

3. Saymbetov A., Nurgaliyev M., Kutybay N., Abdullozoda M., Dosymbetova G., Tukymbekov D. Design of autonomous mobile PV system for remote regions. 16th International Conference on Engineering of Modern Electric Systems (EMES). Oradea, Romania, 2021. Pp. 1-4.
4. Grigorash O. V., Daus Y. V., Denisenko E. A., Kolomeitsev A. E. Structural and Schematic Solutions of Solar Autonomous Inverters. Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agro-University Complex: science and higher professional education. 2023. № 2 (70). Pp. 439-450.
5. Kashin Y. M., Kopelevich L. E., Samorodov I. B., Kim V. A., Artenyan K. Z. Wind-Solar Generator and Its Characteristics. Electronic network polythematic journal "Scientific Works of KubSTU". 2019. № 6. Pp. 201-214.
6. Lavrik A. Yu., Zhukovsky Y. L., Lavrik A. Yu., Buldysko A. D. Features of Choosing the Optimal Composition of a Wind-Solar Power Plant with Diesel Generators. News of Higher Educational Institutions. Energy problems. 2020. V. 22. № 1. Pp. 10-17.
7. Kapustin I. V., Lukashenko A. A. Analysis and Research of Control Systems for Autonomous Voltage Inverter. Proceedings of Tula State University. Technical Sciences. 2019. I. 1. Pp. 118-125.
8. Kou G., Le Chen, VanSant Ph., Velez-Cedeno F., Liu Y. Fault Characteristics of Distributed Solar Generation. IEEE Transactions on Power Delivery. 2020. V. 35. I. 2.
9. Grab R., Hans F., Mariano Ivan Rojas Flores, Schmidt H., Soenke Rogalla, Engel B. Modeling of Photovoltaic Inverter Losses for Reactive Power Provision. IEEE Access. 2022. V. 10.
10. Serban E., Pondiche C., Ordonez M. Modulation Effects on Power-Loss and Leakage Current in Three-Phase Solar Inverter. IEEE Transactions on Energy Conversion. 2019. V. 34. I. 1.
11. Uskov A. E. Selection of the optimal reserve source of power supply. Rural machine operator. 2022. № 1. Pp. 36-38.
12. Izmailov A. Yu., Didmanidze O. N., Asadov D. G., et al. Technical Operation of Mobile Electric Units. Moscow: OOO "Triada", 2016. 320 p.
13. Didmanidze O. N., Solntsev A. A., Parlyuk E. P., Pulyaev N. N. Fundamentals of Effective Use of Energy Storage Devices in Traction Vehicles. Moscow: Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy, 2020. 200 p.

Информация об авторах

Григораш Олег Владимирович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Электротехники, теплотехники и возобновляемых источников энергии», ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина» (Российская Федерация, 350044, г. Краснодар, ул. Калинина, д. 13), e-mail: grigorash61@mail.ru

Даус Юлия Владимировна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Электротехники, теплотехники и возобновляемых источников энергии», ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина» (Российская Федерация, 350044, г. Краснодар, ул. Калинина, д. 13), zirochka2505@gmail.com

Денисенко Евгений Александрович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Электротехники, теплотехники и возобновляемых источников энергии», ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина» (Российская Федерация, 350044, г. Краснодар, ул. Калинина, д. 13), e-mail: denisenko_88@mail.ru

Колмейцев Александр Эдуардович, соискатель кафедры «Электротехники, теплотехники и возобновляемых источников энергии», Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина (Российская Федерация, 350044, г. Краснодар, ул. Калинина, д. 13), e-mail: kpn2601@yandex.ru

Author's Information

Grigorash Oleg Vladimirovich, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Head of the Department of Electrical Engineering, Heat Engineering and Renewable Energy Sources, Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin (Russian Federation, 350044, Krasnodar, Kalinin str., 13), e-mail: grigorash61@mail.ru

Daus Yulia Vladimirovna, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of the Department of Electrical Engineering, Thermal Engineering and Renewable Energy Sources, Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin (Russian Federation, 350044, Krasnodar, Kalinin str., 13), e-mail: zirochka2505@gmail.com

Denisenko Evgeny Aleksandrovich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of the Department of Electrical Engineering, Heat Engineering and Renewable Energy Sources, Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin (Russian Federation, 350044, Krasnodar, Kalinin str., 13), e-mail: denisenko_88@mail.ru

Kolomeitsev Aleksander Eduardovich, PhD Candidate of the Department of Electrical Engineering, Heat Engineering and Renewable Energy Sources, Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin (Russian Federation, 350044, Krasnodar, Kalinin str., 13), e-mail: kpn2601@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-02-39

SIMULATION OF THE CONTROL SYSTEM OF THE FRUIT AND VEGETABLE CHOPPER

¹Lebed N. I., ²Tseplyaev A. N., ¹Tokarev K. E., ¹Khanin Yu. I., ¹Fomin S. D.

