

Применение автономных регистраторов iButton для контроля температурного режима

П.К. ПАРХОМЕНКО

ОАНН ИИР РНЦ

«Курчатовский институт»

For sake of microclimate monitoring wired sensor networks are generally used at cold storages and warehouses. However installation of such network at the warehouse is quite expensive and troublesome. Wireless measuring systems also has a number of disadvantages such as high equipment cost, monthly charge for using public communications networks, fast discharge of wireless devices' batteries and isothermal wall panels' opacity to radio waves.

As a solution, the use of miniature iButton data loggers is proposed. These devices, developed and manufactured by Maxim/Dallas Semiconductor, USA, gained well-deserved popularity all over the world. They're cheap, compact, and stress-protected, do not require any wires or external power sources, and can be installed and serviced extremely easily.

Задача контроля температурно-влажностного режима

Общеизвестно, что одним из наиболее значимых факторов, серьезно влияющих на качество скоропортящейся пищевой и фармацевтической продукции, является ее температура, так как любое нарушение температурного режима приводит к бурному размножению болезнетворных микроорганизмов. Для оценки интегрального воздействия температуры на продукт принято использовать специальный параметр –

среднюю кинетическую температуру (СКТ) [2]:

$$T_{\text{СК}} = \frac{\Delta H / R}{-\ln \left(\frac{e^{-\Delta H / RT_1} + e^{-\Delta H / RT_2} + \dots + e^{-\Delta H / RT_n}}{n} \right)},$$

где ΔH – энергия активации (для подавляющего большинства твердых и жидких продуктов варьируется от 60 до 100 кДж/моль);

$R = 8,314472 \text{ Дж/(моль}\cdot\text{К)}$ – постоянная Больцмана;

n – число температурных отсчетов;

T_1, T_2, \dots, T_n – температура, К.

Как видно из формулы, благодаря переходу к логарифму суммы экспоненциальных функций температуры при расчете СКТ больши́м ее значениям придается больши́й вес вне зависимости от времени их действия. Используя понятие СКТ, можно сказать, например, что воздействие на некий продукт температуры 20 °C в течение 2 ч, затем охлаждение его до 2 °C в течение 4 ч и последующее пребывание при температуре 25 °C в течение 1 ч эквивалентны воздействию постоянной температуры 15,7 °C в течение 7 ч непрерывно.

Помимо температуры существенное влияние на качество пищевой и фармацевтической продукции оказывает относительная влажность. Чрезмерное высушивание может приводить к ухудшению вкусовых качеств продуктов питания, а чрезмерное увлажнение – к неблагоприятным биохимическим измене-

ниям (например, к развитию процессов гниения) или к изменению свойств гигроскопичных лекарственных форм.

Необходимость мониторинга критических параметров готовой продукции в определенных контрольных точках закреплена в системе управления рисками ХАССП (английская аббревиатура HACCP означает Hazard Analysis and Critical Control Points – анализ рисков и критические контрольные точки), разработанной в США. В настояще время базисные принципы этой системы приняты в качестве основного норматива, определяющего качество пищевой и фармацевтической продукции в большинстве стран мира, включая ЕС, Канаду, Австралию, Аргентину и Бразилию. В связи с предстоящим вступлением России в ВТО был принят в 2001 г. ГОСТ Р 51705.1–2001 «Системы качества. Управление качеством пищевых продуктов на основе принципов ХАССП. Общие требования», позволяющий распространить методы контроля качества продукции, применяемые в странах – членах ВТО, на российские предприятия.

Типовые пути организации контроля

Для контроля параметров микроклимата традиционно используются проводные сети датчиков. Однако реализация такой сети является достаточно хлопотным и дорогостоящим ме-

роприятием, особенно с учетом необходимости прокладки линий связи в помещениях, уже оборудованных специальными изотермическими панелями. Кроме того, все составляющие сети, включая сами датчики, должны быть надежно защищены от влаги, пыли, грязи, жира, а также от коррозии, вызываемой воздействием моющих и дезинфицирующих средств. Нередко необходимо контролировать температуру или влажность не только около стен, но и в центре помещения, что усложняет прокладку линии связи между датчиками. Работа холодильного оборудования и осветительной сети создает множество электромагнитных помех, не способствующих стабильной работе проводных систем и требующих дополнительных затрат на обеспечение надежной передачи измерительной информации. Но чем надежнее защищены элементы проводной сети от всех перечисленных внешних воздействий, тем они дороже. Например, цена датчика влажности, защищенного от пыли и влаги, в 5...7 раз выше, чем в незащищенном исполнении. Эта же тенденция сохраняется и в росте стоимости работ по прокладке коммуникаций для защищенного оборудования. Часто особенности прокладки таких сетей требуют применения дорогостоящих репитеров и разветвителей.

В подобных случаях можно использовать беспроводную технологию передачи измерительной информации по радиоканалу. Но при всех своих достоинствах беспроводные измерительные системы обладают и целым рядом недостатков, порой существенных: дороговизна оборудования, абонентская плата за обслуживание (в случае использования пуб-

личных сетей связи и радиодоступа), быстрое истощение встроенных в автономные беспроводные устройства источников электропитания, непрозрачность изотермических стен помещения для радиосигналов. В конечном итоге стоимость беспроводной системы может оказаться больше стоимости проводной с аналогичными характеристиками.

