

МЕЖДУНАРОДНАЯ АКАДЕМИЯ АГРАРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОЕ РЕГИОНАЛЬНОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
МЕЖДУНАРОДНОЙ АКАДЕМИИ АГРАРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Индекс К0292 в каталоге «Почта России. Персональная подписка»

ИЗВЕСТИЯ

Международной академии аграрного образования

Выпуск № 65 (2023)

Выходит 4 раза в год

Материалы Международной научно-практической конференции «Проблемы продовольственной безопасности» (EPFS 2023), состоявшейся 19-21 января 2023 г. на площадке УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»

Данный выпуск журнала «Известия МААО» выпущен при спонсорской поддержке Ирины Сергеевны Ларионовой, Почетного Президента МААО, доктора философских наук, профессора, почётного работника высшего профессионального образования Российской Федерации, почётного профессора Костанайского инженерно-экономического университета им. М. Дулатова (Р. Казахстан).

Санкт-Петербург
2023

К ВОПРОСУ АНАЛИЗА АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ ЗЕРНА И ЗЕРНОПРОДУКТОВ

Б.С. Мирзаев, д-р техн. наук, профессор, ректор

Контактная информация: (тел., mail): +998 712-37-09-45, bahadir.mirzaev@tiame.uz

П.И. Каландаров, академик МААО, д-р техн. наук, профессор кафедры «Автоматизация и управление технологическим процессом»

Контактная информация (тел., e-mail): +998935552552, eest_uz@mail.ru

Национальный исследовательский университет «Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства» (г. Ташкент, Р. Узбекистан)

Г.И. Икромов, главный инженер ГИПА, заслуженный изобретатель и рационализатор Узбекистана, Республиканский проектный институт «УзИнжиниринг» при Кабинете Министров Республики Узбекистан (г. Ташкент, Р. Узбекистан)

Контактная информация (тел., e-mail): +998909401880, gani.ikramov2022@mail.ru

ВВЕДЕНИЕ. В настоящее время особое внимание уделяется разработке и использования автоматизированных средств контроля и управления качеством продукции промышленных предприятия и агропромышленного комплекса. В свою очередь, это требует углубленной переработки сельскохозяйственного сырья, а также его хранения с ориентацией на выпуск конкурентоспособной готовой продукции. Реализация этой проблемы требует широкой технической реконструкции предприятий агропромышленного комплекса, направленной на создание автоматизированных систем управления для хранения зерна и зернопродуктов и внедрение средств, обеспечивающих получение продукции заданного качества.

Поэтому получение и использование экспрессной информации о влажности при хранении зерна и продуктов их переработки – необходимое условие реализации эффективных систем автоматического контроля и управления, и создания условия для протекания технологических процессов в оптимальных режимах с максимальным выходом высококачественной готовой продукции.

В связи с этим, вопросы создания автоматизированных систем управления для хранения зерна и зернопродуктов (АСУ ТП), для интегрированных автоматизированных систем контроля и управления технологическим процессом, отличаются особой актуальностью.

Решение этой проблемы требует проведения глубоких теоретических и экспериментальных исследований с целью разработки концептуальных вопросов теории и практики создания автоматизированных систем управления для хранения зерна и зернопродуктов [1–5].

Имеющиеся в эксплуатации многоструктурные подразделения хранения зерна не исчерпывают проблем предприятий зерноперерабатывающей отрасли и, тем не менее, требуют научного обоснования сроков длительного хранения зерна.

Анализ ряда научных исследований [6–10], направленных на изучение хранения зерна, исследует их сроки хранения как в сухом, так и в охлажденном состоянии, с учётом их засоренности. Это все позволит расширить знания о зерне как объекте хранения и в дальнейшем применять автоматизированную систему управления для длительного его хранения.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Рассмотрим методы аэрации и вентилирования, которые широко используются при хранении зерна. Метод аэрации – пассивное или принудительное проветривание хранилища с зерновой массой, с целью очищения воздуха, оздоровления зерна от продуктов распада и для дыхания зерна.

Этот метод рекомендован, когда зерно хранится насыпью в наземных зерноскладах, в которых отсутствует активная вентиляция, и осуществляется контроль состояния равновесной влажности зерна, особенно в верхних слоях насыпи.