¹Volgograd State Agrarian University

²All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture –
branch of the Federal State Budgetary Institution "FNC's VNIIGiM named after A. N. Kostyakov"
Volgograd, Russian Federation

Corresponding author E-mail: nik8872@yandex.ru

Received 01.06.2023

Submitted 27.02.2024

Abstract

Introduction. The article is devoted to the digital adaptation of equipment for the processing industry by developing and justifying a simulation model of an automated process control system. **Materials and research methods.** The development and modeling of the automated control system for the shredder was carried out in the CAD environment "Proteus 8.15 ISIS", where the selection of the main elements of the

control system and their connection to the microcontroller was carried out. The project code was built in the integrated development environment "Arduino IDE" in the programming language «C++». **Research results and conclusions.** A functional diagram of the proposed automated control system for chopping fruit and vegetable products has been developed. The inputs and outputs of the microcontroller board are represented by fourteen signals and are divided according to the controls of the fruit and vegetable raw material chopper into three groups: rotor controls; dispenser; ensuring automatic operating mode. Information about the state of all input and output signals of the automated control system is visualized on the LCD display. A control system for an automated fruit and vegetable chopper was modeled on the basis of AVR / ARM Cortex M microcontrollers using the C++ programming language, and its performance was tested in the Proteus 8.15 ISIS CAD system, which proved its performance and efficiency. To implement numerical modeling of the cutting process, specialized software has been developed, the source code of which is compiled in the "Object Pascal" programming language in the «Lazarus» IDE.

Keywords: fruit choppers, microcontrollers, knife machine, simulation modeling, numerical modeling.

Citation. Lebed N. I., Tseplyaev A. N., Tokarev K. E., Khanin Yu. I., Fomin S. D. Simulation of the control system of the fruit and vegetable chopper. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 2(74). 323-331 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-02-39.

Author's contribution. The authors of this study were directly involved in the formulation of the problem, planning the study, analysis, presentation of conclusions and preparation of proposals for production. The authors of this article reviewed and approved the final version of the article.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 631.171

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЯ ПЛОДОВООВОЩНОЙ ПРОДУКЦИИ

¹Лебедь Н. И., доктор технических наук, профессор

²Цепляев А. Н., доктор сельскохозяйственных наук, профессор

¹Токарев К. Е., кандидат экономических наук, доцент

¹Ханин Ю. И., кандидат технических наук, доцент

¹Фомин С. Д., доктор технических наук, профессор

¹ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ

²Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия – филиал

ФГБНУ «ФНЦ ВНИИГум им А. Н. Костякова»

г. Волгоград, Российская Федерация

Актуальность. Статья посвящена цифровой адаптации техники для перерабатывающей промышленности путем разработки и обоснования имитационной модели автоматизированной системы управления технологическим процессом. **Материалы и методы исследований.** Разработка и моделирования системы автоматизированного управления измельчителем производилась в среде САПР «Proteus 8.15 ISIS», где осуществлялся подбор основных элементов системы управления и их подключение к микроконтроллеру. Построение программного кода проекта производилась в интегрированной среде разработки «Arduino IDE» на языке программирования «C++». **Результаты исследований и выводы.** Разработана функциональная схема предлагаемой СУ измельчителя плодовоовощной продукции. Входы и выходы платы микроконтроллера представлены четырнадцатью сигналами и делятся по органам управления измельчителя плодовоовощного сырья на три группы: органы управления ротором; дозатором; обеспечения автоматического режима работы. Информация о состоянии всех входных и выходных сигналов СУ визуализируется на ЖК-дисплей. Смоделирована на основе микроконтроллеров AVR / ARM Cortex M-архитектуры, с применением языка программирования «C++» система управления автоматизированным измельчителем плодовоовощной продукции, произведена ее проверка на работоспособность в САПР «Proteus 8.15 ISIS», доказавшей ее работоспособность и эффективность. Для реализации численного моделирования процесса резания разработано специализированное программного обеспечения, исходный код которого составлен на языке программирования «Object Pascal» в IDE «Lazarus».

Ключевые слова: измельчители плодов, микроконтроллеры, ножевой аппарат, имитационное моделирование, численное моделирование.

Цитирование. Лебедь Н. И., Цепляев А. Н., Токарев К. Е., Ханин Ю. И., Фомин С. Д. Моделирование системы управления измельчителя плодовоовощной продукции. *Известия НВ АУК.* 2024. 2(74). 323-331. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-02-39.

Авторский вклад. Авторы настоящего исследования непосредственно участвовали в постановке проблемы, планировании исследования, анализе, в изложении выводов и подготовке предложений производству. Авторы настоящей статьи изучили и одобрили представленный в окончательном виде вариант статьи.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В нынешней острой ситуации с западными партнерами необходимо максимально быть от них независимыми, что диктует развитие собственных отечественных конкурентоспособных разработок и импортозамещение. В отраслях АПК работает только 4% техники, удовлетворяющей современным международным требованиям и стандартам. Необходимым условием обновления техники должно быть внедрение автоматизированной и роботизированной техники [1, 2, 3, 4].

Наиболее значимыми факторами, оказывающими важнейшее влияние на отрасль перерабатывающей промышленности, в частности производства продуктов из плодов и овощей, является эффективность применяемых технологий в совокупности с техническими средствами для их реализации.

При хранении плодов и овощей потери урожая составляют от 20 до 30%. Транспортировке свежих плодов и овощей с минимальными потерями в отдаленные регионы страны препятствуют значительные расстояния и плохое качество дорожной сети. При этом комплексная переработка 1 миллиона тонн плодовоовощного сырья на пищевые продукты с минимальным количеством отходов позволяет уменьшить потери его при хранении на 83 тысячи тонн [5, 6].

