

Научная статья
УДК 621.3.
DOI 10.54697/24158666_2022_01_18

РАЗРАБОТКА ПРИБОРОВ КОНТРОЛЯ ВЛАЖНОСТИ ЗЕРНА

Каландаров Палван Искандарович¹✉, Мукимов Зиёвиддин Маъмурович²
Файзуллаев Аброр Назруллаевич²

18

¹ Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства, Национальный исследовательский университет, г. Ташкент, Республика Узбекистан eest_uz@mail.ru✉, orcid.org/0000-0002-8199-7484

² Ташкентский аграрный университет г. Ташкент Республика Узбекистан:

Аннотация. В статье рассматриваются проблемы контроля влажности в процессе гидротермической обработки подготовки зерна и направлена на изменение технологических свойств для создания оптимальных решений его переработки в готовый продукт в условиях АО "GALLA - ALTEG". Анализируются факторы, влияющие на эффективность гидротермической обработки, обсуждаются технические базисы повышения эффективности технологии хранения и переработки зерна и приборное обеспечение контроля в влажности в составе АСУТП.

Ключевые слова: зерно, влажность, гидротермическая обработка, отволаживание, контроль влажности, измерительный прибор, технологический процесс.

Для цитирования: Каландаров П. И., Мукимов З. М., Файзуллаев А. Н. Разработка приборов контроля влажности зерна / П. И. Каландаров, З. М. Мукимов, А. Н. Файзуллаев // Агрофорсайт. 2022. № 1— Саратов: ООО «ЦеСАин», 2022. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). – Загл. с этикетки диска.

Благодарности: -----

Финансирование: исследование проводилось за счет собственных средств.

© Каландаров Палван Искандарович,
Мукимов Зиёвиддин Маъмурович,
Файзуллаев Аброр Назруллаевич

DEVELOPMENT OF GRAIN MOISTURE MONITORING DEVICES

Palvan I. Kalandarov¹✉, Zieviddin M. Mukimov², Abror N. Fayzullaev²

¹ Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers, National Research University, Tashkent, Republic of Uzbekistan, eest_uz@mail.ru✉,

orcid.org/0000-0002-8199-7484

² Tashkent Agrarian University, Tashkent, Republic of Uzbekistan

Abstract. *The article deals with the problems of humidity control in the process of hydrothermal processing of grain preparation and is aimed at changing technological properties to create optimal solutions for its processing into a finished product in the conditions of JSC "GALLA-ALTEG". The factors influencing the efficiency of hydrothermal treatment are analyzed, technical bases for improving the efficiency of grain storage and processing technology and instrumentation for humidity control as part of the automated process control system are discussed.*

Keywords: *grain, humidity, hydrothermal treatment, cooling, humidity control, measuring device, technological process.*

For citation: Palvan I. Kalandarov , Zieviddin M. Mukimov & Abror N. Fayzullaev (2022) Development of grain moisture monitoring devices / Palvan I. Kalandarov, Zieviddin M. Mukimov & Abror N. Fayzullaev // Agroforesight. 2022. No. 1- Saratov: LLC "Center for Social Agroinnovations of SGAU", 2022. - 1 electron. wholesale disc (CD-ROM). - Title from the disc label. (In Russ.)

Acknowledgments:-----

Financing: the research was carried out on the initiative and at the expense of the authors

©Palvan I. Kalandarov,
Zieviddin M. Mukimov, Abror N. Fayzullaev

Введение

Сегодня одна из главных задач зерноперерабатывающих предприятий рациональное использование зерна, получение максимальной качественной продукции [1]. Одним из его технологических параметров при переработке зерна и зерновых продуктов является влажность. Влажность — это основной технологический параметр зерновых материалов, которое контролируется на всех этапах производства [2].

Содержание влаги в зерне, превышающее установленную норму, то зерно начинает быстро портиться, а количество полезных веществ в нем резко уменьшается. Технологические процессы переработки зерна предусматривают контроль и регулирование влажности на всех этапах, начиная с заготовки сырья, до складирования и отгрузки готовой продукции [3].

Проведенные нами исследования были направлены на изучение влажности зерна в процессе отволаживания в условиях АО "GALLA-ALTEG" (Республика Узбекистан), где общая переработка зерна в сутки составляет 400 тонн. Зерно в АО "GALLA-ALTEG", поступает из разных регионов республики по разным её качествам [4].

Цель работы: разработка приборов контроля влажности зерна высокочастотным методом и реализация на его основе системы контроля влажности зерна и продуктов его переработки при гидротермической обработке зерна в технологическом процессе.

