

# СОВРЕМЕННЫЕ ЦИФРОВЫЕ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ТЕМПЕРАТУРЫ ЗЕРНА

Д. НАГОРНЫЙ, В. ГУСЕВ, М. БРОНИН, ООО предприятие «КОНТАКТ-1»

Организация полноценного хранения убранного и заготовленного зерна при сведении к минимуму его потерь и снижения качества повсеместно рассматривалась и рассматривается в качестве одной из важнейших задач общегосударственного уровня.

Одним из основных негативных факторов при хранении зерна является его самосогревание. Этот естественный процесс интенсивно развивается в зерновой массе при ее повышенной влажности, что приводит к значительным потерям количества хранящегося зерна и заметному ухудшению его качества вплоть до полной порчи. Если очаг самосогревания своевременно не обнаружить, то рост температуры будет продолжаться фактически до возгорания зерновой массы, возникновения аварийной ситуации с возможностью разрушения конструкции силоса.

Эти обстоятельства обуславливают необходимость реализации постоянного высокоэффективного и достоверного контроля температуры зерновой массы в зернохранилищах.

Большие объемы и геометрические размеры зерновой насыпи требуют организации многоточечного, многозонного и достаточно точного контроля температуры по всей ее толще и высоте, позволяющего детально отслеживать возникновение и динамику тепловых процессов по всему объему складированного продукта. Таким образом, система термометрии должна иметь не только высокие точность измерений и чувствительность, она должна обеспечивать температурное «сканирование» зерновой насыпи по всей ее высоте и поперечному сечению, а также своеобразную «навигацию» измерений с привязкой точек замеров температуры к геометрии зерновой насыпи. Только такой способ мониторинга продуктивен и способен обеспечить оптимизацию процесса контроля температуры со своевременным выявлением возникновения очагов самосогревания и их привязкой к конкретному местоположению в толще зерновой насыпи.

Очевидно, что перечисленные обстоятельства совершенно исключают применение каких-либо из ныне существующих бесконтактных измерителей температуры и требуют исключительно контактных многоточечных приборов, погружаемых в зерновую насыпь на всю ее

высоту. Такие приборы в технике термометрии зерна называют *термоподвесками* (для применения в хранилищах силосного типа), а также *термоштангами*, *термошпагами* или *термошупами* (для применения на зерноскладах напольного типа).

Предприятие «КОНТАКТ-1» в последние годы вышло на позиции лидирующего производителя оборудования для термометрии зерна и автоматизированных систем мониторинга температуры зерновой насыпи. Почти 15-летний опыт работы специалистов «КОНТАКТ-1» в этой области позволил разработать и освоить производство современных высокоэффективных средств термоизмерений и системы дистанционного автоматизированного мониторинга температуры АСКТ-01, надежно функционирующих в промышленных условиях и полностью оправдывающих вложения.

Реализация высокой точности измерений оказывается весьма важным фактором для обеспечения полноценного наблюдения за состоянием зерновой массы, достоверного отслеживания динамики температурных изменений, своевременного обнаружения возникновения очагов самосогревания. Точностные характеристики систем термометрии определяются применяемыми в них датчиками температуры.

В термоподвесках ТУР-01 и ТП-01, термоштанге ТШ-01, выпускаемых предприятием «КОНТАКТ-1» в составе системы АСКТ-01, в качестве датчика температуры выгодно применен высокотехнологичный современный цифровой датчик температуры — микросхема DS18B20.

DS18B20 представляет собой интегральный, функционально законченный цифровой измеритель температуры, не требующий внешних элементов. Микросхема выпускается в трехвыводном корпусе и обеспечивает измерение температуры в рабочем диапазоне от  $-55^{\circ}\text{C}$  до  $+125^{\circ}\text{C}$ , причем в наиболее предпочтительном диапазоне от  $-10^{\circ}\text{C}$  до  $+85^{\circ}\text{C}$  погрешность измерения температуры минимальна и составляет всего  $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ . Результат измерения преобразуется в 12-битное цифровое слово за время преобразования 750 мс.