Также важной является проблема дополнительных затрат при разработке и оптимизации комплексных технических систем с использованием в них элементов точной механики, а также электронных, электротехнических и компьютерных компонентов для целей роботизации и автоматизации АПК. Проблема решается методами и средствами имитационного моделирования, реализуемого с помощью набора математических средств, специальных компьютерных программ-симуляторов, позволяющих создавать процессы-аналоги, с помощью которых можно провести целенаправленное исследование структуры и функций реальной системы в режиме ее «имитации», осуществить оптимизацию некоторых ее параметров [7, 8, 9]. Необходим комплексный подход при оптимизации задач физической механики и автоматизированного управления, что побуждает разрабатывать специализированное программное обеспечение.

Материалы и методы исследований. В качестве объекта исследований для разработки схемы автоматизации был выбран разработанный ранее измельчитель плодовоовощной продукции (рисунок 1) [10].

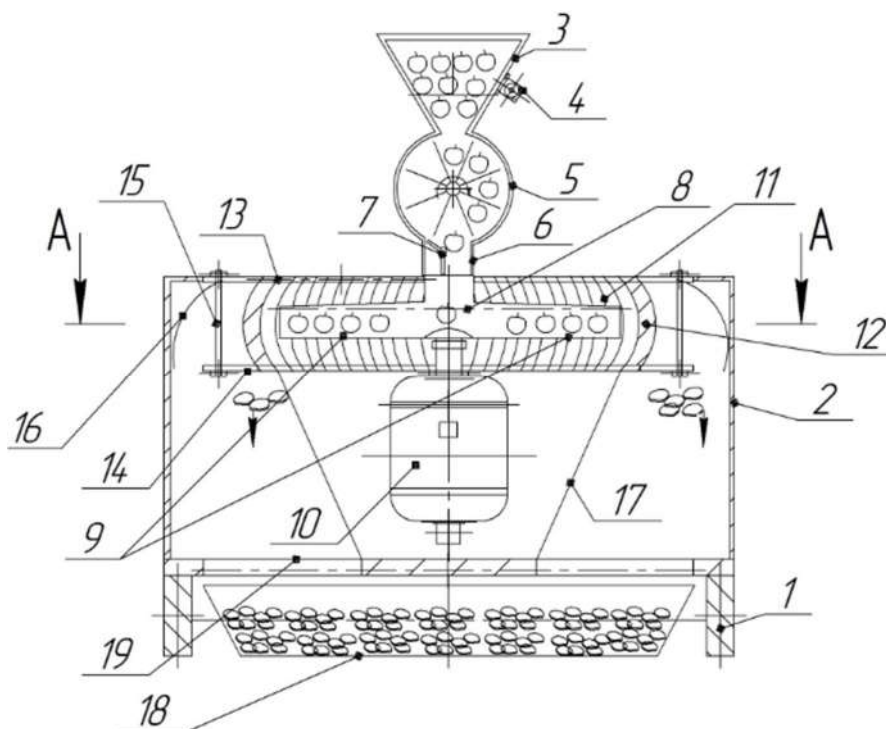


Рисунок 1 – Измельчитель плодовоовощной продукции (общий вид)
Figure 1 – Chopper of fruits and vegetables (general view)

Измельчитель работает следующим образом. Перед загрузкой материала запускали электродвигатель 10 устройства, чтобы задать центробежному ротору 8 необходимую частоту вращения. Обрабатываемый материал через загрузочный бункер 3 и дозатор барабанного типа 5 поступал в центробежный ротор 8. Посредством передачи крутящего момента валом электродвигателя 10 центробежный ротор 8 равномерно распределял плодово-овощной материал по трем направляющим трубам 9. В результате центробежной силы материал удалялся в направлении дугообразных ножей 12 ножевого корпуса 11 с линейной скоростью, необходимой для полного разрезания. При этом плодовоовощной материал проходил сквозь дугообразные ножи 12, измельчался на ломтики необходимой толщины и далее через отражатели 16 и выгрузное отверстие 19 поступал в емкость для сбора измельченного материала 18.

Предлагаемый измельчитель позволяет осуществить процесс измельчения плодов и корнеплодов без обильного соковыделения [11,12, 15] и заземления измельчаемых материалов между ножами при минимальных разрушениях их структуры [13, 14] с пониженными энергозатратами.

Недостатком измельчителя являлось отсутствие системы управления, что существенно снижало удобство при его работе, способствовало увеличению трудозатрат при эксплуатации и снижению качества производимой продукции за счет влияния человеческого фактора.

Результаты исследований и их обсуждение. Нами предлагается автоматизированная система управления измельчителем, построенная на базе микроконтроллеров AVR / ARM Cortex M – архитектуры. На рисунке 2 представлена функциональная схема предлагаемой АСУ.

