generators, kilohertz frequency sources.*

For citation: Kotin A.I., Kazakov A.V., Kirillov N.K., Zaytsev P.V. Ustanovka dlya predposadochnoy obrabotki ovoshchnyh kul'tur kompleksnym vozdeystviem elektrofizicheskih faktorov [Plant for pre-treatment of vegetable crops

by complex influence of electrophysical factors]. *Elektrotekhnologii i elektrooborudovanie v APK*. 2020. Vol. 67. N1(38). 48-53 (In Russian). DOI 10.22314/2658-4859-2020-67-1-48-53.

УДК 631.371 DOI 10.22314/2658-4859-2020-67-1-54-59

Условия эффективного применения воздушно-тепловых завес на объектах сельхозпроизводства

Алексей Васильевич Кузьмичев,
научный сотрудник, email: alkumkuzm@mail.ru;
Станислав Семенович Трунов,
кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник;
Дмитрий Анатольевич Тихомиров,
доктор технических наук, главный научный сотрудник

Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Российская Федерация

Реферат. *Создание и поддержание микроклимата в помещениях для содержания животных – энергоемкий технологический процесс, на который затрачивается до 70 процентов тепловой энергии, потребляемой на фермах крупного рогатого скота. Совершенствование систем отопления и вентиляции, направленное на снижение расхода энергии, – актуальная задача. (Цель исследования) Проанализировать теоретические модели для расчета воздушных завес и оценить возможность их применения для объектов сельхозпроизводства. Определить перспективные направления в разработке конструктивных решений тепловых воздушных завес, ориентированных на сельских потребителей. (Материалы и методы) Рассмотрели теоретическое обоснование и расчет тепловых завес. Исследовали физическую модель взаимодействия воздушных струй в проемах, которая служит основой математического расчета воздушных тепловых завес в инженерной практике. Выявили особенности применения исходных моделей расчета воздушных завес для сельскохозяйственных объектов и энергетические параметры завес в зависимости от конструктивных характеристик и внешних факторов среды. (Результаты и обсуждение) Изучили влияние воздушной завесы на энергетические характеристики помещения. Констатировали необходимость определения типа воздушной завесы, которая оптимально подходит для защиты проема ворот, с подогревом или без подогрева воздуха завесы. Установили, что инженерные методы расчета основаны на различных опытных данных, что приводит к расхождению результатов оценки эффективности работы спроектированной завесы, завышению ее энергоемкости и мощности. Выяснили, что расчет тепловых завес, режимов работы должен проводиться с учетом переменных воздействий внешних физических факторов, оборудование соответствовать конкретному помещению. (Выводы) Определили, что использование воздушных завес сокращает или устраняет прорыв наружного холодного воздуха внутрь помещения через проемы открытых наружных ворот, требуется меньший объем воздуха, подаваемый завесой, по сравнению с массой врывающегося воздушного потока.*

Ключевые слова: *сельское хозяйство, модель, воздушная тепловая завеса, эффективность.*

Для цитирования: Кузьмичев А.В., Трунов С.С., Тихомиров Д.А. Условия эффективного применения воздушно-тепловых завес на объектах сельхозпроизводства // *Электротехнологии и электрооборудование в АПК*. 2020. Т. 67. N1(38). С. 54-59. DOI 10.22314/2658-4859-2020-67-1-54-59.

Conditions for the Effective Use of Air Curtain on Objects of Agricultural Production

Aleksey V. Kuz'michev,
researcher, e-mail: alkumkuzm@mail.ru;
Stanislav S. Trunov,
Ph.D.(Eng.), leading researcher;
Dmitriy A. Tikhomirov,
Dr.Sc.(Eng.), chief researcher

Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation

Abstract. *Creating and maintaining a microclimate in animal housing is an energy-intensive technological process that consumes up to 70 percent of the thermal energy consumed on cattle farms. Improving heating and ventilation systems aimed at reducing energy consumption is an urgent task. (Research purpose) The research purpose is to analyze the theoretical models for calculating air curtains and evaluate the possibility of their use for agricultural production facilities and to identify promising directions in the design solutions for thermal air curtains aimed at rural consumers. (Materials and methods) The article considers the theoretical justification and calculation of air curtains. The authors studied the physical model of interaction of air jets in openings, which serves as the basis for mathematical calculation of air curtains in engineering practice. The article describes the features of using the models for calculating air curtains for agricultural objects and the energy parameters of the curtains depending on the design characteristics and external environmental factors. (Results and discussion) The effect of the air curtain on the energy characteristics of the room has been studied. It was found that it is necessary to determine the type of air curtain that is optimally suitable for protecting the gate opening, with or without heating the air curtain. Authors have found that the engineering methods of calculation are based on different experimental data, which leads to a discrepancy in the results of evaluating the effectiveness of the designed curtain, overestimating its energy intensity and power. The calculation of heat curtains, operating modes should be carried out taking into account the variable effects of external physical factors, the equipment should correspond to a specific room. (Conclusions) The use of air curtains reduces or eliminates the penetration of external cold air into the room through the openings of external gates, requires a smaller volume of air supplied by the curtain, compared to the mass of the incoming air flow.*
Keywords: *agriculture, model, air heat curtain, efficiency.*

For citation: Kuz'michev A.V., Trunov S.S., Tikhomirov D.A. Usloviya effektivnogo primeneniya vozdushno-teplovyh zaves na obektakh sel'hozproizvodstva [Conditions for the effective use of air curtains on objects of agricultural production]. *Elektrotekhnologii i elektrooborudovaniye v APK*. 2020. Vol. 67. N1(38). 54-59 (In Russian). DOI 10.22314/2658-4859-2020-67-1-54-59.

УДК 621.3.049 DOI 10.22314/2658-4859-2020-67-1-60-63

Модель мощности малой ветроэлектрической установки

Константин Сергеевич Моренко[1],
кандидат технических наук, старший научный сотрудник, e-mail: vim@konstantin-morenko.ru;
Сергей Алексеевич Моренко[2],
кандидат технических наук, доцент

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

Реферат. *Производство малых ветроустановок требует постоянной модификации их конструкций. Один из основных критериев эффективности – мощность ветроустановки. Она дает возможность оценить экономический эффект в простых категориях и простыми средствами. (Цель исследования) Разработать упрощенную схему оценки потоков мощности в ветроустановке для определения ее основных технико-экономических показателей. (Материалы и методы) Определили основные режимы работы малых установок, соотнесли их со скоростями ветра. Использовали в качестве исходного образца для проведения испытаний малую ветроустановку с регулированием угла атаки лопасти мощностью 1,8 киловатт с номинальной скоростью ветра 8 метров в секунду. Получили зависимость мощности действующей малой ветроустановки от скорости ветра, которую применили для создания математической модели. (Результаты и обсуждение) Предположили, что эффективность на номинальной скорости ветра максимальна, а на стартовой скорости ветра она близка к нулю. Представили модель мощности в виде суммы мощностей: мощности на выходе, статических потерь, динамических потерь и аэродинамического ограничения. Выявили, что мощность динамических потерь зависит от общей эффективности ветроустановки. Привели графическое изображение соотношения указанных потоков. (Выводы) Установили теоретическую зависимость потоков мощностей ветроустановки, которая представляет собой простой способ их определения в действующей ветроустановке. Отметили, что основные характеристики модели могут быть получены из зависимости мощности от скорости ветра, что расширяет возможности ее применения для дальнейших исследований. Выяснили, что модель может использоваться для оценки эффективности проектируемой конструкции или изменений в ней.*

Ключевые слова: *ветроустановка, математическая модель, мощность, эффективность, аэродинамика.*

Для цитирования: Моренко К.С., Моренко С.А. Модель мощности малой ветроэлектрической установки // *Электротехнологии и электрооборудование в АПК*. 2020. Т. 67. N1(38). С. 60-63. DOI 10.22314/2658-4859-2020-67-1-60-63.

Power Model of a Small Wind Plant

Konstantin S. Morenko[1],
Ph.D.(Eng.), senior researcher, e-mail: vim@konstantin-morenko.ru;
Sergey A. Morenko[2],
Ph.D.(Eng.), associate professor

[1]Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation;
[2]Russian University of Transport, Moscow, Russian Federation

Abstract. *The production of small wind turbines requires constant modification of their designes. One of the main criteria for efficiency is the power of the wind farm. It makes it possible to evaluate the economic effect in simple categories and by simple means. (Research purpose) The research purpose is to develop a simplified scheme for estimating power flows in a wind farm to assess its main technical and economic indicators. (Materials and methods) The article describes the main operating modes of small wind power plant and correlates them with wind speeds. A small wind turbine with a capacity of 1.8 kilowatt with attack angle control with a nominal wind speed of 8 meters per second was used as the initial sample for testing. The dependence of the power of an operating small wind farm on the wind speed are presented in the article and was used for creating a mathematical model. (Results and discussion) It has been suggested that the efficiency at the nominal wind speed is maximum, but at the starting wind speed it is close to zero. The article presents a power model, the total power output of the installation, the static power loss dynamic power loss of power and aerodynamic limitations. In this case, the power of dynamic losses depends on the overall efficiency of the wind turbine, which is a*

function of the wind speed. The article presents graphical representation of these power flows. (Conclusions) The theoretical dependence of wind turbine capacity flows is a simple way to determine them in an existing wind turbine. The main characteristics of the model can be calculated from the dependence of power on wind speed, which significantly expands the possibilities of its application for further research. The model can be used in evaluating the effectiveness of the designed structure or changes in it.
Keywords: *wind turbine, mathematical model, power, efficiency, aerodynamics.*

For citation: Morenko K.S., Morenko S.A. Model' moshhnosti maloy vetroelektricheskoy ustanovki [Power model of a small wind plant]. *Elektrotekhnologii i elektrooborudovanie v APK*. 2020. Vol. 67. N1(38). 60-63 (In Russian). DOI 10.22314/2658-4859-2020-67-1-60-63.

УДК 535.24:577.34 DOI 10.22314/2658-4859-2020-67-1-64-70

Количественная оценка действия излучения по стабильности развития облучаемых растений в светокультуре

Сергей Анатольевич Ракутько,
доктор технических наук, главный научный сотрудник, e-mail: sergej1964@yandex.ru;
Елена Николаевна Ракутько,
научный сотрудник

Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства – филиал Федерального агроинженерного центра ВИМ, Санкт-Петербург, Российская Федерация

Реферат. *Параметры радиационной среды оказывают влияние не только на отдельные биохимические реакции и физиологические процессы, происходящие в растении, но также позволяют добиться стабильности развития растения в целом. (Цель исследования) Разработать способ, технические средства и методику количественной оценки действия оптического излучения на растения, применение которого обеспечивает энергоэффективность и экологичность получаемой продукции за счет выбора наиболее оптимального источника света. (Материалы и методы) Продемонстрировали, что стабильность развития растения можно характеризовать показателями флуктуирующей асимметрии, величины которых формирует неравномерность оптической плотности на обеих сторонах листа. Разработали и изготовили экспериментальный образец устройства для измерения оптической плотности листьев. Исследовали огурец (Cucumis Sativus L.) среднераннего гибрида Сафаа микс F1. Использовали для сокращения срока эксперимента растения в ювенильном возрастном состоянии, то есть с момента появления первого и до появления второго листа. (Результаты и обсуждение) Выявили, что отличия между параметрами растений, выращиваемых под источниками света № 1 и № 2 не значимы. Взяли для сравнения параметры растений, выращенных под источниками света № 1 и № 3. Определили, что эти источники имеют примерно одинаковые доли потока в синем диапазоне (27,4 и 26,2 процентов). Выяснили, что доли потока в красном диапазоне отличаются (34,4 и 49,5 процентов), что определило различные значения соотношения R:B (1,3 и 1,9). Констатировали, что значения соотношения R:FR (4,1 и 16,3) также различны. (Выводы) Предложили метод оценки действия излучения на растения по стабильности их развития. Установили, что применение данного метода к растениям, выращиваемым в условиях светокультуры, перспективно для комплексной оценки качества световой среды, создаваемой источниками излучения; позволяет выбрать наиболее оптимальные источники света.*
Ключевые слова: *светокультура, лист, пигменты, флуктуирующая асимметрия, оптическая плотность, стабильность развития.*

Для цитирования: Ракутько С.А., Ракутько Е.Н. Количественная оценка действия излучения по стабильности развития облучаемых растений в светокультуре // *Электротехнологии и электрооборудование в АПК*. 2020. Т. 67. N1(38). С. 64-70. DOI 10.22314/2658-4859-2020-67-1-64-70.