Весьма удобны и коммуникационные возможности микросхемы, имеющей встроенный сетевой интерфейс MicroLAN (так называемый однопроводный интерфейс). Сеть MicroLAN использует стандартные логические уровни и архитектуру с одним ведущим шиной и многочисленными ведомыми. Это позволяет реализовать требуемую

для мониторинга температуры зерновой массы измерительную сетевую систему с многоточечными первичными измерителями и единственным оконечным отображающим и управляющим удаленным устройством в виде персонального компьютера.

Для идентификации отдельных измерителей температуры в многоточечной структуре в DS18B20 предусмотрен уникальный для каждой микросхемы 64-разрядный последовательный код, занесенный в области ROM-памяти. Важным свойством микросхемы является также возможность записи пользователем в область ее энергонезависимой памяти порядкового номера датчика в многоточечном измерителе температуры.

Для обеспечения процесса адресации в многоточечном измерителе температуры при изготовлении каждого измерительного шлейфа создается его «паспорт», то есть специализированный файл, сопоставляющий идентификационные коды термодатчиков с присвоенными им порядковыми номерами.

В зависимости от поперечных геометрических размеров зернового силоса для обеспечения эффективного «сканирования» внутреннего термопрофиля зерновой массы на нем могут быть установлены одна или несколько термоподвесок. На рисунке 1 показано размещение нескольких термоподвесок в силосе большого диаметра в целях обеспечения эффективного мониторинга температуры зерновой насыпи по всему ее объему и своевременного обнаружения возникновения очага самосогревания. Для удобства применения на зерновых объектах нашим предприятием выпускаются термоподвески ТУР-01 с одиночным чувствительным элементом (ЧЭ) и встроенным управляющим контроллером, а также термоподвески ТП-01 без собственного управляющего контроллера, предназначенные для группового монтажа на силосе (до 12 шт.) и опрашиваемые при помощи блока контроля термоподвесок БКТ-12.

Прочный протяженный конструктивный элемент термоподвески (ЧЭ), внутри которого располагаются датчики

температуры непосредственно контактирующие с контролируемой средой, воспринимает на себя не только измеряемый параметр, но и значительные по величине статические и динамические нагрузки со стороны многотонной зерновой массы.

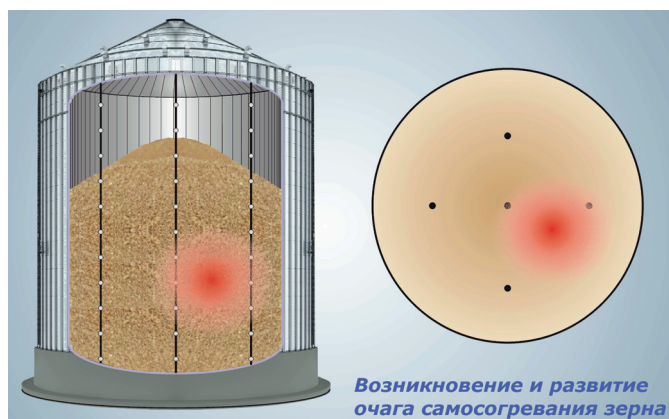
Конструкция ЧЭ, с одной стороны, должна быть прочной по отношению к имеющим место статическим и динамическим нагрузкам, с другой стороны, должна предохранять хрупкие термодатчики от механических воздействий, а также обеспечивать благоприятные условия для передачи измеряемой величины на датчики. Вместе с тем, конструкция ЧЭ должна обладать достаточными гибкостью и эластичностью, чтобы обеспечивать свободу его перемещения (во избежание механических повреждений) при различных боковых воздействиях со стороны зерновой массы.