Метод вентилирования основан на прохождении воздуха через зерновую насыпь. Он повышает качество зерна и ускоряет его созревание.

В последнее время многие зернохранилища в Республике Узбекистан оборудованы экспрессными приборами для измерения влажности как при приёмке зерна, так и при их хранении, а также системами контроля температуры микроклимата, в результате чего появляется возможность отслеживания процесса хранения зерна, зафиксировать все процессы изменения в зернохранилище и принять соответствующие меры устранения и отклонения от норм.

Большинство элеваторов в обязательном порядке предусматривают активную вентиляцию в силосах при хранении зерна. Контроль за качеством зерна ведется на всех этапах, начиная от сбора, до отправки к потребителю. Собранный урожай зерна необходимо очистить и сушить, чтобы сохранить качество зерна. При этом оптимальная влажность в помещении не должна превышать 10–12 %, а максимальная температура для длительного хранения – не должна превышать от +10 до +12 °С.

Хранение зерна на основе применения автоматизированных систем управления.

При хранении зерна и зернопродуктов необходимо контролировать различные параметры, основными из которых являются влажность и температура. В частности, контроль температуры в зерновых насыпях необходим для управления качеством зерна и потерями из-за самосогревания.

Различные типы измерительных приборов используются для мониторинга влажности и температуры, а также для выявления различных горячих точек, возникающих при повышении температуры при хранении зерна и зернопродуктов. Измерительные приборы, используемые для этих целей, требуют высокой чувствительности и низкой погрешности измерений.

Контроль влажности и температура зерна относятся к сложным системным объектам. На рис. 1 представлена структурная схема централизованной АСУ ТП. Информация об объекте управления поступает в виде сигналов с многочисленных датчиков температуры и влажности.

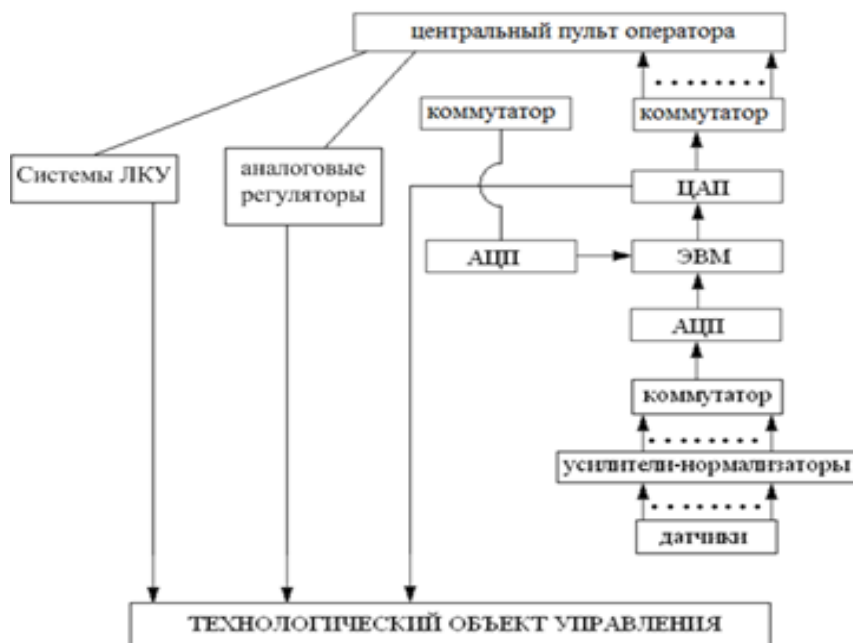
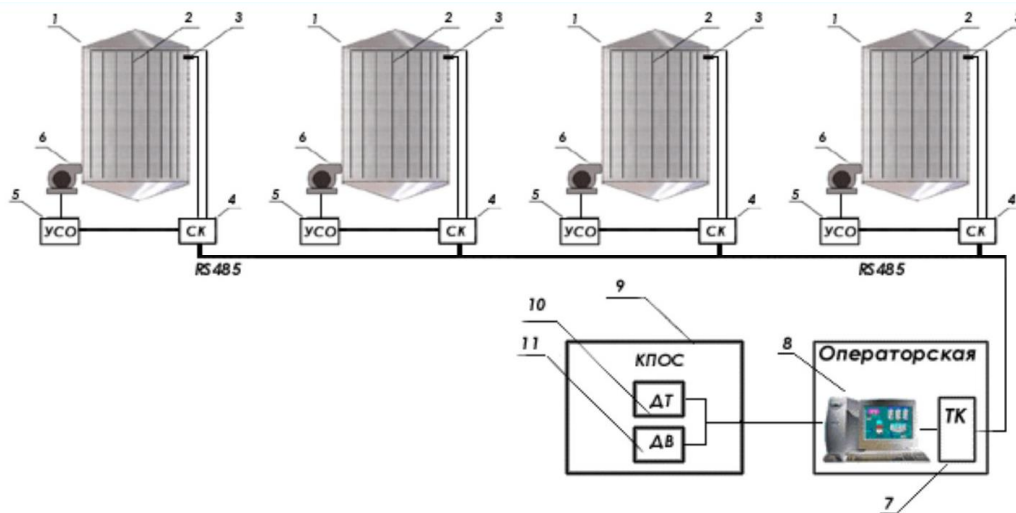