Quantification of the Radiation Effects on the Stability of the Irradiated Plants Development in Light Culture

Sergey A. Rakutko,
Dr.Sc.(Eng.), chief researcher, e-mail: sergej1964@yandex.ru;
Elena N. Rakutko,
researcher

Institute for Engineering and Environmental Problems in Agricultural Production – Branch of FSAC VIM, Saint-Petersburg, Russian Federation

Abstract. *The radiation environment parameters affect not only individual biochemical reactions and physiological processes occurring in the plant, but also make it possible to achieve stable plant development as a whole. (Research purpose) To develop a method, technical means and methodology for the quantitative assessment of the optical radiation effect on plants, the use of which ensures energy efficiency and environmental friendliness of the resulting product by choosing the most optimal light source. (Materials and methods) The authors demonstrated that the stability of plant development can be characterized by fluctuating asymmetry indices, the values of which form uneven optical density on both sides of the leaf. They developed and manufactured an experimental model of a device for measuring leaves' optical density. They studied the cucumber (Cucumis sativus L.) of the Safa mix F1 mid-early hybrid. They used plants in a juvenile age state to reduce the duration of the experiment, that means from the appearance of the first to the appearance of the second leaf. (Results and discussion) The authors found that the differences between the parameters of plants grown under light sources № 1 and № 2 are not significant. They took the parameters of plants grown under light sources № 1 and № 3 for comparison. It was determined that these sources have approximately the same flow shares in the blue range (27.4 and 26.2 percent). They found out that the flow shares in the red range are different (34.4 and 49.5 percent), which determined different values of the ratio R:B (1.3 and 1.9). It was noted that the values of the ratio R: FR (4.1 and 16.3) are also different. (Conclusions) The authors proposed a method for assessing the effect of radiation on plants by the stability of their development. It was established that the application of this method to plants grown under conditions of light culture is promising for a comprehensive assessment of the quality of the light medium created by radiation sources; allows to choose the most optimal light sources.*

Keywords: *light culture, leaf, pigments, fluctuating asymmetry, optical density, development stability.*

For citation: Rakutko S.A., Rakutko E.N. Kolichestvennaya otsenka deystviya izlucheniya po stabil'nosti razvitiya obluchaemykh rasteniy v svetokul'ture [Quantification of the radiation effects on the stability of the irradiated plants development in light culture]. *Elektrotekhnologii i elektrooborudovanie v APK*. 2020. Vol. 67. N1(38). 64-70 (In Russian). DOI 10.22314/2658-4859-2020-67-1-64-70.

УДК 631.171.3: 621.181 DOI 10.22314/2658-4859-2020-67-1-71-77

Анализ теплоэнергетических процессов в системе энергообеспечения газоиспользующего кормоварочного котла

Анатолий Михайлович Шувалов[1],

доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник;
Алексей Николаевич Машков[1],
кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник;
Дмитрий Анатольевич Тихомиров[2],
доктор технических наук, член-корреспондент Российской академии наук,
главный научный сотрудник, e-mail: tihda@mail.ru

[1]Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве, Тамбов, Российская Федерация;
[2]Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Российская Федерация

Реферат. *Проведенный энергоаудит по использованию топливно-энергетических ресурсов в сельском хозяйстве Тамбовской области показал, что энергозатраты в себестоимости производства сельскохозяйственной продукции в зависимости от вида выпускаемых продуктов (молоко, мясо, овощи, выращенные в теплицах, и другое) и технологии их производства достигают 15-50 процентов. С целью производства кормов на крупных животноводческих фермах строят кормоцеха и межрайонные комбикормовые заводы. Для фермерских и личных подсобных хозяйств применяют в основном газоиспользующие варочные котлы малой производительности (40-250 килограммов в час). (Цель исследования) Разработать систему уравнений для математического описания теплоэнергетического баланса газоиспользующего кормоварочного котла с саморегулированием мощности для выявления энергоэффективных режимов его работы. (Материалы и методы) Применили методы системного анализа и синтеза. (Результаты и обсуждение) Провели теоретический анализ теплоэнергетических процессов, происходящих в системе энергообеспечения варочного котла с саморегулированием мощности. Обосновали и вывели расчетные формулы для определения полезной теплоты на разогрев продукта в варочной емкости, теплопотерь на нагрев металлоконструкций, от ограждающих конструкций котла в окружающую среду, с уходящими отработанными газами, от химического недожега. (Выводы) Разработали систему уравнений, позволяющую математически описать процессы тепло- и массообмена в газоиспользующем кормоварочном котле с саморегулированием мощности для выявления наиболее энергоэффективных режимов его работы. Установили, что совершенствованием системы энергообеспечения кормоварочных котлов за счет применения способа регулирования газа пропорционально потребляемому тепловому потоку возможно достигать экономии энергии до 40-50 процентов.*

Ключевые слова: *энергетические ресурсы, природный газ, газоиспользующий котел, саморегулирование, тепловой баланс, уравнения, тепловой поток, потери теплоты, давление пара.*

Для цитирования: Шувалов А.М., Машков А.Н., Тихомиров Д.А. Анализ теплоэнергетических процессов в системе энергообеспечения газоиспользующего кормоварочного котла // *Электротехнологии и электрооборудование в АПК*. 2020. Т. 67. N1(38). С. 71-77. DOI 10.22314/2658-4859-2020-67-1-71-77.

Analysis of Heat Processes in the Energy Supply System of a Gas-Using Feed Boiler

Anatoliy M. Shuvalov[1],
Dr.Sc.(Eng.), professor, chief researcher;
Aleksey N. Mashkov[1]
Ph.D.(Eng.), leading researcher;
Dmitriy A. Tikhomirov[2],
Dr.Sc.(Eng.), corresponding member of Russian Academy of Sciences, chief researcher,
e-mail: tihda@mail.ru

[1]All Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture, Tambov, Russian Federation;
[2]Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation
Abstract. *The energy audit conducted on the use of fuel and energy resources in agriculture in the Tambov region showed that energy costs in the cost of production of agricultural products, depending on the type of products produced (milk, meat, vegetables grown in greenhouses, etc.) and their production technology, reach 15-50 percent. On large livestock farms, forage shops and inter-district feed mills are being built for the feed production. Gas-fired cooking cauldrons of low capacity (of 40-250 kilogram per hour) are mainly used for small and private farms. Analysis of low-power cooking boilers has shown that it is possible to improve their energy supply system by applying a method of regulating gas in proportion to the consumed heat flow. Energy savings can reach 40-50 percent. (Research purpose) The research purpose is in designing an equation system for mathematical description of the heat and energy balance of a gas-using cauldron with self-regulation of power to identify energy-efficient modes of its operation. (Materials and methods) Methods of system analysis and synthesis has been used. of knowledge existing in the field of ongoing research on the development of a gas-using digester with self-regulation of power. The methods are based on the theory of heat and mass transfer. (Results and discussion) The article presents a theoretical analysis of heat and power processes occurring in the power supply system of a cauldron with self-regulating power. The authors have designed a heat balance equation describing the processes of heat and mass transfer in a cauldron to identify effective modes of operation of such a power supply system. The article presents derived formulas for determining the useful heat for heating the product in the cauldron, heat loss for heating metal structures, from the enclosing structures to the environment, with outgoing exhaust gases, and from chemical underburning. (Conclusions) The article presents a system of equations that allows to mathematically describe the processes of heat and mass transfer in a gas-using cauldron with self-regulation of power to identify the most energy-efficient modes of its operation. It was found that by improving the power supply system of cauldron by applying a method of regulating gas in proportion to the consumed heat flow, it is possible to achieve energy savings of up to 40-50 percent.*
Keywords: *energy resources, natural gas, gas cauldron, self-regulation, heat balance, equations, heat flow, heat loss, steam pressure.*

For citation: Shuvalov A.M., Mashkov A.N. Tikhomirov D.A. Analiz teploenergeticheskikh protsessov v sisteme energoobespecheniya gazoispol'zuyushchego kormovarochnogo kotla [Analysis of heat processes in the energy supply system of a gas-using feed boiler]. *Elektrotekhnologii i elektrooborudovanie v APK*. 2020. Vol. 67. N1(38). 71-77 (In Russian). DOI 10.22314/2658-4859-2020-67-1-71-77.

ТЕХНОЛОГИИ И СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

УДК 631.363 DOI 10.22314/2658-4859-2020-67-1-78-86

Возделывание рапса на Южном Урале и рациональное его применение

Николай Степанович Сергеев[1],
доктор технических наук, профессор, e-mail: s.n.st@ mail.ru;
Михаил Вениаминович Запевалов[1],
доктор технических наук, профессор;
Александр Владимирович Гриценко[1, 2],
доктор технических наук, профессор

[1]Южно-Уральский государственный аграрный университет, Троицк, Российская Федерация;
[2]Южно-Уральский государственный университет (Национальный исследовательский университет), Челябинск, Российская Федерация

Реферат. *В условиях континентального климата Южного Урала рапс выгодно отличается от многих кормовых и традиционных силосных культур высоким содержанием белка и адаптивными свойствами. Возделывание рапса гарантирует получение собственных семян, до 40 процентов масла, 60 жмыха и 98 процентов рапсовой муки. (Цель исследования) Повысить эффективность возделывания рапса и рационального применения семян рапса, рапсовой муки и масла в условиях сельскохозяйственного производства Челябинской области. (Материалы и методы) Определили влияние различных предшественников на продуктивность и качество семян ярового рапса в звеньях зернопаровых севооборотов северной лесостепи Челябинской области. Проанализировали химический состав почвы и семян ярового рапса после различных предшественников. (Результаты и обсуждение) Предложили для сокращения затрат энергии при отжиме и снижения остаточного масла в жмыхе после предварительного измельчения семян рапса способом резания с использованием центробежно-роторного измельчителя. Показали, что рапсовая мука имеет хорошую сыпучесть, легко смешивается с другими кормами. Установили, что частичная замена концентратов рапсовой мукой в объеме 8-12 процентов от общей массы в рационе лактирующих коров способствует повышению молочной продуктивности на 1,1-1,8 килограммов в пересчете на молоко 4-процентной жирности. (Выводы) Выявили, что для повышения урожайности и качества семян яровой рапс необходимо размещать по лучшим предшественникам. Констатировали, что при смешивании 75 процентов рапсового масла с 25 процентами дизельного топлива получается биодизельное топливо, по энергетическим показателям не уступающее дизельному. Доказали, что при возделывании рапса под семена на площади 100 гектаров можно производить 94,5 тонн биодизельного топлива, 106,0 тонн жмыха с содержанием масла 5 процентов и 8,4 тонны отстоя масла, при их реализации расчетный экономический эффект составит 3 813 325 рублей.*

Ключевые слова: *рапс, технология возделывания, измельчение семян, рапсовая мука, рапсовое масло, биодизельное топливо, эффективность.*

Для цитирования: Сергеев Н.С., Запевалов М.В., Гриценко А.В. Возделывание рапса на Южном Урале и рациональное его применение // *Электротехнологии и электрооборудование в АПК*. 2020. Т. 67. N1(38). С. 78-86. DOI 10.22314/2658-4859-2020-67-1-78-86.