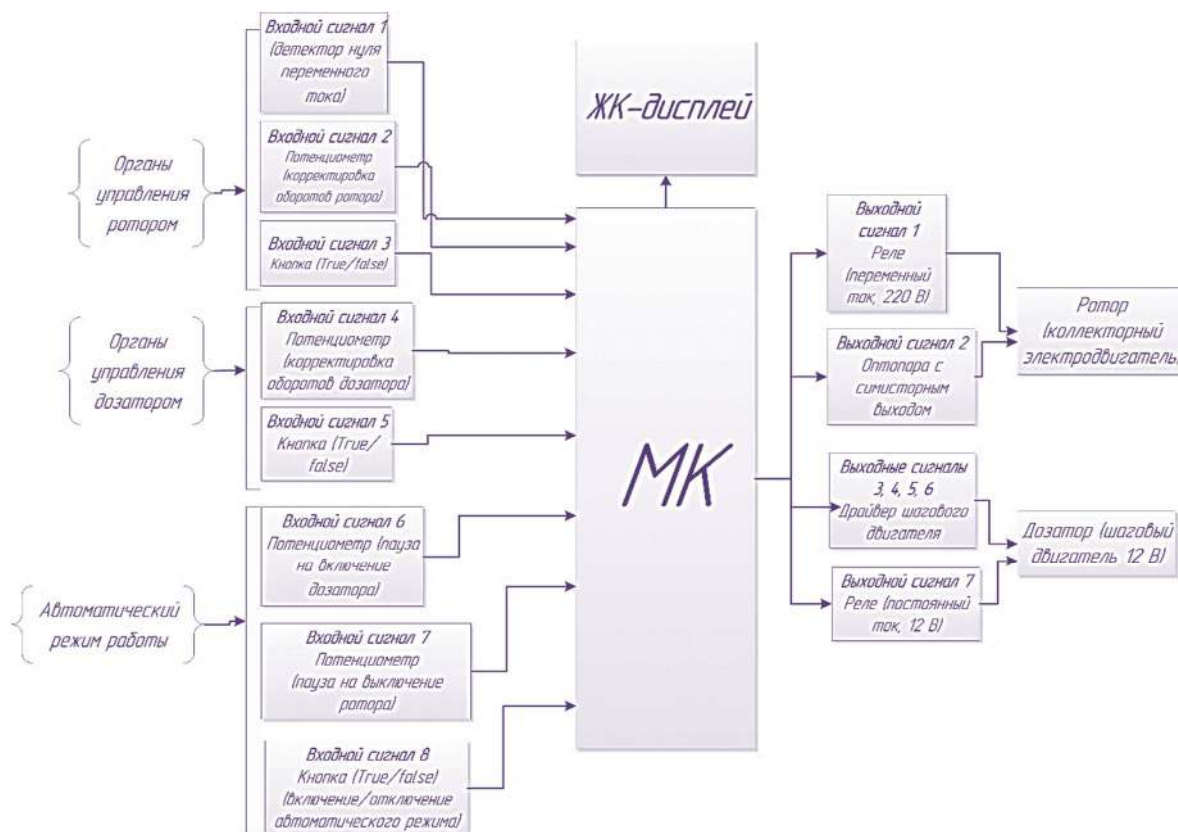


Рисунок 2 – Функциональная схема СУ предлагаемого измельчителя плодовоовощной продукции
Figure 2 – Functional diagram of the control system of the proposed fruit and vegetable chopper

Входы платы микроконтроллера представлены сигналами аналогового и цифрового типа и делятся по органам управления измельчителя плодовоовощного сырья на три группы: органы управления ротором; дозатором; обеспечения автоматического режима работы.

Органы управления ротором включают входные сигналы 1 и 2 – аналогового типа и цифровой входной сигнал 3. Входной сигнал 1 обеспечивает контроль нуля однофазной электрической сети переменного тока для расчёта фазы открывания симистора при управлении нагрузкой. Сигнал 2 выполнен потенциометром и предназначен для корректировки частоты вращения привода ротора. Сигнал 3 обеспечивает отключение / включение привода ротора с помощью тактовой кнопки.

Органы управления дозатором представлены аналоговым входом 4 – потенциометром, необходимым для корректировки частоты вращения привода дозатора. Сигнал 5 обеспечивает отключение / включение привода дозатора.

Автоматический режим работы обеспечивается аналоговыми входными сигналами 6, 7 – для управления паузой включения привода дозатора и отключение привода ротора и цифровым сигналом 8 – на включение/отключение автоматического режима работы посредством тактовой кнопки. Алгоритм работы автоматического режима работы служит для последовательного включения и отключения приводов ротора и дозатора: при запуске измельчителя – запуск привода ротора и с некоторой паузой привода дозатора; при остановке измельчителя – остановка привода дозатора и с некоторой паузой привода ротора. Данная последовательность необходима для исключения перегрузов и сбоев при реализации технологического процесса резания.

Функциональная схема АСУ измельчителем плодоовощной продукции представлена семью выходными сигналами. Выходной сигнал 1 выполнен в виде твердотельного реле для включения / отключения привода ротора. Сигнал 2 представлен оптопарой с симисторным выходом для управления вышеуказанной нагрузкой. Сигналы 3, 4, 5, 6 представлены четырьмя пинами микроконтроллера и предназначены управления шаговым двигателем (привод дозатора) посредством аппаратного драйвера. Выходной сигнал 7 представлен твердотельным реле для включения / отключения привода дозатора. Информация о состоянии всех входных и выходных сигналов АСУ визуализируется на ЖК-дисплей.

Для разработки алгоритма работы, специализированного программного обеспечения и последующей отладки системы управления автоматизированным измельчителем нами предлагается имитационная модель, построенная на базе микроконтроллера AVR / ARM Cortex M – архитектуры с применением языка программирования «C++» в среде САПР «Proteus 8.15 ISIS» (рисунок 3).