Рис. 1. Структура централизованной АСУ ТП

Успешное регулирование и управление АСУ ТП зависит от количества датчиков, установленных в силосах, причём основной вопрос – это распределение измерителей в зерне, которые имеют возможность передачи информации о возникновении различных очагов согревания в зерновой массе. Ряд исследователей, по результатам своих работ [13–14], предлагает различные параметры точности измерений, контроля и в рассматриваемой зерновой массе. Например, исследователи считают, что погрешность измерения, например температуры зерна и зерновой массы, должна быть в пределах ± 1 °С, при интервалах термоподвесок по вертикали, которые должны быть в пределах не более 1,5 метров.

Обычно самосогревания в начале проявляется в верхнем слое зерна, обычно при температуре $+35\text{ }^{\circ}\text{C}$. Опасность самовозгорания начинается на 7–10 сутки времени, когда температура понижается до $+50\text{--}55\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Зерно хранится в элеваторных силосах с высотой слоя зерна до 40 м. Как правило, в таких силосах хранится сухое зерно. Влажное зерно может храниться в течение короткого периода времени, но только если силос оборудован системой активной вентиляции и зерно созрело после сбора урожая. Такое силосное хранение позволяет лучше использовать объем здания, чем напольное хранение, а система хранения – отлично подходит для механизированных и автоматизированных операций (рис. 2).



1 – элеватор; 2 – термоподвеска; 3 – сенсор уровня; 4 – контроллер; 5 – оборудование связи с объектом; 6 – блок вентиляции; 7 – контроллер основного процесса; 8 – операторская с компьютером; 9 – блок окружающей среды; 10, 11 – сенсоры температур и влажности

Рис. 2. Схема зернохранилища

Существующая система управления прибором состоит из основного контроллера, а также из станции распределенного ввода–вывода интерфейсного модуля, составляющую единую сеть, которая подключена к контроллеру (рис. 2).