Cultivation of Rapeseed in the Southern Urals and Its Rational Use

Nikolay S. Sergeev[1],
Dr.Sc.(Eng.), professor, e-mail: s.n.st@ mail.ru;
Mikhail V. Zapevalov[1],
Dr.Sc.(Eng.), professor;
Alexander V. Gritsenko[1, 2],
Dr.Sc.(Eng.), professor

[1]South Ural State Agrarian University, Troitsk, Russian Federation;
[2]South Ural State University (National Research University), Chelyabinsk, Russian Federation
Abstract. *In the continental climate of the southern Urals, rapeseed compares favorably with many forage and traditional silage crops with a high protein content and adaptive properties. The cultivation of rapeseed guarantees the production of its own seeds, up to 40 percent of oil, 60 percent of cake and 98 percent of rapeseed flour. (The research purpose) The research purpose is in improving the efficiency of rapeseed cultivation and rational use of rapeseed seeds, rapeseed flour and oil in the agricultural production in the Chelyabinsk region. (Materials and methods) The influence of various forecrops on the productivity and quality of spring rape seeds in the links of grain-pair crop rotations in the Northern forest-steppe of the Chelyabinsk region were studied. Authors have analyzed the chemical composition of the soil and seeds of spring rape after various forecrops. (Results and discussion) The article proposes to reduce energy costs during pressing and reduce residual oil in the cake after pre-grinding of rapeseed by cutting method using a centrifugal-rotary shredder. The article shows that rapeseed flour has a good flowability and is easily mixed with other feeds. It was found that*

partial replacement of concentrates with rapeseed flour in the amount of 8-12 percent of the total weight in the diet of lactating cows contributes to an increase in milk productivity by 1.1-1.8 kilograms in terms of milk of 4 percent fat content. (Conclusions) It has been revealed that in order to increase the yield and quality of spring rape seeds, it is necessary to place them on the best forecrops. It was found that when 75 percent of rapeseed oil is mixed with 25 percent of diesel fuel, the obtained biodiesel is not inferior to diesel in terms of energy indicators. The article proves that when cultivating rapeseed for seeds on an area of 100 hectares, it is possible to produce 94.5 tons of biodiesel fuel, 106.0 tons of cake with an oil content of 5 percent and 8.4 tons of oil sludge, the estimated economic effect after sale is of 3,813,325 rubles.
Keywords: *rapeseed, cultivation technology, grinding seeds, rapeseed flour, rapeseed oil, biodiesel fuel, efficiency.*

For citation: Sergeev N.S., Zapevalov M.V., Gritsenko A.V. Vozdelyvanie rapsa na Yuzhnom Urale i ratsional'noe ego primenenie [Cultivation of rapeseed in the Southern Urals and its rational use]. *Elektrotekhnologii i elektrooborudovanie v APK*. 2020. Vol. 67. N1(38). 78-86 (In Russian). DOI 10.22314/2658-4859-2020-67-1-78-86.

УДК 631.372 DOI 10.22314/2658-4859-2020-67-1-87-92

Математическое моделирование и оценка эффективности приводов транспортно-технологического модуля

Владимир Витальевич Шутенко,
аспирант, e-mail: pilotklin36@mail.ru;
Наталия Васильевна Перевозчикова,
кандидат технических наук, доцент

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

Реферат. *Основная причина использования тракторов с большим весом – высокая энергонасыщенность современной сельскохозяйственной техники. Для полной реализации мощности двигателя требуется, чтобы трактор обладал высокими тяговыми показателями. Повышают тяговые усилия балластированием, сдваиванием ведущих колес, транспортно-технологическими модулями. (Цель исследования) Определить оптимальный способ повышения тягового усилия. (Материалы и методы) Рассчитали давление движителей трактора Terrion 3180 нагруженного балластными грузами и агрегатированного транспортно-технологическим модулем МЭС-300 на почву с помощью математического моделирования. Отметили, что давление на почву на 38 процентов меньше при использовании транспортно-технологического модуля, при таких же показателях тягового усилия. (Результаты и обсуждение) Проанализировали конструкции МЭС-300. Выявили, что для улучшения работы транспортно-технологического модуля необходимо снизить вес. Установили, что при применении транспортно-технологического модуля для повышения тягового усилия трактора расход топлива увеличивается в среднем на 3 процента. Показали, что снизить расход можно с помощью усовершенствования трансмиссии, которая выполнена на базе ведущего моста от трактора Т-150К. Выяснили, что результативная схема привода – индивидуальный привод ведущих колес, позволяющий совместить положительные стороны дифференциального и жесткого привода. Выполнили математическое моделирование транспортно-технологического модуля с различными типами трансмиссии (механической, гидрообъемной, электрической). Констатировали, что гидрообъемная трансмиссия – самый эффективный тип трансмиссии с точки зрения топливной экономичности. (Выводы) Определили, что модернизация МЭС-300 посредством применения трансмиссии с индивидуальным приводом на*

каждое колесо имеет положительные результаты: изменение мощности и момента, подаваемого на каждое колесо; снижение кинематического несоответствия и циркуляции мощности; повышение топливной экономичности.
Ключевые слова: *балластирование, индивидуальный привод, транспортно-технологический модуль, активный привод, тягово-сцепные свойства, давление движителей на почву.*

Для цитирования: Шутенко В.В., Перевозчикова Н.В. Математическое моделирование и оценка эффективности приводов транспортно-технологического модуля // *Электротехнологии и электрооборудование в АПК*. 2020. Т. 67. N1(38). С. 87-92. DOI 10.22314/2658-4859-2020-67-1-87-92.

Mathematical Modeling and Evaluation of the Transport and Technological Module Drive Efficiency

Vladimir V. Shutenko,
graduate student, e-mail: pilotklin36@mail.ru;
Natalia V. Perevozchikova,
Ph.D.(Eng.), associate professor

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

Abstract. *The main reason for using heavy tractors is the high energy saturation of modern agricultural machinery. For the full engine power realization, the tractor must have high traction performance. Ballasting, the drive wheels doubling, transport and technological modules increase traction. (Research purpose) To determine the best way to increase traction. (Materials and methods) The authors calculated the propulsors pressure of the Terrion 3180 tractor loaded with ballast weights and aggregated by the MES-300 transport and technological module on the soil using mathematical modeling. It was noted that the pressure on the soil is 38 percent less when using the transport and technological module, with the same traction. (Results and discussion) The authors analyzed the design of the MES-300. It was revealed that to improve the transport and technological module operation, it was necessary to reduce weight. It was found that when using the transport and technological module to increase the tractor traction, fuel consumption increased by an average of 3 percent. The authors showed that it was possible to reduce consumption by improving the transmission, which was based on the drive axle from the T-150K tractor. They found out that the effective drive scheme was an individual drive of the drive wheels, which allowed to combine the positive sides of the differential and hard drive. They performed mathematical modeling of a transport and technological module with various types of transmission (mechanical, hydrostatic, electric). It was stated that hydrostatic transmission was the most efficient type of transmission in terms of fuel economy. (Conclusions) The authors determined that the modernization of the MES-300 through the use of a transmission with an individual drive on each wheel had positive results: a change in power and torque supplied to each wheel; reduction in kinematic mismatch and power circulation; increase fuel efficiency.*
Keywords: *ballasting, individual drive, transport and technological module, active drive, traction properties, propellant pressure on the soil.*

For citation: Shutenko V.V., Perevozchikova N.V. Matematicheskoe modelirovanie i otsenka effektivnosti privodov transportno-tekhnologicheskogo modulya [Mathematical modeling and evaluation of the transport and technological module drive efficiency]. *Elektrotekhnologii i elektrooborudovanie v APK*. 2020. Vol. 67. N1(38). 87-92 (In Russian). DOI 10.22314/2658-4859-2020-67-1-87-92.

УДК:631.171 DOI 10.22314/2658-4859-2020-67-1-93-98

Рекомендации по предполетной подготовке БПЛА

Рашид Курбанович Курбанов,
кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник, smedia@vim.ru;
Ольга Михайловна Захарова,
инженер

Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Российская Федерация

Реферат. *Современный уровень технического развития и доступность позволяют рассматривать беспилотные летательные аппараты в качестве надежного инструмента оперативного мониторинга сельскохозяйственных угодий. Дроны способны проводить наблюдения за территориями, которые недоступны для вертолетов и небольших самолетов. Применение беспилотников сопровождается определенными рисками, влияющими на безопасность полета. (Цель исследования) Составить рекомендации по предполетной подготовке беспилотных летательных аппаратов. (Материалы и методы) Использовали научную литературу, обзорные материалы отечественных и зарубежных авторов, веб-сайты производителей беспилотных летательных аппаратов. (Результаты и обсуждение) Рассмотрели вопросы регистрации беспилотника, ключевые параметры, влияющие на сбор данных и обеспечивающие безопасное проведение мониторинга: эксплуатацию и хранение аккумуляторов дрона, визуальную проверку беспилотника, калибровку датчиков, настройку точки «возврат домой» и проверку сигнала качество связи GPS/ГЛОНАСС, тестовый полет, запрещенные полетные зоны и погодные условия. (Выводы) Установили, что предполетная подготовка беспилотного летательного аппарата – важный этап мониторинга сельскохозяйственных полей, включающая в себя ряд операций, которые проводятся с целью безопасности оператора и беспилотного летательного аппарата, а также для получения качественных материалов аэрофотосъемки. Определили, что беспилотный летательный аппарат весом от 250 граммов до 30 килограммов подлежит учету. Выявили необходимость в специализированном программном обеспечении, выполнении правил эксплуатации и хранения аккумуляторов, тщательном визуальном осмотре дрона, калибровке компаса; проверке настройки точки возврата на начало маршрута, уровня GPS/ГЛОНАСС сигнала, проведении тестового полета, наблюдении за показаниями инерциального измерительного блока и погодными условиями, проверке зоны запрещенных полетов.*

Ключевые слова: *беспилотный летательный аппарат, мониторинг, сельское хозяйство, дроны, предполетная подготовка, аэрофотосъемка.*

Для цитирования: Курбанов Р.К., Захарова О.М. Рекомендации по предполетной подготовке БПЛА // *Электротехнологии и электрооборудование в АПК*. 2020. Т. 67. N1(38). С. 93-98. DOI 10.22314/2658-4859-2020-67-1-93-98.