В качестве привода центробежного ротора выступает однофазный коллекторный электродвигатель, на рисунке 3 для иллюстрирования режимов работы привода его заменяет элемент «AC Volts» и лампа «L1». Реализация режимов работы путем изменения частоты вращения двигателя выполнена корректировкой рабочего напряжения детектором нуля, собранном на базе оптрона общего назначения 4N25 и диодного моста, работающие на аппаратных прерываниях посредством пина D2 микроконтроллера и программной библиотеки «TimerOne.h». Одним из рабочих вариантов создания детектора нуля является схема с оптопарой PC814 – для использования в цепях переменного тока, отсутствующая среди компонентов среды «Proteus 8.15 ISIS».

Для реализации гибкого управления приводом барабанного дозатора предлагается шаговый электродвигатель постоянного тока в схеме с драйвером L293D. Такая схема позволяет создавать вариативность режимов: направление, скорость вращения, углы поворота, паузы при поддержании угла поворота и др., необходимых для оптимизации подачи обрабатываемого материала. В первом приближении программно реализована система на базе программной библиотеки «Stepper», позволяющая регулировать частоту вращения.

Система управления позволяет осуществлять следующие режимы работы экспериментальной установки: автоматический поочередный запуск и отключение приводов (на схеме «Auto») с управляемой задержкой на их включение и отключение (на схеме: «Пауза на отключение для ротора, с; «Пауза на включение дозатора, с); независимое включение/отключение привода ротора или дозатора (на схеме: «On/off ротор», «On/off дозатор»); управление частотой вращения (на схеме «Скорость вращения ротора, %», «Скорость вращения дозатора, %») приводных механизмов. Для визуализации выбранных режимов предусмотрена индикация на LCD-дисплее. В качестве органов управления выступают тактовые кнопки и потенциометры. Принудительного отключения приводов реализовано электромеханическими реле, подключенными как «выход» к микроконтроллеру.

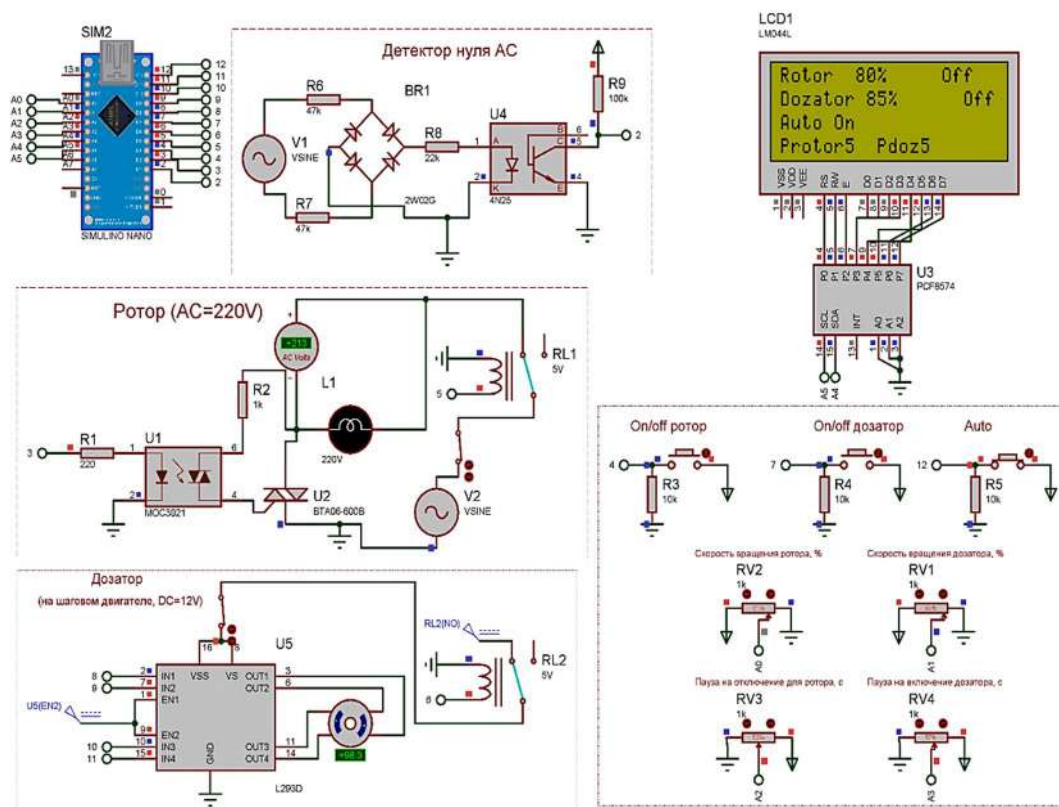


Рисунок 3 – Имитационная модель системы управления измельчителя плодовоовощной продукции
в момент симуляции
Figure 3 – Simulation model of an automated control system fruit and vegetable chopper
at the time of simulation