Для изготовления ЧЭ, обладающих перечисленными характеристиками, в термоподвесках моделей ТУР-01 и ТП-01 применяется кабель-трос КГПТ-2х4,2. Кабель-трос КГПТ с полиэтиленовой защитной оболочкой выполняет роль прочного и одновременно гибкого несущего элемента ЧЭ, во внутреннем кабель-канале которого размещается трехпроводный измерительный шлейф с термодатчиками, установленными с шагом 1 м. Прочность кабель-троса обеспечивается симметрично расположенными относительно кабель-канала двумя стальными канатами, имеющими разрывное усилие по 1,7 т. Такая конструкция, помимо требуемых прочностных характеристик ЧЭ и защиты хрупких датчиков в измерительном шлейфе, позволяет эффективно отслеживать термодинамические процессы, происходящие в зерновой насыпи.

При загрузке силоса и при истечении из него зерна ЧЭ термоподвески испытывает многократные, меняющие силу и направление боковые механические воздействия, а также продольные нагрузки, образуемые движением слоев зерна, соприкасающихся с соответствующими участками ЧЭ. Эти воздействия приводят к перемещениям ЧЭ внутри зерновой насыпи с отклонением его от вертикального положения свободного свисания и изгибам кабель-троса.

Рассмотренные особенности перемещений ЧЭ во внутрисилосном пространстве требуют не только наличия прочности и гибкости этого элемента термоподвески, но и специальной конструкции узла его подвеса к точке крепления термоподвески на перекрытии силоса, обеспечивающей возможности свободного перемещения ЧЭ в двух взаимноперпендикулярных плоскостях.

В этом отношении наиболее удачной и полностью оправдавшей себя на практике оказалась шарнирная конструкция узла подвеса ЧЭ, которая успешно применяется в термоподвесках ТУР-01 и ТП-01. В изделиях ТУР-01 шарнирный узел подвеса выполняется на основе подобного цепному соединению элементов посредством двух полупетель (рис. 2). Узел имеет гарантированное усилие на разрыв не менее 2000 кг, что соответствует аналогичным показателям подавляющего большинства



*Возникновение и развитие очага самосогревания зерна*

*Рис. 1. Размещение нескольких термоподвесок в силосе большого диаметра (белые точки — отдельные датчики температуры)*



Рис. 2. Соединение ЧЭ на основе кабель-троса с шарнирным узлом подвеса в термоподвеске ТУР-01

термоподвесок отечественного и зарубежного производства. В качестве монтажного элемента здесь применен круглый фланец с диаметром 180 мм, размеры которого адаптированы под стандартный приямок на перекрытиях железобетонных силосов. Этот же фланец удобен и для монтажа подвески в современных стальных силосах.

В термоподвеске ТУР-01 кабель-трос ЧЭ механически соединяется с узлом подвеса при помощи грузонесущего «стакана», в котором заделка тросов выполнена с электрической изоляцией их друг от друга и от металлических деталей самой конструкции.

Конструкция узла подвеса термоподвески ТП-01 хотя и отличается от только что рассмотренной, но имеет сход-

ное с шарнирной по степеням свободы конструктивное решение (рис. 3).

Тросы ЧЭ уложены на коуш (петлеобразную направляющую с полукруглым профилем), придающую тросам плавное закругление с допустимым радиусом их изгиба. Концы тросов надежно стянуты пятью канатными зажимами, препятствующими их проскальзыванию при появлении нагрузок на ЧЭ. Для соединения коуша с серьгой монтажного фланца (диаметр 180 мм) применен разъемный карабин. Рассмотренный узел подвеса также обладает гарантированным усилием на разрыв не менее 2000 кг.