Recommendations for UAV Pre-Flight Preparation

Rashid K. Kurbanov,
Ph.D.(Eng.), leading researcher, e-mail: smedia@vim.ru;
Olga M. Zakharova,
engineer

Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation

Abstract. *The current level of technical development and accessibility allows to consider unmanned aerial vehicles as a reliable tool for operational monitoring of agricultural territories. Drones are able to observe territories that are inaccessible to helicopters and small aircrafts. The use of drones is* *associated with certain risks that affect flight safety. (Research purpose) To make recommendations on the preflight preparation of unmanned aerial vehicles. (Materials and methods) The authors used scientific literature, survey materials of domestic and foreign authors, websites of UAV manufacturers. (Results and discussion) The authors examined the issues of a drone registration, key parameters that influence data collection and ensure safe monitoring: operation and storage of drone batteries, visual inspection of a drone, sensors calibration, setting the "return home" point and checking the signal GPS/GLONASS communication quality, test flight, restricted areas and weather conditions. (Conclusions) It was established that UAV pre-flight preparation was an important stage in monitoring agricultural fields, which included a number of operations that were carried out with the aim of ensuring the safety of the operator and the unmanned aerial vehicle, as well as to obtain high-quality aerial photography materials. The authors determined that an unmanned aerial vehicle weighing from 250 grams to 30 kilograms was a object to be registered. They identified the need for specialized software, compliance with the rules of operation and storage of batteries, a thorough visual inspection of the drone, calibration of the compass; checking the setting of the return point to the beginning of the route, the GPS/GLONASS signal level, conducting a test flight, monitoring the readings of the inertial measuring unit and weather conditions, checking the zone of prohibited flights.*

Keywords: *unmanned aerial vehicle, monitoring, agriculture, drones, preflight training, aerial photography.*

For citation: Kurbanov R.K., Zakharova O.M. Rekomendatsii po predpoletnoy podgotovke BPLA [Recommendations for UAV pre-flight preparation]. *Elektrotekhnologii i elektrooborudovanie v APK*. 2020. Vol. 67. N1(38). 93-98 (In Russian). DOI 10.22314/2658-4859-2020-67-1-93-98.

УДК 631.5 DOI 10.22314/2658-4859-2020-67-1-99-103

Влияние финишной обработки на срок службы подшипника

Евгений Васильевич Балчугов,
аспирант, e-mail: jon88@yandex.ru

Красноярский государственный аграрный университет, Красноярск, Российская Федерация

Реферат. *Шероховатость в подшипниках качения играет важную роль. Повышение надежности трущихся деталей техники – актуальная задача. В качестве доводочных операций используются финиширование, суперфиниширование и лапингование. (Цель исследования) Определить влияние различных видов доводочных операций на долговечность игольчатого подшипника карданного шарнира. (Материалы и методы) Использовали игольчатые подшипники модели ГПЗ 704702К (номинальной динамической грузоподъемности 160 килоньютон). Проводили испытания на испытательной установке по четырем стаканам и шипам подшипников, выполненных из высокоуглеродистой хромистой подшипниковой стали 20ХВГ. Привели результаты замера шероховатости в осевом направлении шипа и рабочей поверхности подшипника, осуществленного с помощью переносного полуавтоматического прибора для измерения шероховатости поверхности T1000 basic класса точности 1. (Результаты и обсуждение) Показали, что по мере увеличения шероховатости дорожки качения срок службы подшипника снижается. Отметили разницу в повышении температуры подшипника в зависимости от шероховатости поверхности дорожки качения и методов финиширования. У образца, подвергнутого суперфинишированию или лапингованию, повышение температуры оказалось наименьшим и наблюдалась тенденция к повышению температуры подшипника по мере повышения поверхностной шероховатости. (Выводы) Установили, что шероховатость дорожки качения имеет тесную связь со сроком службы, при уменьшении шероховатости срок службы увеличивается примерно в 1,8 раза. Выявили, что*

суперфиниширование или лапингование шкуркой после финиширования до определенной шероховатости H_{max} = 3 микрометра шлифованием, более эффективно, чем обработка ровной поверхности только шлифованием. Определили, что при уменьшении поверхностной шероховатости дорожки качения снижается температура подшипника.
Ключевые слова: *финишная операция опорных поверхностей, суперфинишная операция опорных поверхностей, притирочная операция опорных поверхностей.*

Для цитирования: Балчугов Е.В. Влияние финишной обработки на срок службы подшипника // *Электротехнологии и электрооборудование в АПК*. 2020. Т. 67. N1(38). С. 99-103. DOI 10.22314/2658-4859-2020-67-1-99-103.

The Influence of Finish Treatment on the Service Life of the Bearing

Evgeniy V. Balchugov,
postgraduate, jon88@yandex.ru

Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk, Russian Federation

Abstract. *Roughness in rolling bearings plays a very important role. Improving the reliability of rubbing parts of equipment is an urgent task. Finishing, superfinishing and laping were used as finishing operations. (Research purpose) The research purpose is in investigating the effect of various finishing operations on the durability of the needle bearing of the cardan joint. (Materials and methods) Needle bearings of the GPP 704702K model (with a nominal dynamic load capacity of 160 kilonewtons) were studied. Tests were carried out on a test rig for four cups and spikes of bearings made of 20KhVG high-carbon chromium bearing steel. The article presents the results of measuring the roughness in the axial direction of the spike and the working surface of the bearing, carried out using a T1000 Basic portable semi-automatic device for measuring surface roughness of first accuracy class. (Results and discussion) As the roughness of the raceway increases, the bearing life decreases. It has been noted a difference in the increasing bearing temperature depending on the roughness of the raceway surface and finishing methods. The sample subjected to superfinishing or laping had the smallest temperature increase and there was a tendency to increase the bearing temperature as the surface roughness increased. (Conclusions) The roughness of the raceway has a close relationship with the service life, with a decrease in roughness, the service life increases by about 1.8 times. It was found that superfinishing or lapping with a sand paper after finishing to a certain roughness nmach = 3 micrometers by grinding is more effective than processing a smooth surface by grinding alone. It was found that when the surface roughness of the raceway decreases, the bearing temperature decreases.*
Keywords: *finishing operation of support surfaces, superfinish operation of support surfaces, lapping operation of support surfaces.*

For citation: Balchugov E.V. Vliyanie finishnoy obrabotki na srok sluzhby podshipnika [The influence of finish treatment on the service life of the bearing]. *Elektrotekhnologii i elektrooborudovanie v APK*. 2020. Vol. 67. N1(38). 99-103 (In Russian). DOI 10.22314/2658-4859-2020-67-1-99-103.

УДК 621.43:681.518.5 DOI 10.22314/2658-4859-2020-67-1-104-110

Разработка способа тестового диагностирования двигателя внутреннего сгорания на основе анализа состава отработавших газов

Александр Владимирович Гриценко,
доктор технических наук, профессор, e-mail: alexgrits13@mail.ru;

Григорий Николаевич Салимоненко,
аспирант;
Максим Валерьевич Назаров,
аспирант

Южно-Уральский государственный университет (Национальный исследовательский университет), Челябинск, Российская Федерация

Реферат. *Внедрение методов своевременной диагностики двигателей внутреннего сгорания позволяет поддерживать экологические показатели автомобильного парка на максимально высоком уровне. (Цель исследования) Повысить достоверность диагностирования двигателей внутреннего сгорания путем использования данных, полученных при селективном методе отбора пробы отработавших газов. (Материалы и методы) Применили информационные, математические и экспериментальные методы исследований, включая методы статистической обработки результатов и анализа данных, полученных в ходе проведения экспериментов. (Результаты и обсуждение) Определили основные системы, влияющие на экологические показатели двигателей внутреннего сгорания: система подачи топлива, система зажигания, система нейтрализации отработавших газов. Создали обобщенную математическую модель для расчета характеристик отработавших газов. Провели эксплуатационные испытания на 35 двигателях внутреннего сгорания с обоснованием их численности согласно стандартным методикам. Преобразовали реальные значение диагностических параметров в относительные процентные величины для получения номограммы. Взяли нулевое значение при эталонном состоянии элементов, указанном заводом изготовителем. (Выводы) Установили, что доминирующее число отказов приходится на двигатели внутреннего сгорания: система зажигания – 15-25 процентов, система питания – 30-44 процентов, система выпуска – 10-15 процентов. Констатировали, что для однозначной идентификации любой комбинации факторов необходимо иметь выходные значения минимум трех оценочных критериев. Выявили, что наиболее чувствительными параметрами оценки технического состояния трех систем служат: изменение частоты вращения коленчатого вала двигателя, параметры токсичности отработавших газов – CO, CO_2, CH, O_2 при обеспечении тестовых режимов (работа двигателя внутреннего сгорания на 1 цилиндре при 20 и 40 процентах открытия дроссельной заслонки). Разработали для реализации диагностических режимов и контроля диагностических параметров догружатель бензинового двигателя, позволяющий с точностью 0,1 процента создавать эксплуатационные нагрузки.*

Ключевые слова: *двигатель внутреннего сгорания, система зажигания, система топливоподачи, каталитический нейтрализатор, диагностика.*

Для цитирования: Гриценко А.В., Салимоненко Г.Н., Назаров М.В. Разработка способа тестового диагностирования двигателя внутреннего сгорания на основе анализа состава отработавших газов // *Электротехнологии и электрооборудование в АПК*. 2020. Т. 67. N1(38). С. 104-110. DOI 10.22314/2658-4859-2020-67-1-104-110.

Design of a Method for Test Diagnostics of an Internal Combustion Engine Based on the Analysis of the Exhaust Gas Composition

Aleksandr V. Gritsenko,
Dr.Sc.(Eng.), professor;
Grigoriy N. Salimonenko,
postgraduate;
Maksim V. Nazarov,
postgraduate
South Ural State University (National Research University), Chelyabinsk, Russian Federation

Abstract. *The introduction of methods for timely diagnostics of internal combustion engines allows maintaining the environmental indicators of the car fleet at the highest level. (Research purpose) The research purpose is in increasing the reliability of diagnostics of internal combustion engines by using data obtained by selective sampling of exhaust gases. (Materials and methods) Informational, mathematical and experimental research methods, including methods for statistical processing of results and analysis of data obtained during experiments were used during the study. (Results and discussion) The main systems that affect the environmental performance of internal combustion engines has been identified: the fuel supply system, the ignition system and the exhaust gas neutralization system. The article describes a generalized mathematical model for calculating the characteristics of exhaust gases. Authors conducted operational tests on 35 internal combustion engines with justification of their number according to standard methods. The actual value of diagnostic parameters was processed into relative percentages for drawing a nomogram. A zero value has been set for the reference state of the elements specified by the manufacturer. (Conclusions) It was found that the dominant number of failures accounted for internal combustion engines, in detail: the ignition system produces 15-25 percent of failures, the power system produces 30-44 percent, the exhaust system produces 10-15 percent. It was found that for unambiguous identification of any combination of factors, it is necessary to have output values of at least three evaluation criteria. It was found that the most sensitive parameters for evaluating the technical condition of the three systems are: changes in the engine crankshaft speed, the parameters of exhaust gas toxicity, CO, CO2, CH, O2 when providing test modes (operation of the internal combustion engine on 1 cylinder at 20 and 40 percent of the throttle opening). The article describes designed a gasoline engine loader for the implementation of diagnostic modes and control of diagnostic parameters, that allows to create operating loads with an accuracy of 0.1 percent.*
Keywords: *internal combustion engine, ignition system, fuel supply system, catalytic converter, diagnostics.*

For citation: Gritsenko A.V., Salimonenko G.N., Nazarov M.V. Razrabotka sposoba testovogo diagnostirovaniya dvigatelya vnutrennego sgoraniya na osnove analiza sostava otrabotavshih gazov [Design of a method for test diagnostics of an internal combustion engine based on the analysis of the exhaust gas composition]. *Elektrotekhnologii i elektrooborudovanie v APK*. 2020. Vol. 67. N1(38). 104-110 (In Russian). DOI 10.22314/2658-4859-2020-67-1-104-110.