В соответствии с поставленной целью в работе решаются ряд задач в процессе которого решаются работы в отдельных технологических устройствах, а также в некоторых узлах проводятся исследование и испытания разработанного опытного модуля измерительного устройства (влагомера) измерения влажности зерна при отволаживании.

Научная новизна работы заключается в выборе метода и синтеза на её основе прибора контроля влажности зерна и продуктов их промышленной переработки. Разработана методология проведения исследования зависимости электрофизических параметров (диэлектрической проницаемости) от влажности в высокочастотных электромагнитных полях.

Материалы и методы исследования

В настоящее время существует большое количество методов определения влажности. Однако единого мнения о превосходстве одного из них над другими не сформировано. В связи с этим практически все известные на мировом рынке производители влагомеров в ходе разработки стараются охватить в своём производстве несколько комбинированных методов измерений. Это связано с чрезвычайно большим количеством разнородных материалов, влажность которых необходимо контролировать в различных диапазонах измеряемых значений, с требуемой точностью, быстродействием и конструктивным исполнением удобного для использования [5].

Однако, во многих случаях большинство предприятий зерноперерабатывающей промышленности по-прежнему использует термогравиметрический метод, т.е. метод высушивания, которые разрабатывались ещё до 1990 года [6]. Этот метод является стандартным методом, которое имеет свои преимущества, как по точности, так по погрешности (погрешность, находится в пределах $\pm 0,3\%$). Но для оперативного получения результатов, данный метод не может быть использован, а также и для градуировки приборов контроля влажности [7].

Проведенный анализ литературных источников [8-18] в области влагометрии еще раз подтвердил о том, что анализ существующих систем самого технологического процесса, еще не в полной мере отвечает требованиям при выпуске конкурентоспособной продукции, и главное как энергосбережение, так и энергоэффективности. В качестве основных методов исследования применен высокочастотный (диэлькометрический) метод основанная электрофизическими характеристиками зерна и её удельной проводимости и диэлектрической проницаемости. Для реализации данного метода в системе отволаживания необходимо решить ряд малоизученных, а также недостаточно исследованных задач:

1. Для измерения влажности зерна в процессе отволаживания и управление процессом ГТО, требуется научное обоснования выбора диэлькометрического метода контроля.

2. Провести исследование регулирования расхода воды и режимов отволаживание.

3. Провести сравнение результатов исследований, как в обычном режиме, так и в автоматизированной системе контроля влажности в технологических процессе гидротермической обработки (ГТО), что позволяют реализовать стабильность режима для размольного отделения.

4. Научное обоснование увеличение эффективности использование сырьевых ресурсов, а также оборудование при стабильном режиме работы процесса.

6. Показать качество конечного продукта за счет точного соблюдения технологических параметров при использовании новых методов применения приборов в составе АСУТП.

Основная часть. Анализ состояние проблемы и пути их решения

Переработка зерна в АО "G'ALLA-ALTEG" осуществляется в следующей последовательности: с элеватора в зерноочистительное отделение поступает зерно-пшеница стекловидностью до 48-50%, влажностью 10-12%. После очистки сорные примеси подвергается гидротермическая обработка в двух этапах, увлажнение с суточными отволаживанием 24 часа, а также при необходимости увлажнения перед I драной системой.

Влажность, измеренная в лаборатории при средней влажности порядка 12%, пропускает её через моечную машину. Время отволаживание для местного зерно составляет порядка 24 часа, размер закрома для отволаживание составляет 2x2x16м. Зерно после моечной машины транспортируется в закромах для отволаживание. Первый этап отволаживание длиться порядка 12 часов, влажность зерна достигает порядка до 13-13,5 %.

В качестве отволаживания зерна применен статический метод отволаживание. Оно принята с целью регулирования расхода воды для последующих этапов отволаживание. Отличительные особенности выбранного способа заключается в том, что вариация влажности зерна в потоке меньше, чем динамическом способе. Расчеты показывают, что расход воды после первого отволаживания составляет порядка 1400 литров, что на 400-600 литров меньше, чем при динамическом способе. Технологическая схема скоростного способа гидротермической обработки зерна представлена на рис.1.