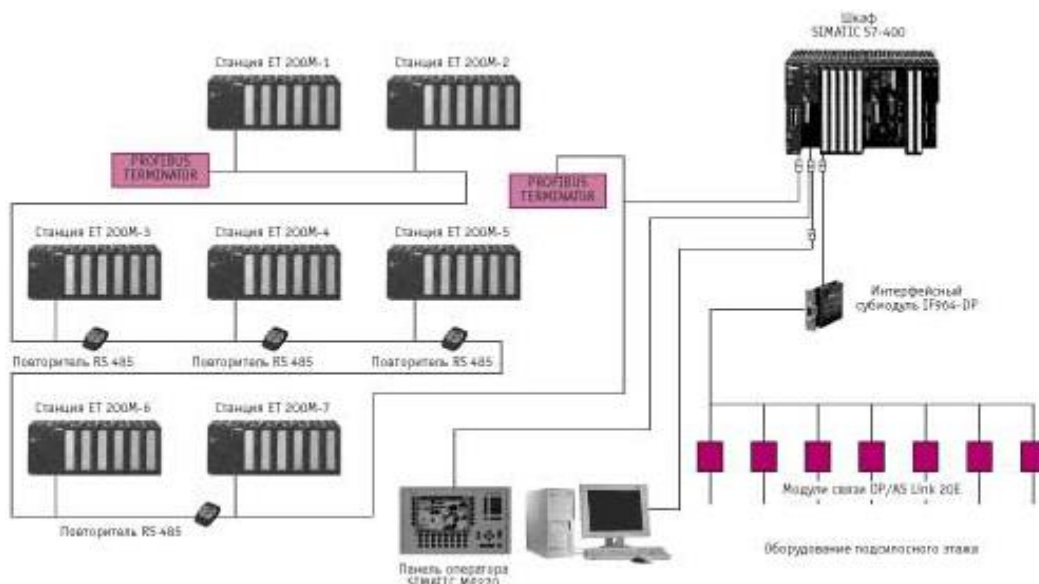


Рис. 3. Структурная схема автоматизированной системы управления технологическим процессом силоса-элеватора

Здесь общим элементом систем контроля температуры является термоподвеска, установленная в подъемном бункере. Термоподвески состоят из медных термисторов, обычно в количестве 56 штук. Погрешность измерения температуры зерна в этих системах находится в пределах $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Исходя из анализа систем зернохранилищ многие элеваторы сейчас должны начинать замену устаревшего парка термоподвесок, это обусловлено тем, что на современных предприятиях при хранении зерна должны строго поддерживать нужную температуру, при этом она должна быть представлена оператору через компьютерные системы.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ. Рассмотрим ряд реализованных проектов предприятий в Узбекистане по автоматизации процесса хранения зерна. Общей технической задачей при автоматизации хранения зерна и зернопродуктов в силосах является контроль температур и влажности зерновой массы для анализа состояния качества и потерь зерна из-за самоогревания. Для этого в системе хранения зерна и контроля температуры, в промышленных условиях АО «Галла-Алтег» в г. Ташкенте, автоматизированная система управления элеватором состоит из шкафов управления технологическим оборудованием комплекса, системы температурного контроля (термометрия), автоматизированного рабочего места оператора (АРМ оператора), главного распределительного щита, щита станции управления системы автоматической локализации в нориях и щитов освещения.

Группа электрощитового оборудования используется для дистанционного управления механизмами комплекса и выполняет следующие функции:

- опрос сигнала с технологических датчиков силоса;
- дистанционное регулирование процесса сушки зерна;
- управление маршрутным оборудованием (клапана, задвижки).

Автоматическое рабочее место оператора – это набор программных средств для компьютера, которые служат для разработки и обслуживания системы сбора, обработки, отображения и архивирования информации в реальном времени по всем техническим процессам в комплексе.

Для совершенствования автоматизированной системы хранения зерна рассматриваемого варианта нами предлагается более оптимальный вариант. Основными компонентами системы являются шкаф автоматизации с контроллером питания и коммуникационным оборудованием, а также станция с набором модулей ввода/вывода с питанием и коммуникационным оборудованием.

Поэтому правильное хранение зерна, в соответствии с агротехническими требованиями, прописанными в нормативах и стандартах, гарантируют и определяют обеспечение постоянного оперативного контроля влажности и температуры зерна, а также влажности и температуры воздуха окружающей среды при его длительном хранении.

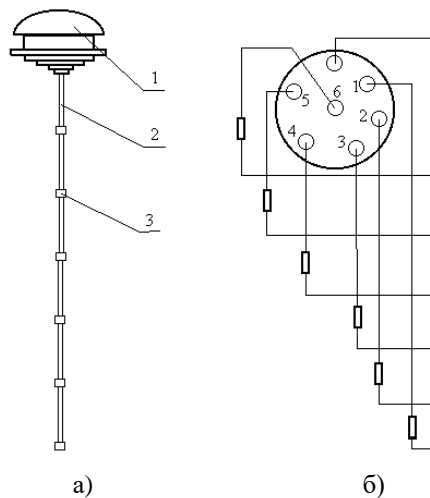
Как известно, современные автоматизированные системы управления имеют высокую степень интеллектуализации и могут охватить все стадии технологического процесса в различных отраслях производства. Важной частью этого является автоматизация комплексов по хранению и переработке зерна.

В автоматизированных информационно-измерительных системах используются различные современные приборы и устройства по измерению влажности и по контролю температуры (термоподвески и термошпаги), разрабатываемые у нас в стране и за рубежом. Через блоки опроса устройства для контроля влажности и температуры циклически опрашиваются управляющими контроллерами, к примеру, модели УК-01 или управляющим компьютером оператора.