УДК 631.312.021.3-192 DOI 10.22314/2658-4859-2020-67-1-111-115

Разработка методики оценки прочности кромки лезвий почворежущих деталей лесохозяйственных машин

Сергей Александрович Войнаш,
инженер;
Виктория Александровна Соколова,
кандидат технических наук, доцент;
Виктор Иванович Кретинин,
кандидат технических наук, доцент;
Виктор Александрович Марков,
кандидат технических наук, доцент;
Елена Аркадьевна Алексеева,
старший преподаватель;
Георгий Константинович Парфенопуло,
старший преподаватель

Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова, Санкт-Петербург, Российская Федерация

Реферат. *Один из основных факторов, определяющих стойкость лезвийных рабочих органов против повреждения в условиях динамических нагрузок, это их сопротивляемость пластическому смятию, хрупкому или усталостному разрушению. Твердые сплавы, которыми упрочняют лезвия почвообрабатывающих деталей, более хрупкие материалы, чем стали, поэтому затупление их кромок обусловлено образованием трещин, постепенным их ростом или выкрашиванием даже от возможного единичного удара твердого включения в почве. Наряду с обычным хрупким разрушением твердых сплавов в условиях циклических ударных воздействий происходит разрушение усталостного характера. (Цель исследования) Выявить закономерность разрушения кромки лезвия почворежущих деталей лесохозяйственных машин и теоретически обосновать алгоритм оценки прочности с целью определения рациональной толщины износостойкого покрытия при упрочнении. (Материалы и методы) Привели основные закономерности влияния свойств материала и геометрических параметров лезвия на радиус закругления. (Результаты и обсуждение) Исследовали процесс разрушения кромки лезвия упрочненных рабочих органов лесохозяйственных машин. Обосновали утверждение, что затупление лезвий главным образом связано с его разрушением, а не с износом. Разработали методику оценки прочности биметаллических лезвий почворежущих деталей лесохозяйственных машин. Выяснили, что затупление лезвия происходит в результате кромочного разрушения в процессе многократных ударных воздействий твердых включений почвы по кромке лезвия. (Выводы) Показали, что разрушение кромки лезвия приводит к затуплению почворежущих деталей, что сказывается на их работоспособности. Установили, что острота самозатачивающегося упрочненного лезвия определяется толщиной армирующего слоя и его способностью сопротивляться разрушению при ударных воздействиях.*
Ключевые слова: *почворежущее лезвие, разрушение, ударная прочность, динамические нагрузки.*

Для цитирования: Войнаш С.А., Соколова В.А., Кретинин В.И., Марков В.А., Алексеева Е.А., Парфенопуло Г.К. Разработка методики оценки прочности кромки лезвий почворежущих деталей лесохозяйственных машин // *Электротехнологии и электрооборудование в АПК*. 2020. Т. 67. N1(38). С. 111-115. DOI 10.22314/2658-4859-2020-67-1-111-115.

A method for evaluating the edge strength of soil-cutting parts of forestry machines

Sergey A. Voynash,
engineer;
Viktoriya A. Sokolova,
Ph.D.(Eng.), associate professor;
Viktor I. Kretinin,
Ph.D.(Eng.), associate professor;
Viktor A. Markov,
Ph.D.(Eng.), associate professor;
Elena A. Alekseeva,
senior lecturer;
Georgiy K. Parfenopulo,
senior lecturer

Saint-Petersburg State Forest Technical University, Saint-Petersburg, Russian Federation

Abstract. *One of the main factors that determine the resistance of blade working bodies against damage under dynamic loads is their resistance to plastic crumpling, brittle or fatigue failure. Hard alloys that strengthen the blades of tillage parts are more brittle materials than steel, so the blunting of their edges* *is caused by the formation of cracks, their gradual growth or microchipping, even from a possible single impact of a solid inclusion in the soil. In addition to the usual brittle fracture of hard alloys, fatigue failure occurs under cyclic impact conditions. (Research purpose) The research purpose is in identifying the pattern of destruction of the blade edge of soil-cutting parts of forestry machines and theoretically justifying the algorithm for assessing the strength to determine the rational thickness of the wear-resistant coating during hardening. (Materials and methods) The article presents the main regularities of the influence of material properties and geometric parameters of the blade on the radius of rounding. (Results and discussion) The process of breaking the edge of the blade of hardened working bodies of forestry machines has been studied. The claim that the blunting of the blades is mainly due to its destruction and not to wear has been proved. The article presents a method for evaluating the strength of bimetallic blades of soil-cutting parts of forestry machines. It was found that the blunting of the blade occurs as a result of edge destruction in the process of multiple impacts of solid soil inclusions along the edge of the blade. (Conclusions) The article shows that the destruction of the edge of the blade leads to blunting of soil-cutting parts, which affects their performance. It was found that the sharpness of a self-sharpening hardened blade is determined by the thickness of the reinforcing layer and its ability to resist destruction under impact.*

Keywords: *soil cutting blade, destruction, impact strength, dynamic loads.*

For citation: Voynash S.A., Sokolova V.A., Kretinin V.I., Markov V.A., Alekseeva E.A., Parfenopulo G.K. Razrabotka metodiki otsenki prochnosti kromki lezviy pochvorezhushchih detaley lesohozyaystvennyh mashin [A method for evaluating the edge strength of soil-cutting parts of forestry machines]. *Elektrotekhnologii i elektrooborudovanie v APK*. 2020. Vol. 67. N1(38). 111-115 (In Russian). DOI 10.22314/2658-4859-2020-67-1-111-115.

УДК 631.362.322 DOI 10.22314/2658-4859-2020-67-1-116-121

Лабораторное исследование формообразования почворежущего лезвия при изнашивании в абразивной почвенной среде

Сергей Алексеевич Сидоров,
доктор технических наук, главный научный сотрудник;
Игорь Викторович Лискин,
научный сотрудник;
Денис Александрович Миронов,
кандидат технических наук, старший научный сотрудник, e-mail: mironov-denis87@mail.ru;
Ирина Ивановна Афонина,
научный сотрудник

Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Российская Федерация

Реферат. *Исследовали износ образцов лезвий почворежущих деталей на лабораторном стенде, позволяющем моделировать условия, близкие к реальной почвенной среде. (Цель исследования) Оценить возможность моделирования изнашивания образцов в круговом почвенном стенде и исследовать влияние конструктивных и металловедческих параметров образцов-моделей почворежущих лезвий на интенсивность их изнашивания. (Материалы и методы) Провели исследования с использованием почвенной массы, включающей кварцевый песок, увлажненную глину и щебень. (Результаты и обсуждение) Установили, что с увеличением твердости основного материала (стали) снижается различие в интенсивности изнашивания между наиболее и наименее нагруженными отдельными зонами рабочих деталей. Выявили, что с увеличением твердости стали 65Г от 20 до 40 единиц по шкале Роквелла износ в наиболее и наименее нагруженных зонах составил соответственно 7,5 и 5,5 миллиметра, то есть снизился на 13,5 процента. Определили, что увеличение толщины твердого сплава способствует* *сближению различия между износом максимально и минимально нагруженными зонами. Выяснили, что при толщине наплавки в один миллиметр стали 65Г, закаленной до 40 единиц по Роквеллу, различие в износе соответствующих зон составило 4,0 и 4,4 миллиметра (1,10 процента), а при толщине наплавки 2,5 миллиметра – 3,5 и 3,7 миллиметра (1,057 процента). (Выводы) Доказали, что с повышением твердости основного материала и увеличением толщины наплавки происходит сближение значений износа в зонах наибольших и наименьших нагрузок вследствие роста сопротивления менее нагруженной зоны по сравнению с более нагруженной, при постоянстве свойств абразивной среды.*

Ключевые слова: *почвообработка, почворежущее лезвие, лемех, износостойкость рабочих органов, упрочнение плазменной наплавкой, абразивное изнашивание, упрочняющее покрытие.*

Для цитирования: Сидоров С.А., Лискин И.В., Миронов Д.А., Афонина И.И. Лабораторное исследование формообразования почворежущего лезвия при изнашивании в абразивной почвенной среде // *Электротехнологии и электрооборудование в АПК*. 2020. Т. 67. N1(38). С. 116-121. DOI 10.22314/2658-4859-2020-67-1-116-121.

Laboratory Study of a Soil-Cutting Blade Shaping During a Wear in an Abrasive Soil Environment

Sergey A. Sidorov,
Dr.Sc.(Eng.), chief researcher;
Igor V. Liskin,
researcher;
Denis A. Mironov,
Ph.D.(Eng.), senior researcher, e-mail: mironov-denis87@mail.ru;
Irina I. Afonina,
researcher

Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation
Abstract. *The authors studied the wear of soil-cutting parts blades samples on a laboratory bench, which allowed simulating conditions close to real soil environment. (Research purpose) To evaluate the possibility of the samples wear modeling in a circular soil bench and to study the structural and metallurgical parameters influence of soil-cutting blades model samples on the intensity of their wear. (Materials and methods) The authors conducted research using soil mass, including quartz sand, moistened clay and crushed stone. (Results and discussion) It was found that with an increase in the base material (steel) hardness, the difference in wear rate between the most and least loaded working parts individual zones decreased. With an increase in the hardness of steel 65G from 20 to 40 units on the Rockwell scale, wear in the most and least loaded zones amounted to 7.5 and 5.5 millimeters, respectively, so it decreased by 13.5 percent. It was determined that an increase in the thickness of the hard alloy promoted the difference approximation between the wear of the maximum and minimum loaded zones. With a thickness of one-millimeter 65G steel, hardened to 40 Rockwell units, the difference in a wear of the respective zones was 4.0 and 4.4 millimeters (1.10 percent), and with a surfacing thickness of 2.5 millimeters – it was 3.5 and 3.7 millimeters (1.057 percent). (Conclusions) The authors proved that with an increase in the base material hardness and an increase in the surfacing thickness, the values of a wear in the zones of the highest and lowest loads came closer due to an increase in the resistance of the less loaded zone compared to the more loaded zone, with the properties of the forming medium being constant.*

Keywords: *tillage, soil-cutting blade, ploughshare, wear resistance of working bodies, plasma surfacing hardening, abrasive wear, hardening coating.*

For citation: Sidorov S.A., Liskin I.V., Mironov D.A., Afonina I.I. Laboratornoe issledovanie formoobrazovaniya pochvorezhushchego lezviya pri iznashivanii v abrazivnoy pochvennoy srede [Laboratory study of a soil-cutting blade

shaping during a wear in an abrasive soil environment]. *Elektrotekhnologii i elektrooborudovanie v APK*. 2020. Vol. 67. N1(38). 116-121 (In Russian). DOI 10.22314/2658-4859-2020-67-1-116-121.