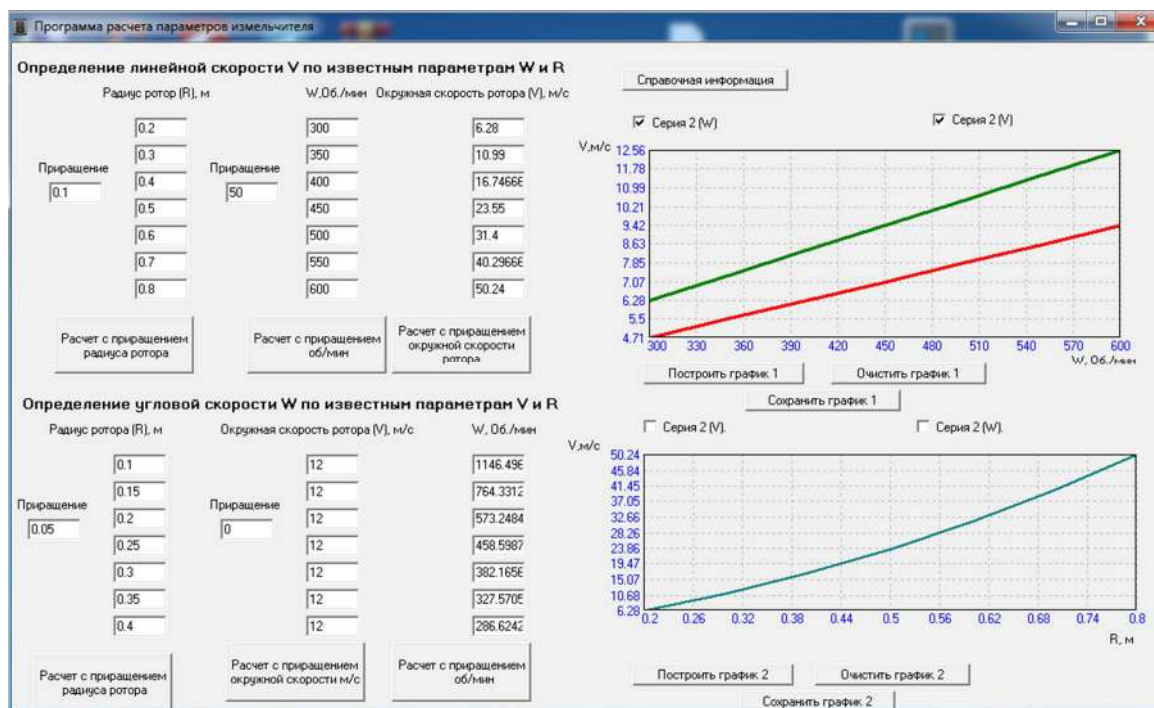


Рисунок 4 – Интерфейс программного обеспечения
Figure 4 – Software interface

Для удобства при расчетах и дальнейшего численного моделировании процесса ударного резания использовано разработанное ранее специализированное программное обеспечение, построенное на языке программирования «Object Pascal» в IDE «Lazarus». Алгоритм ПО обеспечивает: ввод начальных условий, параметров и характеристик центробежного ротора измельчителя плодовоовощного сырья; расчёт геометрических и динамических параметров центробежного ротора измельчителя; реализацию численных экспериментов по определению параметров и режимов работы устройства; а также графическую визуализацию и экспорт ее результатов. На рисунке 4 представлен интерфейс предлагаемой программы (Лебедь Н. И., Токарев К. Е. Автоматизированная система расчета геометрических и динамических параметров центробежного ротора измельчителя плодовоовощного сырья // Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2022684675, 16.12.2022. Заявка № 2022684675 от 06.12.2022).

Выводы. Предлагаемая система управления автоматизированного электропривода измельчителя плодовоовощной продукции обеспечивает автоматический поочередный запуск и отключение приводов с управляемой задержкой на их включение и отключение; независимое включение/отключение привода ротора или дозатора; управление частотой вращения приводных механизмов. Для визуализации выбранных режимов предусмотрена индикация на LCD-дисплее.

Разработано специализированное программное обеспечение для моделирования процесса резания предлагаемым измельчителем плодовоовощной продукции. Алгоритм ПО обеспечивает: ввод начальных условий, параметров и характеристик центробежного ротора измельчителя плодовоовощного сырья; расчёт геометрических и динамических параметров ротора измельчителя; реализацию численных экспериментов по определению параметров и режимов работы устройства; а также графическую визуализацию и экспорт ее результатов.

Разработанные методы, алгоритмы расчета, реализованные в программном обеспечении, позволяют качественно оценивать динамическое состояние обрабатываемого материала, что дает возможность анализировать состояние предлагаемого оборудования и достичь рациональных конструктивных параметров и режимов работы.

Conclusions. The proposed control system of the automated electric drive of the fruit and vegetable chopper provides automatic alternate start and shutdown of the drives with a controlled delay for their switching on and off; independent on/off of the rotor or dispenser drive; control of the speed of rotation of the drive mechanisms. To visualize the selected modes, there is an indication on the LCD display.

Specialized software has been developed to simulate the cutting process of the proposed fruit and vegetable chopper. The software algorithm provides: input of initial conditions, parameters and characteristics of the centrifugal rotor of the fruit and vegetable chopper; calculation of geometrical and dynamic parameters of the shredder rotor; implementation of numerical experiments to determine the parameters and modes of operation of the device; as well as graphical visualization and export of its results.

The developed methods and calculation algorithms implemented in the software make it possible to qualitatively assess the dynamic state of the processed material, which makes it possible to analyze the condition of the proposed equipment and achieve rational design parameters and operating modes.