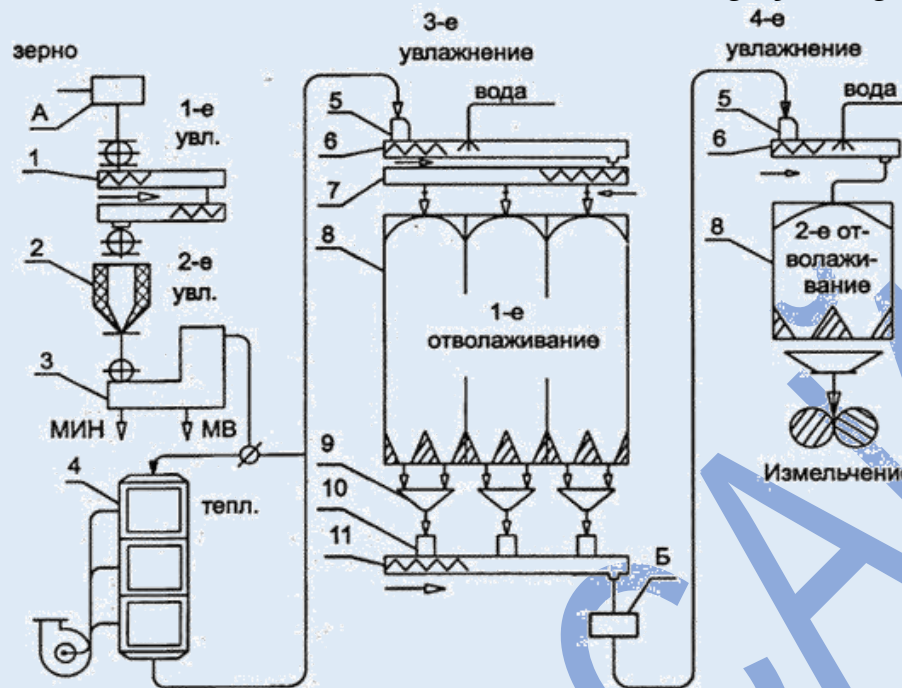


Рисунок 1. Технологическая схема гидротермической обработки зерна:

Влажность зерна является одним из важных контролируемых параметров и является одним из основных факторов, определяющих возможность длительного хранения без порчи и потерь этих материалов. Всхожесть семенных материалов в большой мере зависит от их влажности в процессе хранения. При переработке зерна от его влажности зависят сопротивление измельчению и, следовательно, удельный расход энергии и производительность мельничного оборудования, а также величина влажности зерна учитывается при сдаче и приемке, так как от нее зависит их чистый вес, т. е. действительная стоимость.

Результаты исследования

Реализация инновационного процесса исследований изучены научные основы направленные при гидротермической обработке зерна и изменение его исходных технологических свойств для стабилизации и поддержания их на оптимальном уровне для дальнейшего процесса переработки зерна в конечную продукцию – муку или крупу.

При гидротермической обработке зерна необходимо регулировать по влажности, с целью в процессе подготовки зерна к размолу в муку и придать ему свойства, которое в наибольшей степени способствуют получению нужных результатов. Для реализации этих цели нами синтезирован опытный образец прибора контроля влажности, обеспечивающий измерение влажности в дискретном технологическом режиме при гидротермической обработке зерна со следующими метрологическими характеристиками:

1. **Диапазон измерения влажности.** 8...18,5%;
2. **Погрешность измерения:** 1 – 1,5%;
3. **Скорость измерения.** 0,5 ... 1,0 с.
4. **Диапазон рабочей температуры** $\pm 5 \dots +50 \text{ } ^\circ\text{C}$
5. **Рабочий режим:** дискретно-непрерывный

6. Типы выходных интерфейсов: (4...20мА, MODBUS RTU).

Обсуждение

Первичные измерительные преобразователи влажности являются основным элементом АСУ ТП, который обеспечивают информационную связь с конкретными характеристиками исследуемого объекта, и в большой степени определяет качества и надежность работы измерительного тракта. Влажность – один из основных технологических параметров промышленных систем контроля и управления, подлежащих непрерывному или дискретному измерению либо контролю в составе современных АСУТП контактными или бесконтактными методами [19].

23 Построение на основе инновационного решения и полученных экспериментальных результатов электрической модели первичного измерительного преобразователя, с оптимальной аппроксимацией реальных характеристик исследуемых материалов позволяет реализации полученных данных путем разработки приборов контроля влажности зерна в процессе гидротермической обработке и их испытании в лабораторных и производственных условиях на АО“G’ALLA-ALTEG”[20].