АСУ ТП представляет собой разновидность сетевой системы управления, при которой подключение к периферийному оборудованию и датчикам влажности и температуры осуществляется через станцию управления – промышленный контроллер, подключенный к сети. При хранении зерна в хранилищах, силосах элеваторов чаще всего используют модели ТПРДГ, которые предназначены для систем контроля температуры зерна в качестве первичных преобразователей температуры рабочей среды в электрический сигнал. Принцип действия основан на свойстве медной проволоки изменять свое электрическое сопротивление с изменением температуры и относится к терморезистивным датчикам. Диапазон измеряемых температур от -30°C до $+50^{\circ}\text{C}$. Отметим, что увеличение температуры зерна до $+55-65^{\circ}\text{C}$ приводит

к полной потере всех его потребительских свойств и, соответственно, к значительным убыткам предприятия.

Конструктивно термоподвеска ТП-1М (рис. 4) содержит термопреобразователь сопротивления в защитном чехле и установочную коробку, которая является ее опорной частью.



а) Схема подвеса; б) Схема подключения; 1 – опорная головка; 2 – кабельный трос; 3 – термопреобразователь

Рис. 4. Термоподвеска ТП-1М

Авторами статьи предлагается подключение первичного преобразователя влажности, описанного выше в качестве закладного датчика, осуществлять также через клеммную колодку. В этом случае ЧЭ контроля температуры зерна и датчик влажности через пару двухпроводных электрических схем будут подключаться к действующей автоматизированной информационной системе контроля влажности и температуры зерновой массы в зернохранилище, с помощью которой можно провести замеры в течение 1 ч в более 1500 точках.

Рассматриваемая система контроля температуры зерна отвечает следующим требованиям:

- 1) Система имеет несколько режимов контроля:
 - Автоматическое измерение один раз в сутки;
 - Вывод данных с центрального пульта диспетчера осуществляется из базы данных результатов измерений;
 - "Ручной", при котором температура измеряется с помощью ручного прибора;
 - "Ручной" для диагностики неисправностей и настройки системы.
- 2) Контроль динамики измерения температуры в силосе.

В настоящее время выпускаются следующие марки термоподвесок: ТП-1М, ТПРДГ, ТП-001 и ТП-32. Достоинство анализируемой компьютеризированной системы контроля температуры зерна в силосе заключается не только в контроле текущей температуры, но и в прогнозировании тенденции их изменения во времени, благодаря компьютерной обработке результатов измерений.

Релейный модуль блока опроса представляет электронную панель в центре силоса, доступную с галереи. Датчики влажности измеряют относительную влажность и температуру воздуха между зерном и крышей силоса, и управляют запуском и остановкой вытяжного устройства на крыше для предотвращения образования конденсата на стенах и потолке силоса.

Рассматриваемые варианты АСУ ТП зерноперерабатывающей промышленности имеют возможность прогнозирования процесса нагрева зерна, что позволит автоматически управлять влажностью зерна. "Электронный сервер" компьютерной системы управления температурой, формирующий технологический маршрут внутри АСУ ТП зернохранилища, измерительная, вентиляционная и транспортная система, разработанные для реализации современных технологий в металлическом зернохранилище показаны на рис. 5.

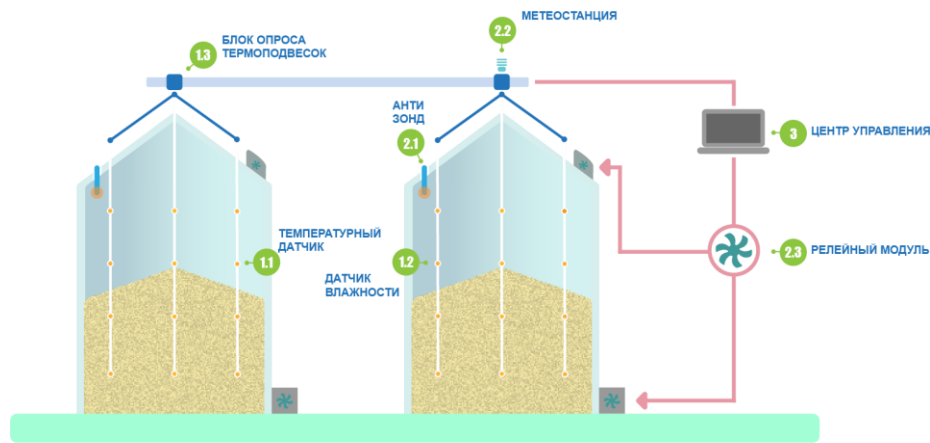


Рис. 5. Структурная схема расположения элементов автоматики при хранении зерна в элеваторах