Автоматизированная система контроля температуры зерна АСКТ-01 предназначена для непрерывного высокоточного измерения температуры зерновой насыпи по всей ее высоте в силосах элеваторов и зернохранилищах, а также в зерноскладах напольного типа в целях обеспечения высокого качества складированного растительного сырья. Система имеет встроенную функцию обнаружения очагов самосогревания зерна, что позволяет заблаговременно, без участия человека, выявлять зарождение об-

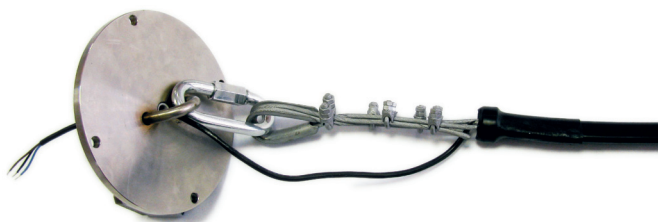


Рис. 3. Узел подвеса ЧЭ термоподвески ТП-01 на основе кабель-троса

ласти повышенной температуры в толще зерновой насыпи и осуществлять технологические мероприятия для устранения нежелательного и аварийно опасного явления.

*Метрологические характеристики системы:* предел допускаемой основной погрешности измерения температуры в диапазоне от  $-10^{\circ}\text{C}$  до  $+70^{\circ}\text{C}$  составляет  $\pm 1^{\circ}\text{C}$ . На систему АСКТ-01 выдано свидетельство об утверждении типа средств измерений с внесением в Государственный реестр средств измерений, а также на взрывозащищенное электрооборудование — сертификат соответствия требованиям ТР ТС «О безопасности оборудования для работы во взрывоопасных средах».

*Функции программного обеспечения системы АСКТ-01:*

- сбор данных о температуре (и уровне) контролируемого продукта в силосах;
- отображение полученной информации на мнемосхеме на мониторе автоматизированного рабочего места оператора системы;
- архивирование информации о температуре (и уровне) контролируемого продукта;
- прогнозирование возникновения очагов самосогревания на основе анализа архивной информации;
- подготовка и печать отчетов.

*В состав системы входят:*

- компьютеризированное рабочее место оператора с программным обеспечением АСКТ-01;
- термоподвески ТУР-01, ТП-01 или термоштанги ТШ-01 (для хранилищ напольного типа);
- коммуникационное и промежуточное оборудование: блок контроля и управления БУК-01, блоки контроля термоподвесок БКТ-12, блок контроля термоштанг БКТ-192, преобразователь интерфейса RS-485/USB, блок питания БП-240.

*Система АСКТ-01 может быть реализована в трех вариантах (рисунки 4–6):*

- с использованием термоподвесок ТУР-01;
- с использованием термоподвесок ТП-01 и блоков контроля термоподвесок БКТ-12;
- с использованием термоштанг ТШ-01 и блоков контроля термоштанг БКТ-192.

Важная отличительная особенность системы АСКТ-01 с термоподвесками ТУР-01 — наличие дополнительной функции измерения уровня. Термоподвеска ТУР-01, фактически не имеющая аналогов среди подобного оборудования других производителей, снабжена функцией измерения уровня, реализованной на основе встроенного в ее ЧЭ емкостного измерителя. В результате пользователь без каких-либо дополнительных устройств получает уникальную возможность помимо температуры контролировать





Рис. 4. Система АСКТ-01 с использованием термоподвесок ТУР-01

и количество зерна в силосе, что существенно технически облегчает и удешевляет задачу выполнения такого контроля. При этом показания температуры и уровня совместно выводятся на монитор автоматизированного рабочего места оператора системы.

Многоточечное измерение температуры зерновой насыпи по всей ее высоте производится термоподвесками ТУР-01 посредством датчиков температуры, установленных в ЧЭ с интервалом 1 м. Термоподвески в количестве до 192 шт. объединяются по общей линии информационной связи (RS-485) на блок контроля и управления БУК-01, который через преобразователь интерфейса (RS-485/USB) подключается к персональному компьютеру автоматизированного рабочего места оператора системы (рис. 4). Питание термоподвесок производится от блока питания БП-240. Все устройства, входящие в систему, являются собственными разработками предприятия.

Термоподвески ТП-01, в отличие от ТУР-01, выполняют основную функцию измерения температуры. Термоподвески ТП-01 используются в составе с блоками БКТ-12, объединяющими по 12 термоподвесок на общую линию информационной связи RS-485 (рис. 5). Всего в составе системы возможно функционирование до 192 термоподвесок ТП-01.

