DOI 10.25741 / 2413-287X-2022-10-2-185
УДК 664.724

ИННОВАЦИОННЫЙ СПОСОБ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕРМОПОДВЕСКИ В СИЛОСЕ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ЗЕРНА

В. ЛООЗЕ, ст. науч. сотр., **С. БЕЛЕЦКИЙ**, канд. техн. наук, ученый секретарь, ФГБУ НИИПХ Росрезерва
Б. АТОЯНЦ, заместитель директора, **В. ГУСЕВ**, главный инженер, ООО предприятие «Контакт-1»
E-mail: grain-miller@yandex.ru

В статье приводится принцип действия новой термометрической системы дистанционного контроля перемещения зерна (ТС ДКПЗ) в силосах элеваторов, созданной и апробированной на ООО «Рязаньэлеватор». Представлены результаты работы опытного образца термометрической системы ТС ДКПЗ и показана возможность ее использования для контроля перемещения зерна из силосов.

Ключевые слова: *термометрическая система, термоподвеска, силос, элеватор, контроль перемещения зерна.*

The principle of action of new thermometric system of distant control of grain transfer in the silos of grain elevators developed and tested by Ryazanelevator Co., Ltd. is highlighted. The data on the operation of a test model of the system are presented confirming the possibility of the use of the system for the control of the transfer of the grain from the silos.

Keywords: *thermometric system, distant temperature sensor, silo, elevator, control of grain transfer.*

Продовольственная безопасность государства обеспечивается, в частности, обязательным контролем резервных запасов продовольственного зерна в зернохранилищах. Контроль его количества на элеваторах, в том числе входящих в состав зерноперерабатывающих производств (мукомольные, крупяные и комбикормовые), также является важным для собственников предприятий. Применяемые в настоящее время стандартные подходы для предотвращения хищений — видеокамеры и охрана — не всегда являются достаточно эффективными, к тому же видеооборудование довольно дорогостоящее, а наблюдение зависит от человеческого фактора. Поэтому следует оснастить элеваторы механизмами сигнализации, контролирующими любые перемещения партий зерна.

С этой целью была разработана система дистанционного контроля перемещения зерна на основе установленных на элеваторе стационарных термоподвесок, позволяющая решать следующие задачи:

- сбор информации о температуре и уровне зерна (при наличии параметра) в силосах;
- предоставление информации о перемещении зерна в режиме реального времени на удаленный компьютер;
- анализ температуры в пустых и заполненных зерном силосах для создания уставок (граничных значений реагирования);
- регистрация и хранение базы данных за определенный период эксплуатации системы;
- формирование внутренних (служебных) документов и отчетов за определенный промежуток времени;
- информирование пользователей по различным каналам (e-mail, смс) о резком изменении температуры в силосах.

Известен способ определения наличия зерна в силосах с помощью объемного 3D-сканирования, когда внутри силоса размещают лазерный 3D-сканер. Методом триангуляционного сканирования выполняют первое калибровочное измерение временной задержки отраженного сигнала и определяют его пространственную ориентацию на поверхности стен пустого силоса. После заполнения силоса зерном производят установочное повторное сканирование поверхности стен силоса и поверхности зерновой массы с разных ракурсов. Затем сопоставляют данные первого (калибровочного) и второго (установочного) сканирований и воссоздают точную модель заполненного силоса в цифровом формате. На основе этих сведений делают вывод о наличии зерна в силосе. Далее, проводя последующие проверочные сканирования не реже четырех раз в сутки, контролируют совпадение результатов проверочных сканирований с установочным, а в случае обнаружения различий фиксируют выгрузку из силоса зерна. Недостатки данного способа: сложность конструкции, обеспечивающей размещение сканера внутри силоса; значительные затраты ручного труда на перемещение сканера с дополнительным оборудованием; длительность проведения измерений в связи с

необходимостью калибровки; трудоемкость обработки данных для создания цифрового формата; недостаточно высокая достоверность, так как не контролируется наличие зерна в глубине зерновой массы (например, при образовании пустот).