УДК 631.31 DOI 10.22314/2658-4859-2020-67-1-122-126

Влияние угла наклона затылочной фаски на силовое нагружение клина-рыхлителя

Виктор Иванович Мяленко,
доктор технических наук, профессор, e-mail: library82@mail.ru;
Светлана Ивановна Рудакова,
кандидат сельскохозяйственных наук, младший научный сотрудник;
Николай Андреевич Маринов,
младший научный сотрудник;
Роман Сергеевич Бадулин,
инженер

Кузбасская государственная сельскохозяйственная академия, г. Кемерово, Российская Федерация

Реферат. *Лемех почвообрабатывающего орудия действует на почву аналогично клину-рыхлителю. Это наиболее нагруженная и быстро изнашиваемая деталь. Лезвие клина-рыхлителя при износе обычно быстро затупляется, с тыльной стороны образуется затылочная фаска. Она создает дополнительное тяговое сопротивление, препятствует внедрению лезвия в обрабатываемую среду, снижает производительность и качество работы земледельческого орудия. (Цель исследования) Определить влияние угла наклона затылочной фаски клина-рыхлителя в интервале 5-25 градусов на характеристики равнодействующей силы нагружения. (Материалы и методы) Провели лабораторные испытания экспериментальных образцов клина-рыхлителя, изготовленных с разными углами наклона затылочных фасок на тыльных сторонах кромок лезвий. Использовали установку для ускоренных испытаний почворежущих деталей и тензоизмерительного оборудования. На всех образцах установили угол наклона лицевой поверхности клина-рыхлителя равный 30 градусам. Изменяли углы наклона затылочной фаски от 5 до 25 градусов. (Результаты и обсуждение) Выяснили, что перемена угла наклона затылочной фаски сопровождалась изменением энергетических показателей при его движении в песчаной среде. Определили, что нижний слой песчаной среды в зоне действия затылочной фаски не в полной мере вминался в нижние слои, а при увеличении угла наклона затылочной фаски часть песчаного слоя сгруживалась перед лезвием и попадала на лицевую поверхность клина-рыхлителя. (Выводы) Выявили, что с ростом угла наклона затылочной фаски на кромке лезвия увеличивается сопротивление клина-рыхлителя при перемещении его в сыпучей среде. Установили, что в зоне контакта затылочной фаски с нижними слоями обрабатываемой среды при малых углах ее наклона – до 5 градусов – происходит смятие слоя, а при увеличении угла до 25 градусов наблюдается дополнительное сгруживание среды перед лезвием, что повышает сопротивление рабочего органа и общие энергозатраты процесса работы. Показали, что для прямого клина-рыхлителя угол наклона вектора равнодействующей силы к горизонтали уменьшается с 20 до 17 градусов.*

Ключевые слова: *почвообрабатывающие орудия, клин-рыхлитель, затылочная фаска, износ лезвий рабочих органов, ускоренные имитационные испытания, тензометрические звенья.*

Для цитирования: Мяленко В.И., Рудакова С.И., Маринов Н.А., Бадулин Р.С. Влияние угла наклона затылочной фаски на силовое нагружение клина-рыхлителя // *Электротехнологии и электрооборудование в АПК*. 2020. Т. 67. N1(38). С. 122-126. DOI 10.22314/2658-4859-2020-67-1-122-126.

The Influence of the Occipital Chamfer Inclination Angle on the Wedge-Ripper Force Loading

Victor I. Myalenko,
Dr.Sc.(Eng.), professor, e-mail: library82@mail.ru;
Svetlana I. Rudakova,
Ph.D.(Agr.), junior research fellow;
Nikolay A. Marinov,
junior research fellow;
Roman S. Badulin,
engineer

Kuzbass State Agricultural Academy, Kemerovo, Russian Federation

Abstract. *The tillage implement plowshare acts on the soil similarly to a wedge-ripper. This is the most loaded and fast wearing part. The wedge-ripper blade when worn usually becomes dull quickly, and an occipital chamfer is formed on the back side. It creates additional traction resistance, prevents the blade introduction into the processed area, reduces the productivity and quality of agricultural implements work. (Research purpose) To determine the occipital chamfer inclination angle influence of the wedge-ripper in the range of 5-25 degrees on the resultant loading force characteristics. (Materials and methods) The authors conducted laboratory tests of wedge-ripper experimental samples made with different occipital chamfer inclination angle on the blades edges back sides. The authors used installation for accelerated testing of soil-cutting parts and strain gauging equipment. On all samples, the wedge-ripper front surface inclination was set to 30 degrees. They changed the occipital chamfer inclination angle from 5 to 25 degrees. (Results and discussion). The authors found out that a change in the occipital chamfer inclination angle was accompanied by a change in energy indices during its movement in a sandy area. It was determined that the lower layer of the sandy area in the zone of the occipital chamfer did not fully penetrate the lower layers, and with an increase in the occipital chamfer inclination angle, a part of the sandy layer was unloaded in front of the blade and hit the wedge-ripper front surface. (Conclusions) The authors found out that with an increase in the occipital chamfer inclination angle at the blade edge, the wedge-ripper resistance increased when it was moved in a granular area. It was found out that in the contact zone between the occipital chamfer and the lower layers of the processed area at small inclination angles up to 5 degrees, the layer was crushed, and when the angle was increased to 25 degrees, additional unloading of the area in front of the blade was observed, which increased the working body resistance and the total energy consumption of the work process. The authors showed that for a direct wedge-ripper, the vector inclination angle of the resultant force to the horizontal decreased from 20 to 17 degrees.*

Keywords: *tillage implements, wedge-cultivator, occipital chamfer, working bodies blades wear, accelerated simulation tests, strain gauge links.*

For citation: Myalenko V.I., Rudakova S.I., Marinov N.A., Badulin R.S. Vliyanie ugla naklona zatylochnoy faski na silovoe nagruzhenie klina-rykhlitelya [The influence of the occipital chamfer inclination angle on the wedge-ripper force loading].*Elektrotekhnologii i elektrooborudovanie v APK*. 2020. Vol. 67. N1(38). 122-126 (In Russian). DOI 10.22314/2658-4859-2020-67-1-122-126.

УДК 004.94:636.08 DOI 10.22314/2658-4859-2020-67-1-127-132

Цифровые технологии – инновационные решения для сельского хозяйства

Марина Александровна Никитина,
кандидат технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник;
Дмитрий Николаевич Осянин,
кандидат экономических наук, старший научный сотрудник, e-mail: d.osyanin@fncps.ru;
Ирина Всеволодовна Петрунина,
старший научный сотрудник

Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН, Москва, Российская Федерация

Реферат. *Наукоемкие системы поддержки принятия решений, основанные на знаниях экспертов в области кормления животных и строго выверенный математический аппарат, дают возможность повысить продуктивность животного и обеспечить качественный продукт с возможностью прослеживания трофологической цепи от поля до прилавка. (Цель исследования) Определить методологические подходы для разработки алгоритмического и программного обеспечения оценки и оптимизации рациона кормления животных. (Материалы и методы) Составили структурно-параметрическую модель кормления продуктивного животного в виде клеточной матрицы. Отобразили все многообразие существующих известных и неизвестных связей между факторами состояния сельскохозяйственного животного и характеристиками рациона кормления. Установили, что при формировании рациона кормления необходимо оценивать степень влияния на продуктивность не единичных индивидуальных показателей, а их совокупность. (Результаты и обсуждение) Рассмотрели параметрические описания сельскохозяйственных животных; рациона кормления с выделенными группами показателей, характеристик и свойств. Констатировали, что параметрическое описание кормления содержит набор параметров с учетом не менее 25 показателей питательности. Представили математический аппарат для оценки и оптимизации рациона кормления. Определили, что автоматизация процесса расчета суточного рациона животного позволяет изменять рационы в зависимости от наличия кормов в хозяйстве и их химического состава в режиме реального времени. Выяснили, что увеличение продуктивности животных и птицы на 30-50 процентов возможно за счет сбалансированного полноценного кормления. (Выводы) Показали системный подход при разработке программного обеспечения оценки и оптимизации рациона кормления животного. Выявили, что компьютерная система в интерактивном режиме поможет найти оптимальный вариант рациона кормления с учетом многофакторности и ограничений.*

Ключевые слова: *цифровые технологии, системы поддержки принятия решений, продуктивность животного, прослеживаемость.*

Для цитирования: Никитина М.А., Осянин Д.Н., Петрунина И.В. Цифровые технологии – инновационные решения для сельского хозяйства // *Электротехнологии и электрооборудование в АПК*. 2020. N1(38). С. 127-132. DOI 10.22314/2658-4859-2020-67-1-127-132.

Digital Technologies – Innovative Solutions for Agriculture

Marina A. Nikitina,
Ph.D.(Eng.), associate professor, leading researcher

Dmitriy N. Osyanin,
Ph.D.(Eng.), senior researcher, e-mail: d.osyanin@fncps.ru;
Irina V. Petrunina,
senior researcher

V.M. Gorbatov Federal Research Center for Food Systems of Russian Academy of Science, Moscow, Russian Federation

Abstract. *High-tech decision support systems based on the knowledge of experts in the field of animal feeding and a rigorous mathematical apparatus make it possible to increase the productivity of the animals and provide a high-quality product with the ability to trace the trophological chain from the field to the counter. (Research purpose) To identify methodological approaches for the development of algorithmic support and software for assessment and optimizing the animals diet. (Materials and Methods) The authors complied a structural-parametric model of a productive animal feeding in a cell matrix form. They represented the whole variety of existing known and unknown relationships between the factors of the farm animal state and the feeding ration characteristics. It was found that when forming a feeding ration, it was necessary to assess the degree of influence on productivity of not individual indicators, but its combination. (Results and discussion) The authors considered parametric descriptions of farm animals; diet with selected groups of indicators, characteristics and properties. It was stated that the parametric description of feeding contained a set of parameters taking into account at least 25 nutritional indicators. They presented a mathematical apparatus for evaluating and optimizing the feeding ration. It was determined that the automation of the process of calculating the daily ration of an animal allowed to change the diets depending on the availability of feed in the farm and their chemical composition in real time. The authors found out that an increase in the productivity of animals and poultry by 30-50 percent was possible due to balanced full-fledged feeding. (Conclusions) The authors showed a systematic approach to the development of software for evaluating and optimizing the animal feeding diet. It was revealed that a computer system in the online mode would help to find the best option for a feeding ration, taking into account multifactor and limitations.*
Keywords: *digital technologies, decision support systems, animal productivity, traceability.*

For citation: Nikitina M.A., Osyanin D.N., Petrunina I.V. Tsifrovye tekhnologii – innovatsionnye resheniya dlya sel'skogo khozyaystva [Digital technologies – innovative solutions for agriculture]. *Elektrotekhnologii i elektrooborudovanie v APK*. 2020. N1(38). 127-132 (In Russian). DOI 10.22314/2658-4859-2020-67-1-127-132.