Библиографический список

1. Общее собрание секции механизации, электрификации и автоматизации отделения сельскохозяйственных наук РАН. Сельскохозяйственные машины и технологии. 2016. № 2. С. 4.
2. Зыков А. В., Юнин В. А., Захаров А. М. Использование робототехнических средств в АПК. Международный научно-исследовательский журнал. 2019. № 3 (81). С. 8-11.
3. Рунов Б. А. Применение робототехнических средств в АПК. Сельскохозяйственные машины и технологии. 2016. № 2. С. 44-47.
4. Токарев К. Е., Руденко А. Ю., Кузьмин В. А., Чернявский А. Н. Теория и цифровые технологии интеллектуальной поддержки принятия решений для увеличения биопродуктивности агроэкосистем на основе нейросетевых моделей. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 4 (64). С. 421-440.
5. Lebed N. I., Antonov N. M., Rusakova G. G. Investigation of process of cutting fruit and vegetable raw materials into slices using rotary chopper. Lecture Notes in Mechanical Engineering: 5th International Conference on Industrial Engineering. 2019. Pp. 451-459.
6. Antonov N. M., Lebed N. I., Makarov A. M. Energetic calculation of an apple chopper with zigzagging knife in the cutting unit. Journal of Food Process Engineering. 2017. № 40 (2).

7. Хвостенко Т. М., Алексанов И. А. Внедрение и проблематика роботехнических средств в АПК. Вестник образовательного консорциума Среднерусский университет. Информационные технологии. 2022. № 2 (20). С. 4-9.
8. Лепешко Л. С. Обзор программных продуктов для автоматизации в АПК. Новости науки в АПК. 2019. № 3(12). С. 318-324.
9. Будников Д. А. Разработка SCADA-системы контроля лабораторного оборудования и параметров процесса сушки зерна. Инновации в сельском хозяйстве. 2019. № 2 (31). С. 230-237.
10. Лебедь Н. И., Гапич Д. С., Ханин Ю. И., Веселова Н. М., Фомин С. Д. Разработка и обоснование автоматизированной системы управления и программного обеспечения SCADA-системы процессом резания плодовоовощных материалов ломтиковым измельчителем. Известия нижеволжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. ВолГАУ. 2022. № 2 (66). С. 364-372.
11. Тюрин С. Ф., Ковыляев Д. А., Данилова Е. Ю., Городилов А. Ю. Изучение программирования микроконтроллеров в САПР Proteus. Вестник Пермского университета. Математика. Механика. Информатика. 2021. № 2 (53). С. 69-74.
12. Лебедь Н. И., Антонов Н.М., Искуснов Ю.В. Результаты экспериментальных исследований по определению усилий резания плодов и корнеплодов. Известия нижеволжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. ВолГАУ. 2012. № 2 (26). С. 137-141.
13. Заплетников И. Н., Шеина А. В., Гордиенко А. В. Экспериментальные исследования процесса резания растительных материалов. Актуальные вопросы современной науки. 2014. № 33. С. 52-61.
14. Чечуга А. О. Влияние скорости резания на составляющие усилия резания. Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2022. № 3. С. 289-292.
15. Антонов Н. М., Лебедь Н. И. Определение некоторых энергетических параметров статического резания плодов яблок. Известия Нижеволжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2014. № 2 (34). С. 143-148.

References

1. General meeting of the section of mechanization, electrification and automation of the department of agricultural sciences of the Russian Academy of Sciences. Agricultural machines and technologies. 2016. No 2. P. 4.
2. Zykov A. V., Yunin V. A., Zakharov A. M. Zykov A. V., Yunin V. A., Zakharov A. M. The use of robotic tools in the agro-industrial complex. International research journal. 2019. No 3(81). Pp. 8-11.
3. Runov B. A. The use of robotic tools in the agro-industrial complex. Agricultural machines and technologies. 2016. No 2. Pp. 44-47.
4. Tokarev K. E., Rudenko A. Yu. Theory and digital technologies for intelligent decision support to increase the bioproductivity of agroecosystems based on neural network models. Proceedings of the Nizhnevolzhsky AgroUniversity Complex: Science and Higher Professional Education. 2021. No 4 (64). Pp. 421-440.
5. Lebed N. I., Antonov N. M., Rusakova G. G. Investigation of process of cutting fruit and vegetable raw materials into slices using rotary chopper. Lecture Notes in Mechanical Engineering: 5th International Conference on Industrial Engineering. 2019. Pp. 451-459.
6. Antonov N. M., Lebed N. I., Makarov A. M. Energetic calculation of an apple chopper with zigzagging knife in the cutting unit. Journal of Food Process Engineering. 2017. № 40 (2).
7. Khvostenko T. M., Aleksanov I. A. Implementation and problems of robotic means in the agro-industrial complex. Bulletin of the educational consortium Central Russian University. Information Technology. 2022. No 2 (20). Pp. 4-9.
8. Lepeshko L. S. Review of software products for automation in the agro-industrial complex. Science news in the agro-industrial complex. 2019. No 3 (12). Pp. 318-324.
9. Budnikov D. A. Development of a SCADA-system for monitoring laboratory equipment and parameters of the grain drying process. Innovations in agriculture. 2019. No 2 (31). Pp. 230-237.
10. Lebed N. I., Gapich D. S., Khanin Yu. I., Veselova N. M., Fomin S. D. Development and justification of an automated control system and software for a SCADA-system for the process of cutting fruit and vegetable materials with a slicer grinder. Proceedings of the Nizhnevolzhsky agro-university complex: Science and higher professional education. 2022. No 2 (66). Pp. 364-372.
11. Tyurin S. F., Kovylyayev D. A., Danilova E. Yu., Gorodilov A. Yu. Studying the programming of microcontrollers in CAD Proteus. Bulletin of the Perm University. Mathematics. Mechanics. Computer science. 2021. No. 2(53). Pp. 69-74.
12. Lebed N. I., Antonov N. M. The results of experimental studies to determine the efforts of cutting fruits and roots. Proceedings of the Nizhnevolzhsky agro-university complex: Science and higher professional education. 2012. No 2 (26). Pp. 137-141.
13. Zapletnikov I. N., Sheina A. V., Gordienko A. V. Experimental studies of the process of cutting plant materials. Topical issues of modern science. 2014. No 33. Pp. 52-61.
14. Chechuga A. O. Influence of cutting speed on the components of cutting force. Proceedings of the Tula State University. Technical science. 2022. No 3. Pp. 289-292.
15. Antonov N. M., Lebed N. I. Determination of some energy parameters of static cutting of apple fruits. Proceedings of the Nizhnevolzhsky agro-university complex: Science and higher professional education. 2014. No 2 (34). Pp. 143-148.