Степень реализации: выбранный высокочастотный метод контроля влажности зерна и разработанный на её основе опытный прибор контроля влажности испытан в лабораторных условиях кафедры Автоматизация и управление технологическим процессом и производством ТИИИМСХ.

Полученные результаты соответствуют установленным требованиям и нормам при гидротермической обработке зерна АО“G’ALLA-ALTEG”.

Выводы

На основе выполненных исследований и инженерных расчетов синтезирован опытный образец прибора для контроля влажности зерна для технологического процесса, с электрической моделью первичного измерительного преобразователя, и измерительные схемы обеспечивающую приемлемую аппроксимацию реальных частотно-влажностных характеристик в диапазоне высоких частот.

Основная конструкция и технико-эксплуатационные показатели разработанного опытного прибора контроля влажности при гидротермической обработке зерна обеспечивает необходимое измерение влажности в дискретном режиме. Применение устройств контроля с использованием высокоточных измерителей влажности зерна основанные на высокочастотном методе, обеспечивающий оперативный контроль влажностного состояния зерна в бункере отволаживания, что позволяет стабилизировать выходную влажность зерна, следовательно, добиться оптимальных помольных свойств партии.

Подводя итоги, можно резюмировать, что применение автоматизированной системы увлажнения с использованием высокоточных измерителей влажности зерна основанные на диэлькометрическом методе, обеспечивающий оперативный контроль влажностного состояния зерна в бункере отволаживания, что позволяет стабилизировать выходную влажность зерна, следовательно, добиться оптимальных помольных свойств партии, что дает существенный экономический эффект и быструю окупаемость затраченных средств.

Список источников

1. Гидротермическая обработка зерна риса. <https://hipzmag.com/tehnologii/pererabotka/gidrotermicheskaya-obrabotka-zerna-risa/> (дата обращения: 18.12.2021).
2. Подгорный, Сергей Александрович. Автоматизация контроля и управления холодным кондиционированием зерна перед помолом. Автореф. дис.канд.техн.наук. Специальность 05.13.06 - Автоматизация технологических процессов. Краснодар. 2005. 24 с.
3. Каландаров П.И., Мукимов З.М. Приборное обеспечение контроля влажности при гидротермической обработке зерна и продуктов его переработки. Приборы. - 2020. - №11. С.16-21.
4. Каландаров П.И., Логунова О. С., Андреев С.М. Научные основы влагометрии. Монография / Ташкент, 2021. 174 с.
5. Kalandarov P.I., Iskandarov B.P. Physicochemical measurements: measurement of the moisture content of brown coal from the Angrensk deposit and problems of metrological assurance Measurement Techniques. 2012. Т. 55. № 7. С. 845-848. DOI: 10.1007/s11018-012-0049-1
6. Kalandarov P.I., Mukimov Z.M., Logunova O.S. Anaiysis of hydrothermal features of grain and instrument desulphurization of moisture control. Technical Science and Innovation. 2020. № 1. С. 117-123.
7. Kalandarov, P.I. Estimate of Precision of Thermogravimetric Method of Measuring Moisture Content: Estimate of Precision and Effectiveness Gained with the Use of the Method in the Agro-Industrial Complex. Measurement Techniques, Vol. 64, No. 6, September, 2021. DOI 10.1007/s11018-021-01963-9
8. Орловцева О. А., Игнатенко Н. А., Клейменова Н. Л. Изучение влияния внешних условий на процесс хранения зерна // Вестник ВГУИТ.2016. № 4. С. 36–40. doi:10.20914/2310-1202-2016-4-36-40.
9. Unterwieser, H. Influence of moisture content of wood on sound velocity and dynamic MOE of natural frequency- and ultrasonic runtime measurement / H. Unterwieser, G. Schickhofer // European Journal of Wood and Wood Products. – 2010. – V. 56(2). – P. 107–114.
10. Исмагуллаев, П. Р. Разработка автоматических влагомеров для продуктов агропромышленного комплекса / П. Р. Исмагуллаев, Г. М. Шертайлаков, Ж. Х. Кудратов, А. А. Абдурахманов. // Молодой ученый. 2016. № 4 (108). С. 44-46.
11. Ананьев, И. П. Возможности повышения точности емкостных влагомеров зерна со свободной засыпкой пробы на основе автогенераторной двухкомпонентной диэлькометрии / И. П. Ананьев, А. В. Белов, В. С. Зубец // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2009. – № 2. – С. 47–52.
12. Горлов, М. И. Датчик влажности поверхностно-конденсационного типа / М. И. Горлов, Н. А. Шишкина, Е. П. Самцов // Датчики и системы. – 2010. – № 6. – С. 45–49.
13. Wang, J. Nondestructive testing method of wood moisture content based on a planar capacitance sensor model / J. Wang, Y.-S. Luo, S.-G. Liu // Forestry Studies in China. – 2010. – V. 12(3). – P. 142–146.
14. Schajer, G. S. Measurement of wood grain angle, moisture content and density using microwaves / G. S. Schajer, F. Bahar Orhan // European Journal of Wood and Wood Products. – 2006. – V. 64(6). – P. 483–490.
15. Tanaka, T. Evaluation of moisture content distribution in wood by soft X-ray imaging / T. Tanaka, S. Avramidis, S. Shida // Journal of Wood Science. – 2009. – V. 55(1). – P. 69–73.
16. Yang, L. Deliquescence Relative Humidity Measurements Using an Electrical Conductivity Method / L. Yang, R. T. Pabalan, M. R. Juckett // Journal of Solution Chemistry. – 2006. – V. 35(4). – P. 583–604.
17. Zhang, Y. Moisture Content Measurement for Green Tea Using Phase Shifts at Two Microwave Frequencies / Y. Zhang, S. Okamura // Subsurface Sensing Technologies and Applications. – 2000. – V. 1(4). – P. 489–496.
18. Chen, Z. Properties of Dielectric Ring Resonator and Application to Moisture Measurement / Z. Chen, S. Okamura // Subsurface Sensing Technologies and Applications. – 2002. – V. 3(3). – P. 203–216.
19. Каландаров П.И., Макаров А.М., Аралов Г.М. Особенности автоматизированного измерения влажности зерновых культур в полевых условиях. Известия Волгоградского государственного технического университета. 2021. № 1 (248). С. 60-63. DOI: 10.35211 / 1990-5297-2021-1-248-60-63
20. Каландаров П.И. Проектирования приборов контроля влажности зерна и зернистых материалов. В книге: Актуальные проблемы современной науки, техники и образования. Тезисы докладов 79-й международной научно-технической конференции. 2021. С. 325-326.