УДК 634.75:634.1-13 DOI 10.22314/2658-4859-2020-67-1-133-141

Разработка алгоритмов системы распознавания ягод земляники садовой при роботизированном сборе

Дмитрий Олегович Хорт,
кандидат сельскохозяйственных наук. ведущий научный сотрудник;
Алексей Игоревич Кутырев,
младший научный сотрудник, e-mail: alexeykutyrev@gmail.com;
Игорь Геннадьевич Смирнов,
кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник;
Ростислав Александрович Филиппов,
кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник;
Роман Владимирович Вершинин,
магистр

Федеральный научный агроинжененрный центр ВИМ, Москва, Российская Федерация

Реферат. *Для оптимизации уровня использования технологических возможностей сельскохозяйственных агрегатов необходимы широкая автоматизация производственных процессов и развитые системы компьютерного управления. (Цель исследования) Разработать алгоритм распознавания координат расположения и степень спелости ягод земляники садовой в различных условиях освещенности и описать технологический процесс их уборки в полевых условиях с помощью роботизированного манипулятора, установленного на самоходной платформе. (Материалы и методы) Разработали самоходную платформу с автоматическим манипулятором для сбора урожая земляники садовой, включающую в себя манипулятор с шестью степенями свободы, коаксиальный захват, сервоприводы mg966r, контроллер PCA9685, камеру компьютерного зрения Logitech HD C270, одноплатный компьютер Raspberry Pi 3 Model B+, лазерные датчики VL53L0X, регулятор напряжения SZBK07 300W, литий-полимерный аккумулятор Hubsan X4 Pro H109S. (Результаты и обсуждение) Создали на языке программирования Python 3.7.2 алгоритм управления автоматическим манипулятором, включающий в себя операции по определению координат X и Y ягоды, степени ее зрелости, а также по расчету расстояния до ягоды. Установили, что эффективность обнаружения ягод, их площади и границ с помощью камеры и библиотеки OpenCV при освещенности 300 люксов достигает 94,6 процента. При увеличении скорости движения роботизированной платформы до 1,5 километров в час и освещенности 300 люксов средняя площадь найденных ягод уменьшилась до 95,1 квадратного сантиметра, то есть на 9 процентов, а при освещенности 100 люксов этот показатель сократился на 36,4 процента по сравнению с реальной площадью ягод. (Выводы) Обосновали технологический процесс и разработали алгоритм уборки ягод земляники садовой с помощью роботизированного манипулятора, установленного на самоходной платформе. Доказали, что условия освещенности оказывают существенное влияние на определение площади, границ и спелости ягод земляники с помощью камеры компьютерного зрения.*

Ключевые слова: *манипулятор, роботизированная платформа, алгоритм, компьютерное зрение, земляника садовая, автоматизация технологических процессов.*

Для цитирования: Хорт Д.О., Кутырев А.И., Смирнов И.Г., Филиппов Р.А., Вершинин Р.В. Разработка алгоритмов системы распознавания ягод земляники садовой при роботизированном сборе // *Электротехнологии и электрооборудование в АПК*. 2020. N1(38). С. 133-141. DOI 10.22314/2658-4859-2020-67-1-133-141.

Developing Algorithms for a Berry Recognition System Used in Robotized Harvesting of Garden Strawberry

Dmitriy O. Khort,
Ph.D.(Ag.), leading research engineer;
Aleksei I. Kutyrev,
junior research engineer, e-mail: alexeykutyrev@gmail.com;
Igor G. Smirnov,
Ph.D.(Ag.), leading research engineer;
Rostislav A. Filippov,
Ph.D.(Ag.), leading research engineer;
Roman V. Vershinin,
M.Sc. student

Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation

Abstract. *Technological capabilities of agricultural units cannot be optimally used without extensive automation of production processes and the use of advanced computer control systems. (Research* *purpose) To develop an algorithm for recognizing the coordinates of the location and ripeness of garden strawberries in different lighting conditions and describe the technological process of its harvesting in field conditions using a robotic actuator mounted on a self-propelled platform. (Materials and methods) The authors have developed a self-propelled platform with an automatic actuator for harvesting garden strawberry, which includes an actuator with six degrees of freedom, a co-axial gripper, mg966r servos, a PCA9685 controller, a Logitech HD C270 computer vision camera, a single-board Raspberry Pi 3 Model B+ computer, VL53L0X laser sensors, a SZBK07 300W voltage regulator, a Hubsan X4 Pro H109S Li-polymer battery. (Results and discussion) Using the Python programming language 3.7.2, the authors have developed a control algorithm for the automatic actuator, including operations to determine the X and Y coordinates of berries, their degree of maturity, as well as to calculate the distance to berries. It has been found that the effectiveness of detecting berries, their area and boundaries with a camera and the OpenCV library at the illumination of 300 Lux reaches 94.6 percent's. With an increase in the robotic platform speed to 1.5 kilometre per hour and at the illumination of 300 Lux, the average area of the recognized berries decreased by 9 percent's to 95.1 square centimeter, at the illumination of 200 Lux, the area of recognized berries decreased by 17.8 percent's to 88 square centimeter, and at the illumination of 100 Lux, the area of recognized berries decreased by 36.4 percent's to 76 square centimeter as compared to the real area of berries. (Conclusions) The authors have provided rationale for the technological process and developed an algorithm for harvesting garden strawberry using a robotic actuator mounted on a self-propelled platform. It has been proved that lighting conditions have a significant impact on the determination of the area, boundaries and ripeness of berries using a computer vision camera.*

Keywords: *actuator, robotic platform, algorithm, computer vision, garden strawberry, automation of technological processes.*

For citation: Khort D.O., Kutyrev A.I., Smirnov I.G., Filippov R.A., Vershinin R.V. Razrabotka algoritmov sistemy raspoznavaniya yagod zemlyaniki sadovoy pri robotizirovannom sbore [Developing algorithms for a berry recognition system used in robotized harvesting of garden strawberry]. *Elektrotekhnologii i elektrooborudovanie v APK*. 2020. N1(38). 133-141 (In Russian). DOI 10.22314/2658-4859-2020-67-1-133-141.

ВОЗОБНОВЛЯЕМАЯ И НЕТРАДИЦИОННАЯ ЭНЕРГЕТИКА

УДК: 620.953:620.98 DOI 10.22314/2658-4859-2020-67-1-142-147

Модернизация системы водоподготовки на сельскохозяйственных предприятиях за счет внедрения солнечной энергии

Алина Алексеевна Александрова,
старший преподаватель, e-mail: alieksandrova_1990@mail.ru;
Максим Сергеевич Жужин,
кандидат технических наук, доцент;
Юлия Михайловна Дулепова,
старший преподаватель

Нижегородский государственный инженерно-экономический университет, Княгинино, Российская Федерация

Реферат. *Энергосбережение – неотъемлемая часть стратегии развития сельскохозяйственных организаций. Значительное внимание уделяется модернизации и автоматизации технологических процессов на сельскохозяйственных предприятиях, что позволяет улучшить качество работы и уменьшить себестоимость выпускаемой продукции.*

Направление, в котором осуществляется модернизация, – сокращение потребления электрической энергии за счет усовершенствования системы водоподготовки в животноводческих комплексах. С целью сокращения потребления электрической энергии, идущей на нагрев воды, используют нетрадиционные и возобновляемые источники электрической энергии, один из них – солнечная энергия. (Цель исследования) Определить потенциал потребления солнечной энергии на территории Нижегородской области и возможности ее применения для нагрева воды в животноводческих комплексах, экономическую эффективность использования устройства для нагрева воды за счет солнечной энергии. (Материалы и методы) Использовали усовершенствованный алгоритм Пиксера и Ласло, примененный в проекте NASA «Surface meteology and Energy», позволяющий рассчитать оптимальный угол наклона устройства для нагрева воды. (Результаты и обсуждение) Сконструировали макет животноводческого комплекса с установленным на крыше солнечным водонагревателем, защищенный патентом на изобретение № 2672656. Для прогнозирования результатов работы установки в режимах неописанных экспериментальным путем разработали математическую модель. (Выводы) Выявили оптимальную мощность работы циркуляционного насоса. Составили математическую модель работы устройства, позволяющую прогнозировать нагрев воды в определенный период времени. Провели расчеты по энергетической и экономической эффективности применения солнечного водонагревателя, получили экономию электрической энергии около 30 процентов, в экономическом эквиваленте 35 процентов.

Ключевые слова: *солнечная энергия, нагрев воды, электрический водонагреватель, животноводческое помещение.*

Для цитирования: Александрова А.А., Жужин М.С., Дулепова Ю.М. Модернизация системы водоподготовки на сельскохозяйственных предприятиях за счет внедрения солнечной энергии // *Электротехнологии и электрооборудование в АПК*. 2020. Т. 67. N1(38). С. 142-147. DOI 10.22314/2658-4859-2020-67-1-142-147.

Modernization of Water Treatment System at Agricultural Enterprises Due to Introduction of Solar Energy

Alina A. Aleksandrova,
senior lecturer, e-mail: alieksandrova_1990@mail.ru;
Maksim S. Zhuzhin,
Ph.D.(Eng.), associate professor;
Yuliya M. Dulepova,
senior lecturer

Nizhny Novgorod State Engineering and Economic University, Knyaginino, Russian Federation

Abstract. *Energy saving today is an integral part of the development strategy of agricultural organizations. Considerable attention is paid to the modernization and automation of technological processes in agricultural enterprises, which can improve the quality of work and reduce the cost of production. The direction of modernization is to reduce the consumption of electric energy by improving the water treatment system in livestock complexes. (Research purpose) The research purpose is to determine the potential of solar energy used in the Nizhny Novgorod region and to determine the possibility of its use for water heating in livestock complexes and to consider the cost-effectiveness of using a device to heat water through solar energy. (Materials and methods) Authors used an improved algorithm of Pixer and Laszlo, applied in the NASA project «Surface meteorology and Energy», which allows to calculate the optimal angle of inclination of the device for heating water. (Results and discussion) Designed a mock-up of a livestock complex with a solar water heater installed on the roof, protected by patent for invention No. 2672656. A mathematical model was designed experimentally to predict the results of the plant operation in non-described modes. (Conclusions) The article reveales the optimal capacity of the circulation pump. Authors have created a mathematical model of the device that allows to predict the water heating in a certain period of time. The article presents the calculations*

on the energy and economic efficiency of using a solar water heater. An electric energy saving of about 30 percent, in the economic equivalent of 35 percent.
Keywords: *solar energy, water heating, electric water heater, livestock room.*

For citation: Aleksandrova A.A., Zhuzhin M.S., Dulepova Yu.M. Modernizatsiya sistemy vodopodgotovki na sel'skokhozyaystvennykh predpriyatiyakh za schet vnedreniya solnechnoy energii [Modernization of water treatment system at agricultural enterprises due to introduction of solar energy]. *Elektrotekhnologii i elektrooborudovaniye v APK*. 2020. Vol. 67. N1(38). 142-147 (In Russian). DOI 10.22314/2658-4859-2020-67-1-142-147.