ВЫВОДЫ. Автоматизация и ресурсосбережение являются важной, неотъемлемой частью интенсивных производственных технологий, это особенно относится к процессу хранения зерна в элеваторах, где влажность зерна и его температура являются неотложной важной задачей при их хранении. Внедрение автоматизированных систем управления при хранении позволит проектировать и реализовать единое информационное обеспечение в составе интегрированных АСУ ТП с одновременным обеспечением требуемой оперативности, точности и достоверности первичной производственно-технологической информации, циркулирующей под системой поддержки принятия управленческих решений.

Контроль контролируемых и управляемых параметров автоматизации при хранении и переработки зерна позволит синтезировать алгоритм, оценку и восстановление достоверности первичной информации о влажностных показателях зернистых материалов в режиме реального времени.

Внедрение АСУ ТП хранения и переработки зерна позволит дистанционно управлять всем оборудованием, экономить энергетические ресурсы, сохранять качество зерна, качественно подготовить зерно к размолу, улучшить условия работы, повысить производительность труда, персональную ответственность лиц за принятие решения, которые повлекут за собой огромные убытки.

Литература

1. Каландаров П.И. Научные основы влагометрии/ Каландаров П.И., Логунова О.С., Андреев С.М.// Монография. – Ташкент. 2021. – 174 с.
2. Зимин Е.М., Волхонов М.С., Зимин И.Б. Результаты лабораторных исследований работы охладителя зерна аэрожелобного типа. Актуальные проблемы инженерного обеспечения АПК// Сборник научных трудов международной конференции. – Ярославль, 2004. –Т3. – С. 58–62.
3. Савосин С.И. Автоматизация контроля влажности зерна и воздуха при его хранении/ Савосин С.И., Солдатов В.В.// Вестник ФГОУ ВПО «МАГУ им. В.П. Горячкина». Агроинженерия, 2008. – Вып. №3 (28). – С. 28–30.
4. Гуляев Г.А. Автоматизация послеуборочной обработки и хранения зерна. – М.: Агропромиздат, 2003. – 324 с.
5. Каландаров П.И., Икрамов Г.И. Автоматизация процесса мониторинга влажности, температуры зерна и воздуха в хранилищах мелькомбинатов// Электронный периодический научный журнал SCI-ARTICLE.RU, 2022. – № 108. – сС. 50–62.
6. Астапенко Н.В., Кошеков К.Т. Автоматизация контроля технологического процесса хранения в зернохранилище с горизонтальными силосами. Мехатроника, автоматизация, управление. 2021; 22(9): 475–483. <https://doi.org/10.17587/mau.22.475-783>.
7. Костин А.М., Яблоков А.Е., Благовещенская М.М., Карелина Е.Б., Савосин С.Д. Использование распределенных автоматизированных систем для интеллектуального мониторинга оборудования зерноперерабатывающих предприятий/ Сборник научных докладов II Международной научно-практической конференции «Автоматизация и управление технологическими и бизнес-процессами в пищевой промышленности». – М., 2016. – С. 10–16.
8. Икрамов Г.И., Каландаров П.И. Измерение влажности зерна и зернопродуктов сверхвысокочастотным методом: влияние неоднородности по плотности зерна на массовое отношение влаги// Измерительная техника, 2022. – № 9. – С. 71–76.
9. Мырзабекова, А.М. Обзор современных систем для хранения зерновых культур// VI Научно-практическая конференция «Информационно-измерительная техника и технологии», 27–30 мая 2015 г. – С. 95–101.
10. Каландаров П.И., Икрамов Г.И., Мукумов З.М. «Высокочастотный ёмкостной влагомер сыпучих материалов». Патент Uz FAR 02103. Бюллетень Республики Узбекистан, № 10, от 31.10.2022.