Информация об авторах

Лебедь Никита Игоревич, доктор технических наук, профессор кафедры «Электроснабжение и энергетические системы», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, Университетский пр-т, д. 26), e-mail: nik8872@yandex.ru

Цепляев Алексей Николаевич, доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории систем орошения и управления поливом отдела оросительных технологий, Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия – филиал ФГБНУ «ФНЦ ВНИИГМ им А. Н. Костякова», (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, ул. им. Тимирязева, д. 9), e-mail: can_volgau@mail.ru

Токарев Кирилл Евгеньевич, кандидат экономических наук, доцент кафедры «Математическое моделирование и информатика», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, Университетский пр-т, д. 26), e-mail: tokarevke@yandex.ru

Ханин Юрий Иванович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Электроснабжение и энергетические системы», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, Университетский пр-т, д. 26), e-mail: haninyu5@gmail.com

Фомин Сергей Денисович, доктор технических наук, профессор кафедры «Механика», заведующий Центром наукометрического анализа и международных систем индексирования, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, Университетский пр-т, д. 26), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7910-9284>, e-mail: fsd_58@mail.ru

Author's information

Lebed Nikita Igorevich, Doctor of Engineering Sciences, Professor of the Department of Power Supply and Energy Systems, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), e-mail: nik8872@yandex.ru

Tseplyaev Aleksey Nikolaevich, Doctor of Agricultural Sciences, leading researcher at the Laboratory of Irrigation Systems and Watering Control, Department of Irrigation Technologies, All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture – branch of the Federal State Budgetary Institution "FSC VNIIGIM named after A. N. Kostyakov", (Russian Federation, 400002, Volgograd, Timiryazev St., 9), e-mail: can_volgau@mail.ru

Tokarev Kirill Evgenievich, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Department of Mathematical Modeling and Informatics, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), e-mail: tokarevke@yandex.ru

Khanin Yuri Ivanovich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of the Department of Power Supply and Energy Systems, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), e-mail: haninyu5@gmail.com

Fomin Sergey Denisovich, Professor of the Department of Mechanics, Doctor of Engineering I Sciences, Head of the Center for Scientometric Analysis and International Indexing Systems, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7910-9284>, e-mail: fsd_58@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-02-40

FORMATION AND DEVELOPMENT OF ENERGY AND ECOLOGY CONVERGENCE IN GREENHOUSE HORTICULTURE AS A NEW SCIENTIFIC FIELD AT THE INSTITUTE OF AGRICULTURAL ENGINEERING AND ENVIRONMENTAL PROBLEMS

Rakutko S. A.

*Institute for Engineering and Environmental Problems in Agricultural Production (IEEP) – branch of FSBSI FSAC VIM
Saint Petersburg, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: sergej1964@yandex.ru

Received 08.01.2024

Submitted 22.02.2024

Summary

The fruitfulness of the joint energy and ecological approach to greenhouse horticulture in obtaining scientific knowledge is revealed.

Abstract

Introduction. The issues of energy saving, ecology and light culture are priorities in the practice and scientific and technological development of the agro-industrial complex. The concept has been put forward that at the present stage it is advisable to talk about the energy ecology of horticulture (EEH) as a new complex scientific direction based on taking into account the flows of substances that form the energy and environmental indicators of an artificial bioenergy system. **Object** of the study is scientific activity and factors of scientific productivity of the specialized laboratory of the EEH of Institute for Engineering and Environmental Problems in Agricultural Production (IEEP). The study **aimed** to reveal the fruitfulness of the joint energy and ecological approach to greenhouse horticulture in obtaining scientific knowledge at the intersection of the mentioned subject areas. **The history of laboratory.** It is noted that the scientific tradition of the IEEP has always been characterized by increased attention to problems in these areas. The relevance of the study of the experience of the formation and development of the EEH laboratory was substantiated. **Materials and methods.** The study identified the main research areas with the biggest publication activity of the laboratory experts. The study included a comparative scientometrical analysis of publications in the laboratory and the institute. **Results and conclusions.** The study formulated the paradigm of energy and ecology convergence in greenhouse horticulture as a new scientific field. The paper cites the most important scientific results of the laboratory: energy saving and efficiency; the designing of phytoirradiators, greenhouse irradiation installations, instrumentation and metrological practices; developing a teaching technology of energy saving for professionals; setting up special experiments in greenhouse horticulture; identifying the properties of plants as elements of an ecosystem, their developmental stability, bioindication issues; applied theory of energy saving, artificial bioenergy system; energy and eco-friendliness of greenhouse horticulture, energy and ecological auditing. The study revealed the important role of the institute in establishing and developing the energy and ecology convergence in greenhouse horticulture as a scientific field. An important organizational