БИОТЕХНОЛОГИИ И АГРОИНЖЕНЕРИЯ

УДК 579.851: 579.26: 57.08: 54-183 DOI 10.22314/2658-4859-2020-67-1-148-155

Перспективный носитель биомассы для систем анаэробной переработки органических отходов АПК

Анатолий Валентинович Федотов,
кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник, e-mail: fedotov48@list.ru;
Виктор Степанович Григорьев,
доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник;
Дмитрий Александрович Ковалев,
кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник;
Андрей Александрович Ковалев,
кандидат технических наук, старший научный сотрудник

Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Российская Федерация

Реферат. *Для ускорения процессов очистки сточных вод в аэробных условиях и оптимизации процессов анаэробной переработки стоков в метантенках используют технологии иммобилизации микроорганизмов и ферментов на твердых носителях. Керамические носители на основе алюмосиликатов и оксида алюминия – одни из перспективных носителей биомассы неорганической природы. (Цель исследования) Изучить структуру пористых керамических носителей биомассы для анаэробной переработки органических отходов и оценить перспективы их применения. (Материалы и методы) Субстратом для анаэробного сбраживания служила смесь осадков первичного и вторичного отстойников сточных вод Люберецких очистных сооружений. Использовали комбикорм крупного рогатого скота К-65 для обеспечения постоянства состава органических веществ в субстратах в качестве косубстрата. Применили метод низкотемпературной адсорбции азота Брюнера-Эммета-Теллера для исследования поровой структуры и удельной поверхности твердых носителей на анализаторе удельной поверхности Quntachrome Autosorb-1. (Результаты и обсуждение) Определили основные характеристики (удельная поверхность, объем микро- и мезопор, преимущественный радиус пор, водопоглощение и другие) шамотного пенолегковеса и высокопористой корундовой керамики. Выявили, что керамические материалы с развитой поверхностью и электропроводящий материал обеспечивают повышение выхода биогаза на 3,8-3,9 процентов с ростом содержания в нем метана в среднем на 5 процентов. (Выводы) Результаты анаэробного сбраживания показали положительное влияние как проводящего носителя, так и высокопористых керамических материалов на процесс анаэробной биоконверсии органических отходов в биогаз. Целесообразно расширить экспериментальные исследования по применению проводящего носителя с развитой поверхностью на основе высокопористой керамики.*

Ключевые слова: *жидкие органические отходы, анаэробная переработка, пористая керамика, носитель биомассы, пенокерамика, ячеистая керамика.*

Для цитирования: Федотов А.В., Григорьев В.С., Ковалев Д.А., Ковалев А.А. Перспективный носитель биомассы для систем анаэробной переработки органических отходов АПК // *Электротехнологии и электрооборудование в АПК*. 2020. Т. 67. N1(38). С. 148-155. DOI 10.22314/2658-4859-2020-67-1-148-155.

Perspective Biomass Carrier for Anaerobic Processing Systems of Organic Waste AIC

Anatoliy V. Fedotov,
Ph.D.(Eng.), leading researcher, e-mail: fedotov48@list.ru;
Viktor S. Grigoriev,
Dr.Sc.(Eng.), professor, chief researcher;
Dmitriy A. Kovalev,
Ph.D.(Eng.), leading researcher;
Andrey A. Kovalev,
Ph.D.(Eng.), senior researcher
Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation

Abstract. *To speed up the wastewater treatment under aerobic conditions and to optimize the processes of anaerobic wastewater treatment in digesters, immobilization technologies of microorganisms and enzymes on solid carriers are used. Ceramic carriers based on aluminosilicates and alumina are one of the promising inorganic biomass carriers. (Research purpose) To study the structure of porous ceramic biomass carriers for anaerobic processing of organic waste and evaluate the prospects for their use. (Materials and methods) The substrate for anaerobic digestion was a mixture of sediments of the primary and secondary sewage sumps of the Lyubertsy treatment facilities. K-65 cattle feed was used to ensure the constancy of the composition of organic substances in substrates as a cosubstrate. The authors used the method of low-temperature nitrogen adsorption of Bruner-Emmett-Teller to study the pore structure and specific surface of solid carriers on a specific surface analyzer Quntachrome Autosorb-1. (Results and discussion) The main characteristics (specific surface, volume of micro- and mesopores, predominant pore radius, water absorption and others) of chamotte foam lightweight and highly porous corundum ceramics were determined. It was revealed that ceramic materials with a developed surface and electrically conductive material provided an increase in biogas yield by 3.8-3.9 percent with an increase in methane content by an average of 5 percent. (Conclusions) The results of anaerobic digestion showed a positive effect of both a conductive carrier and highly porous ceramic materials on the process of anaerobic bioconversion of organic waste into biogas. It is advisable to expand experimental studies on the use of a conductive carrier with a developed surface based on highly porous ceramics.*

Keywords: *liquid organic waste, anaerobic processing, porous ceramics, biomass carrier, foam ceramics, cellular ceramics.*

For citation: Fedotov A.V., Grigoriev V.S., Kovalev D.A., Kovalev A.A. Perspektivnyy nositel' biomassy dlya sistem anaerobnoy pererabotki organicheskikh otkhodov APK [Perspective biomass carrier for anaerobic processing systems of organic waste AIC]. *Elektrotekhnologii i elektrooborudovanie v APK*. 2020. Vol. 67. N1(38). 148-155 (In Russian). DOI 10.22314/2658-4859-2020-67-1-148-155.

УДК 573.088.1 DOI 10.22314/2658-4859-2020-67-1-156-162

Использование сенсорных моделей для решения инженерных задач в животноводстве

Юрий Анатольевич Иванов,
доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик РАН, директор института;
Виктория Юрьевна Сидорова,
доктор сельскохозяйственных наук, e-mail: gdi20071@yandex.ru;
Евгений Борисович Петров,
кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Институт механизации животноводства – филиал Федерального научного агроинженерного центра ВИМ, Москва, Российская Федерация

Реферат. *Биосенсорные технологии – междисциплинарное направление, связанное с развитием биологических и информационных наук, основанное на создании устройств с биовычислительными компонентами, образующими нейронные сетевые структуры, применяемые также для идентификации животных. (Цель исследования) Изучить и структурировать информацию по применению биосенсорных устройств и систем в животноводстве, определить возможности последующего внедрения в отраслевую практику эффективных инженерных решений интеллектуальных задач распознавания образов, адаптивного управления поведением животных и прочих операций. (Материалы и методы) Использовали методы сбора, изучения, систематизации и анализа информации, полученной из передовой научной практики, экспертных оценок, сделанных в соответствии с технологическими регламентами научно-технического фонда, патентно-лицензионных источников, инновационных разработок ведущих фирм-производителей техники и оборудования для идентификации крупного рогатого мясного скота. (Результаты и обсуждение) Теория и практика биосенсорики в животноводстве, основанные на биомедицинских исследованиях, доказали, что число 1,0 х е10 – 1,0 х е12 отдельных клеток-сенсоров образует сбалансированную работоспособную систему биосенсорного контроля, а времени импульса нейрона (от 2 до 5 милисекунд) достаточно для определения габитуса животного, скорости его движения, температуры тела. Возможно определять информацию о физиологическом состоянии животного: половую охоту, упитанность, местонахождение или идентификацию животного, качество спермопродукции, эмбрионов, достоверность происхождения и прочие параметры по выделенным образцам ДНК с помощью «умных» лазерных и ультразвуковых биодатчиков, которые передают эти данные в «умные» чипы. Показали, что линейные биологические параметры объекта, полученные при помощи сенсорных датчиков, можно перевести расчетным путем в нелинейные, с дальнейшей телеметрической передачей информации на биочип животного и стационарное принимающее программное устройство. Биовычислительные устройства способны рассчитывать и контролировать изменение возрастных показателей живой массы у животных различных пород до 6-месячного возраста с поправкой на изменчивость признака. Установили, что коэффициент вариации Cv достигает 1,5-2,5 процентов, а по мере взросления животного уже 15-18 процентов и так далее. (Выводы) Решение инженерных задач в животноводстве с помощью биосенсоров и датчиков нового поколения зависит от биохимической природы элемента распознавания (его алгоритм действия можно рассчитать). Биовычислительные устройства способны не только принимать, но и рассчитывать, а главное, контролировать разнообразные параметры животных. Использование инженерных биосенсорных интеллектуальных систем и нейрокибернетики в животноводстве расширяет возможности отрасли, делает их привлекательными для производителя и дает большой экономический эффект.*

Ключевые слова: *биосенсоры, распознавание образов животных, датчики нового поколения, «умные» биочипы, идентификация по ДНК.*

Для цитирования: Иванов Ю.А., Сидорова В.Ю., Петров Е.Б. Использование сенсорных моделей для решения инженерных задач в животноводстве // *Электротехнологии и электрооборудование в АПК*. 2020. Т. 67. N1(38). С. 156-162. DOI 10.22314/2658-4859-2020-67-1-156-162.

The Use of Sensor Models For Solving Egineering Problems In Livestock

Yuriy A. Ivanov,
Dr.Sc.(Agr.), professor, member or the RAS, director of the institute;
Viktoriya Yu. Sidorova,
Dr.Sc.(Agr.);
Evgeniy B. Petrov,
Dr.Ph.(Agr.), associate professor, deputy director of the institute

Institute of livestock mechanization – filial of Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation

Abstract. *Biosensor technologies is an interdisciplinary science related to the development of biological and information sciences, based on the creation of devices with biocomputing components forming neural network structures, also used for the identification of animals. (Research purpose) The aim of the study is studying and structuring information on the use of biosensor devices and systems in livestock, find the possibilities for subsequent introduction into industry's practice through effective engineering solutions of pattern recognition, adaptive management of animal behavior, etc. (Materials and methods) We have used methods of collection, study, systematization, analysis of scientific information obtained from livestock practices, expert assessments made in accordance with the technological regulations of the scientific-and- technical funds, patent and license sources, innovative developments of leading manufacturers of machinery and equipment for the beef cattle identification. (Results and discussion) Theory and practice of biosensor science in animal-based biomedical research proved that a balanced, workable system of biosensor control reaches the value of 1,0 e10 – 1,0 e12 of individual cells-sensors. The pulse time of the neuron of 2-5 milliseconds is enough for evaluation of the animal's habitus, as well as speed of movement, body temperature. It is possible to determine information about the physiological condition of the animal: rut, fatness, location or identity of animal, quality of sperm, embryos, authenticity of origin and other parameters on selected DNA samples by using smart laser and ultrasonic biosensors that transmit these data to smart chips. The article shows that the linear biological parameters of the object obtained with the sensors can be converted by calculation into nonlinear ones, with further telemetry transmission of information to the animal's biochip and stationary receiving software device. Biocalculation devices are able to calculate and control the change in live weight of animals of different breeds up to 6 months of age, adjusted for the variability of the trait. It was found that the coefficient of variation Cv reaches 1.5-2.5 percent, and as the animal grows, it reaches of 15-18 percent. (Conclusion) The solution of engineering problems in animal husbandry with the help of biosensors and sensors of a new generation depends on the biochemical nature of the recognition element (its action algorithm can be calculated). Biocomputing devices are capable not only to accept, but also to count and to control various parameters of animals. The use of engineering biosensor intelligent systems and neurocybernetic in animal husbandry expands the possibilities of the industry, makes them attractive to the manufacturer and gives a great economic effect.*

Keywords: *biosensorics, animal image recognition, new generation biosensors, smart biochips, DNA identification.*

For citation: Ivanov Yu.A., Sidorova V.Yu., Petrov E.B. Ispol'zovaniye sensornykh modeley dlya resheniya inzhenernykh zadach v zhivotnovodstve [The use of sensor models for solving egineering problems in livestock]. *Elektrotekhnologii i elektrooborudovaniye v APK*. 2020. Vol. 67. N1(38). 156-162 (In Russian). DOI 10.22314/2658-4859-2020-67-1-156-162.