Для оснащения зерноскладов напольного типа выпускается устройство контроля термоштанг УКТ-192 в комплекте с термоштангами ТШ-01 и блоком их контроля БКТ-192 (рис. 6).

Важным техническим преимуществом устройства УКТ-192 является беспроводная связь (по радиоканалу) между термоштангами ТШ-01 и блоком БКТ-192. Такое техническое решение позволяет обходиться без массы громоздких и трудновыполнимых проводных соединений между приборами.

Группа термоштанг ТШ-01 погружается в зерновую насыпь на складе напольного типа с их распределением по

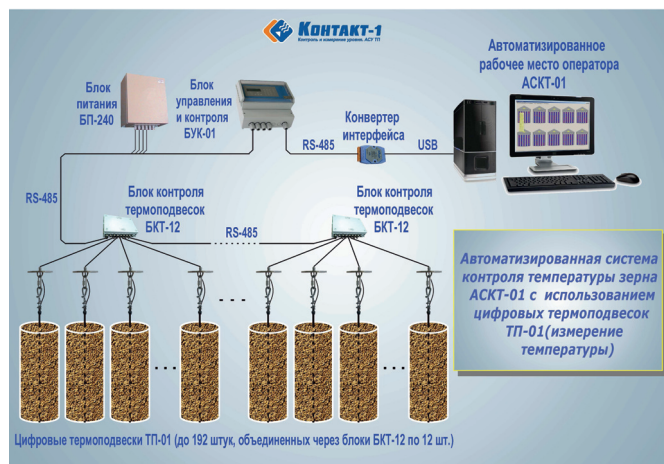


Рис. 5. Система АСКТ-01 с использованием термоподвесок ТП-01 и блоков БКТ-12

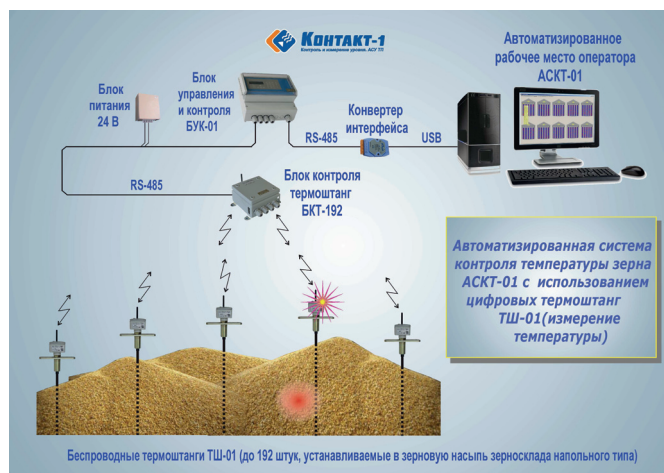


Рис. 6. Система АСКТ-01 с использованием термоштанг ТШ-01 и блоков БКТ-192

всей площади насыпи. Система производит непрерывный циклический опрос термоштанг с передачей измерительной информации от них через радиоканал на блок БКТ-192, через БУК-01 — на автоматизированное рабочее место оператора. В качестве дополнительной меры контроля предусмотрено включение светодиодного индикатора на корпусе термоштанги в случае увеличения температуры зерна в месте ее установки выше заданной.

Применение высокоэффективного оборудования для термометрии зерна, функционирующего в составе системы АСКТ-01, позволяет реализовывать действенный мониторинг состояния зерновой массы в целях обеспечения высокого качества хранимого растительного сырья на зерноскладах и в зернохранилищах любого типа и пространственной конфигурации — элеваторах различного назначения (производственных, перевалочных, припортовых, резервных и т.д.), в силосах и на складах хлебоприемных и зерноперерабатывающих предприятий, в том числе мукомольных и комбикормовых, в хозяйствах зернопроизводителей. ■