References

1. Hydrothermal processing of rice grains.
<https://hipzmag.com/tehnologii/pererabotka/gidrotermicheskaya-obrabotka-zerna-risa/> (date of address: 12.18.2021). (In Russ.).
2. Podgorny, Sergey Alexandrovich. Automation of control and management of cold conditioning of grain before grinding. Abstract.dis.....Candidate of Technical Sciences. Specialty 05.13.06 - Automation of technological processes. Krasnodar. 2005. 24 p. (In Russ.).
3. Kalendarov P.I., Mukimov Z.M. Instrumentation for humidity control during hydrothermal processing of grain and its processed products. Instrumentation. - 2020. - No. 11. pp.16-21. (In Russ.).
4. Kalendarov P.I., Logunova O.S., Andreev S.M. Scientific foundations of moisture measurement. Monograph / Tashkent, 2021. 174 p. (In Russ.).
5. Kalendarov P.I., Iskandarov B.P. Physicochemical measurements: measurement of the moisture content of brown coal from the Angrensk deposit and problems of metrological assurance Measurement Techniques. 2012. T. 55. № 7. C. 845-848. DOI: 10.1007/s11018-012-0049-1 6.
6. Kalendarov P.I., Mukimov Z.M., Logunova O.S. Analysis of hydrothermal features of grain and instrument desulphurization of moisture control. Technical Science and Innovation. 2020. № 1. C. 117-123.
7. Kalendarov, P.I. Estimate of Precision of Thermogravimetric Method of Measuring Moisture Content: Estimate of Precision and Effectiveness Gained with the Use of the Method in the Agro-Industrial Complex. Measurement Techniques, Vol. 64, No. 6, September, 2021. DOI 10.1007/s11018-021-01963-9
8. Orlovtsseva O. A., Ignatenko N. A., Kleimenova N.L. Study of the influence of external conditions on the grain storage process // Messenger VGUI. 2016. No. 4. S. 36-40. doi:10.20914/2310-1202-2016-4-36-40. (In Russ.).
9. Unterwieser, H. Influence of moisture content of wood on the sound velocity and dynamic MOE of natural frequency and ultrasonic measurement runtime / H. Unterwieser, G. Schickhofer // European Journal of Wood and Wood Products. – 2010. – V. 56(2). – P. 107-114.
10. Ismatullaev, P. R. Development of automatic moisture meters for products of the agro-industrial complex / P. R. Ismatullaev, G. M. Shertailakov, J. H. Kudratov, A. A. Abdurakhmanov. // Young scientist. 2016. No. 4 (108). pp. 44-46. (In Russ.).
11. Ananyev, I. P. Possibilities of improving the accuracy of capacitive grain moisture meters with free sample filling based on autogenerator two-component dielmetry / I. P. Ananyev, A.V. Belov, V. S. Zubets // Devices and systems. Management, control, diagnostics. – 2009. – № 2. – C. 47–52. (In Russ.).
12. Gorlov, M. I. Humidity sensor of surface condensation type / M. I. Gorlov, N. A. Shishkina, E. P. Samtsov // Sensors and systems. – 2010. – № 6. – C. 45–49. (In Russ.).
13. Wang, J. Nondestructive testing method of wood moisture content based on a planar capacitance sensor model / J. Wang, Y.-S. Luo, S.-G. Liu // Forestry Studies in China. – 2010. – V. 12(3). – P. 142–146.
14. Schajer, G. S. Measurement of wood grain angle, moisture content and density using microwaves / G. S. Schajer, F. Bahar Orhan // European Journal of Wood and Wood Products. – 2006. – V. 64(6). – P. 483–490.
15. Tanaka, T. Evaluation of moisture content distribution in wood by soft X-ray imaging / T. Tanaka, S. Avramidis, S. Shida // Journal of Wood Science. – 2009. – V. 55(1). – P. 69–73.