Предлагаемый инновационный способ, основанный на использовании данных, которые поступают со стационарных термоподвесок, с большей достоверностью определяет факт перемещения зерна из силосов элеватора. Также этот способ позволяет сократить длительность проведения измерений и снизить трудоемкость.

Опытным путем было выявлено, что в заполненных силосах при изменении наружной температуры воздуха одновременно изменяется температура воздушного пространства над зерном. При этом температура зерновой массой изменяется с задержкой от 20 до 30 дней, в зависимости от уровня заполнения силоса и от климатической зоны расположения элеватора. Фиксация разницы между температурами над зерновой массой и внутри нее, а также анализ значений распределения температур, переданных датчиками термоподвески, позволяют определить наличие зерна в силосе и факт его перемещения, подтвердить отсутствие пустот в зерновой массе и указать степень заполнения силоса зерном по высоте.

Для определения наличия и контроля перемещения зерна применяют стационарные термоподвески для контроля температуры, в которых установлены цифровые датчики температуры чувствительностью ±0,1°С на расстоянии 1—5 м друг от друга. Экспериментально установлено, что при заполненном силосе разница температур поверхности зерновой массы и воздушной зоны составляет в среднем от 5 до 10°С. Во время выгрузки зерна из силоса верхние датчики термоподвески последовательно попадают в воздушное пространство над зерном, при этом температура воздуха, отличающаяся от температуры внутри зерновой массы, изменяет показания открывшихся датчиков. При таких условиях значения температур открывшихся датчиков стремятся к значению температуры над поверхностью зерна. Факт начала выпуска зерна из силоса подтверждается наличием изменения температуры датчиков термоподвески, находящихся в зерновом пространстве. Если разница между температурами, фиксируемыми всеми датчиками, составляет менее 5°С, то это свидетельствует о полном отсутствии зерна в силосе.

Для проведения эксперимента была спроектирована термометрическая система дистанционного контроля перемещения зерна (ТС ДКПЗ) и апробирована в силосах элеваторного комплекса ООО «Рязаньэлеватор» (рис. 1). В экспериментальной системе задействованы два силоса №№225 и 219 высотой 18 м. В силосе №219 установлена термоподвеска ТП-01-К специального исполнения с датчиком-сигнализатором верхнего уровня СУ601. На ней с интервалом 1 м размещены цифровые датчики температуры (погрешность измерения — 1°С, разрешение — 0,1°С); определена высота расположения каждого из них в силосе. Датчики пронумерованы снизу вверх — от №1 до №17. В дополнение к стационарной термоподвеске в верхней части силоса (пространство, не заполняемое зерном) помещен датчик температуры №18 с чувствительностью ±0,1°С на расстоянии 1 м от фланца крепления термоподвески. В силосе №225 закреплена термоподвеска ТУР-01, в которой установлены датчики температуры, аналогичные ТП-01. Кроме них на тросе термоподвески находятся реперные сигнализаторы уровня, которые срабатывают при прохождении продукта и служат для автоматической калибровки емкостного датчика уровня, которым является трос чувствительного элемента термоподвески. Данные с блоков обработки информации о состоянии зерна в силосе поступают на блок управления и контроля БУК-01 и далее, при необходимости, на удаленный компьютер и мобильные устройства.

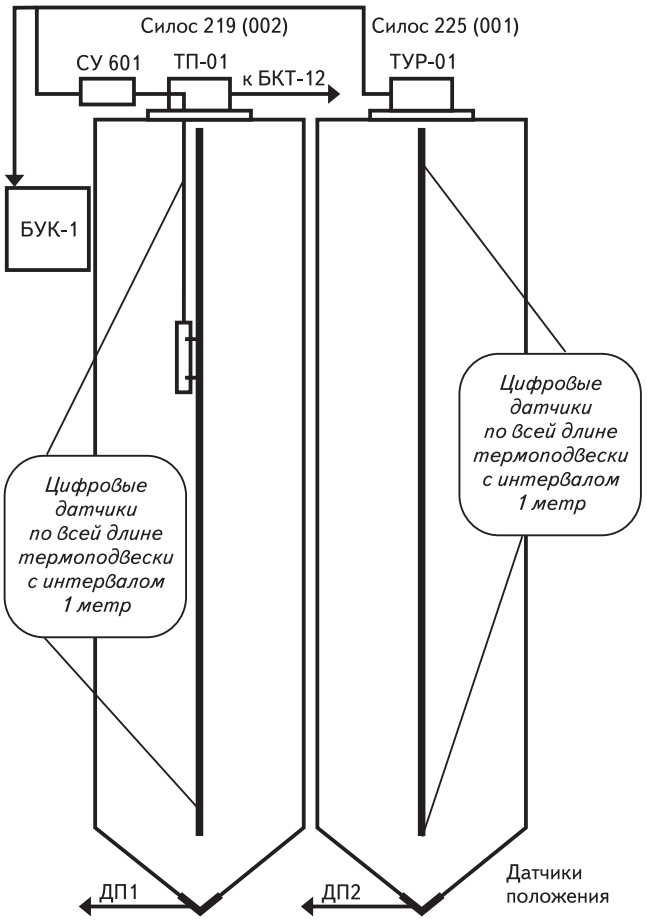

Рис. 1. Структурная схема ТС ДКПЗ

Для апробации опытного образца ТС ДКПЗ зерно ржи перемещали из силоса №225, заполненного на 17 м, в силос №219, заполненный примерно на 11 м, или на 60%. Результаты представлены в виде гистограмм на рисунках 2—4.

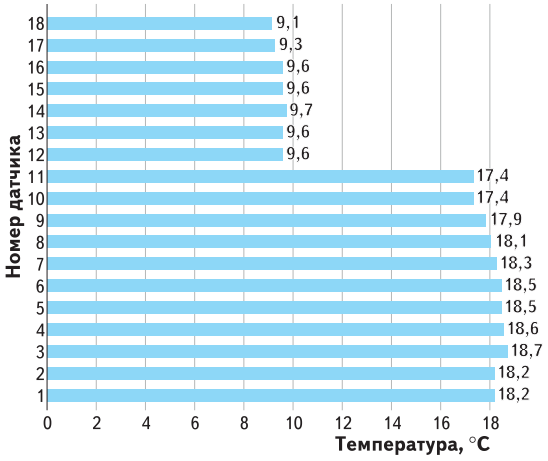

Рис. 2. Распределение температур по высоте силоса №219, подтверждающих заполнение силоса на 60% (11 м) и отсутствие перемещения зерна

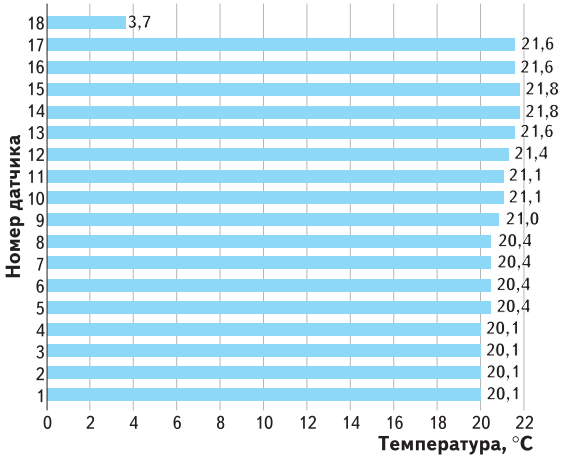

Рис. 3. Распределение температур по высоте силоса №225, подтверждающих заполнение силоса на 100% (17 м) и отсутствие перемещения зерна