16. Yang, L. Deliquescence Relative Humidity Measurements Using an Electrical Conductivity Method / L. Yang, R. T. Pabalan, M. R. Juckett // Journal of Solution Chemistry. – 2006. – V. 35(4). – P. 583–604.
17. Zhang, Y. Moisture Content Measurement for Green Tea Using Phase Shifts at Two Microwave Frequencies / Y. Zhang, S. Okamura // Subsurface Sensing Technologies and Applications. – 2000. – V. 1(4). – P. 489–496.
18. Chen, Z. Properties of Dielectric Ring Resonator and Application to Moisture Measurement / Z. Chen, S. Okamura // Subsurface Sensing Technologies and Applications. – 2002. – V. 3(3). – P. 203–216.
19. Kalendarov P.I., Makarov A.M., Aralov G.M. Features of automated measurement of grain moisture in the field. Proceedings of the Volgograd State Technical University. 2021. No. 1 (248). pp. 60-63. DOI: 10.35211 / 1990-5297-2021-1-248-60-63. (In Russ.).
20. Kalendarov P.I. Designing devices for monitoring grain moisture and granular materials. In the book: Actual problems of modern science, technology and education. Abstracts of the 79th International Scientific and Technical Conference. 2021. pp. 325-326. (In Russ.).

Информация об авторах

Палван Искандарович Каландаров – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры Автоматизация и управление технологическим процессом и производством «Ташкентского института инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства» Национального исследовательского университета

Зиевиддин Маъмурович Мукимов – старший преподаватель кафедры Хранение и переработка сельскохозяйственной продукции, Ташкентского государственного аграрного университета

Файзуллаев Аббор Назруллаевич – магистр Ташкентского аграрного государственного университета

Information about the author

Palvan Iskandarovich Kalandarov - Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Automation and Control of Technological Process and Production of the Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers of the National Research University

Zieviddin Mamurovich Mukimov - Senior Lecturer of the Department of Storage and Processing of Agricultural Products, Tashkent State Agrarian University

Fayzullaev Abror Nazrullayevich - Master of Tashkent Agrarian State University

Вклад авторов:

Каландаров П.И. – научное руководство; концепция исследования; развитие методологии; участие в разработке программного обеспечения и их реализации; написание исходного текста; итоговые выводы.

Мукимов З.М. – участие в проведение экспериментов и их обобщение; подготовка материалов к сдаче в редакцию.

Файзуллаев А.Н. – подготовка чертежей, участие в экспериментах.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors:.

Kalandarov P.I. - scientific guidance; research concept; development of methodology; participation in the development of curricula and their implementation; writing the source text; final conclusions.

Mukimov Z.M. - participation in conducting experiments and their generalization; preparation of materials.

Fayzullaev A.N. - preparation of drawings, participation in experiments.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 18.12. 2021 г; одобрена после рецензирования 30.12.2022 г; принята к публикации 30.12.2021 г

The article was submitted 18.12.2021 г; approved after reviewing 30.12.2021 г; accepted for publication 30.12.2021