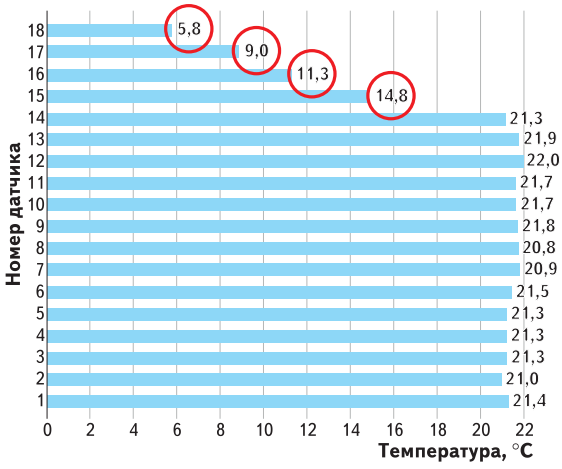

Рис. 4. Визуальное представление температурных данных в силосе и сигнала «тревоги» ТС ДКПЗ на экране удаленного компьютера, оповещающем о перемещении зерна

Хронология проведения эксперимента:

→ *11:30* — температура в силосе №225, фиксируемая датчиком над зерном №18, составляет 3,7°С; остальные датчики с №1 по №17 размещены в зерновой массе; дана голосовая команда о перемещении зерна;

→ *11:32* — визуально зафиксировано движение верхнего слоя зерна из силоса №225 в силос №219;

→ *11:43* — по выводимым на удаленном компьютере данным зафиксировано изменение температуры в силосе №225 верхними датчиками (№17 — с 20°С до 12°С; №16 — с 21,6°С до 11°С; №15 — с 21,7°С до 15°С), что свидетельствует об их выходе из зерновой массы;

→ *11:48* — сработала сигнализация об изменении уровня, полученная с датчика уровня термоподвески ТУР-01 силоса №225; поступил визуальный сигнал о срабатывании датчика регистрирующего устройства на мобильное устройство — смартфон;

→ *12:00* — перемещение зерна прекращено.

Апробация опытного образца термометрической системы дистанционного контроля перемещения зерна в силосах элеватора в целом подтвердила свою работоспособность. Для возможности внедрения данного изобретения на элеваторных комплексах в настоящее время проводится полный цикл опытно-конструкторских работ по созданию опытной партии образцов ТС ДКПЗ, доработка и отладка ПО, обеспечивающего совместимость применяемого способа с различными типами термоподвесок.

Литература

1. *Лебедев, А. Е.* Метод оценки коэффициента неоднородности смесей сыпучих сред / А. Е. Лебедев, А. И. Зайцев, А. А. Петров // Инженерный вестник Дона. — 2014. — № 3. — Режим доступа: *ivdon.ru / ru / magazine / archive / n3y2014 / 2556*.
2. *Фейденгольд, В. Б.* Меры борьбы с потерями зерна при заготовках, послеуборочной обработке и хранении на элеваторах и хлебоприемных предприятиях / В. Б. Фейденгольд.
3. *Устименко, Т. В.* Организация контроля качества зерна : учеб. пособие / Т. В. Устименко. — Издательство РИОР, Инфра-М, 2014.
4. *Федоренко, В. Ф.* Перспективные технологии послеуборочной обработки и хранения зерна : науч. аналит. обзор / В. Ф. Федоренко, В. Я. Гольтяпин. — М. : ФГБНУ «Росинформагротех», 2017. — 200 с. — ISBN 978-5-7367-1279-3.
5. *Сидоренко, О. В.* Формирование и развитие зернопродуктового подкомплекса: теория, методология, практика : монография / О. В. Сидоренко. — Орел : Изд-во ФГБОУ ВО Орловский ГАУ, 2015. — 191 с.
6. *Бибик, В. И.* Реконструкция и техническое переоснащение зерноскладов / В. И. Бибик, В. А. Бондарь, А. А. Сологубикк. — М. : ЦНИИИТЭИ хлебопродуктов, 1991. — 21 с.
7. *Арынгазин, К. Ш.* Проектирование зерновых элеваторов с элементами САПР / К. Ш. Арынгазин, А. И. Изтаев. — Павлодар : Издательство ПГУ им. С. Торайгырова, 2006. — 152 с.