Необходим ли контроль температурно-влажностного режима на складах в режиме реального времени?

При поиске путей решения вышеперечисленных проблем стоит в первую очередь задаться вопросом — действительно ли необходимо контролировать микроклимат складского помещения именно в реальном масштабе времени? Конечно, если необходимо организовать обратную связь с контролируемым объектом (например, при управлении системой кондиционирования или отопления), то необходимо иметь оперативную информацию об изменениях параметров микроклимата. Контроль в реальном масштабе времени нужен и в тех случаях, когда нарушение режима хранения приведет к тяжелым последствиям, которые могут быть устранены лишь при оперативном оповещении персонала.

Однако в большинстве случаев оперативность получения информации не так важна, особенно если при наступлении нештатной ситуации ее нельзя исправить или хотя бы избежать потерь (например, если оборудование холодильника обесточено энергетиками, резервной системы электропитания нет, а вывезти продукцию некуда, да и нерентабельно). С другой стороны, для привлечения нарушителей к ответственности следует аргументированно доказать их вину. По-

этому если нарушение заданных параметров все-таки произошло, то его надо обязательно зафиксировать документально, чтобы затем разобраться в причинах прошедшего.

Автономные регистраторы iButton

Исходя из изложенного выше, очевидно, что для обеспечения независимого контроля параметров микроклимата в холодильных камерах и охлаждаемых складских помещениях наиболее рационально использовать независимые и автономные регистрирующие приборы, сохраняющие работоспособность даже при обесточивании контролируемого оборудования и устанавливаемые в произвольных контрольных точках. Только показания таких приборов могут считаться объективными как для выявления причин нарушений заданных режимов, так и для выбора путей их устранения.

Заслуженной популярностью во всем мире в настоящее время пользуются миниатюрные регистраторы семейства iButton [1], серийно выпускаемые американской компанией Dallas Semiconductor (позже — Maxim/Dallas Semiconductor) с 1999 г. Они дешевые, компактны, надежно защищены от любых воздействий, не требуют при эксплуатации ни проводов, ни внешних источников питания. Их установка в контрольных точках и регламент обслуживания предельно просты. В то же время эти устройства являются полноценными измерительными приборами, характеристики которых подтверждены метрологическими сертификатами. Все основные параметры регистраторов iButton могут быть произвольно запрограммированы пользователем, а наличие встроенных часов реального времени

позволяет поставить в соответствие каждому замеру временную отметку. Какие-либо визуальные индикаторы и органы управления у регистраторов iButton отсутствуют, что значительно снижает сложность и стоимость конструкции и вместе с тем увеличивает ее надежность. Съем информации и программирование регистраторов осуществляются по интерфейсу 1-Wire. Изначально этот интерфейс был разработан в начале 90-х годов прошлого века компанией Dallas Semiconductor для применения в системах контроля доступа. Однако за прошедшие годы стандарт 1-Wire приобрел большую популярность, фактически превратившись из узкоспециализированного интерфейса в универсальную полевую шину. В настоящее время компанией Maxim/Dallas Semiconductor выпускается широкий спектр 1-Wire-устройств, в том числе и рассматриваемые автономные регистраторы (см. рисунок).

Семейство регистраторов iButton включает три основные разновидности:

- термохроны (thermochron, от греч. *thermo* – температура и *chronos* – время) – температурные регистраторы в герметичном металлическом корпусе;
- гиgroхроны (hygrochron, от греч. *hygro* – влажность и *chronos* – время) – температурно-влажностные регистраторы в герметичном металлическом корпусе;



Регистратор iButton, модель DS1921G (диаметр корпуса 17 мм)

- универсальные интегральные регистраторы – интегральные микросхемы для построения приборов, регистрирующих любые физические величины.

Регистраторы также классифицируют по архитектурному признаку. Архитектура младших моделей термохронов не получила устоявшегося собственного наименования, в то время как архитектура старших моделей термохронов, а также всех остальных видов регистраторов имеет фирменное наименование iButton Data Loggers. Автор предлагает младшие модели термохронов называть *термохронами*, старшие – *термографами iBDL* (сокращение от iButton Data Loggers); приборы, относящиеся к двум другим классам, перечисленным выше, – соответственно *гиgroхронами* и *интегральными регистраторами iBDL*. Последние, строго говоря, не относятся к семейству iButton, включающему в себя законченные устройства в стандартных металлических защитных корпусах типа MicroCAN. Однако общность архитектуры и совместимость на уровне протокола обмена данными позволяют строить на их базе приборы для регистрации любых физических величин, обслуживаемые по тем же принципам, что и защищенные регистраторы iButton. Такие специализированные регистраторы предлагается называть *самописцами iBDL*.

Регистраторы iButton в российской практике

В России первые регистраторы iButton – термохроны DS1921L – появились практически одновременно с другими развитыми странами. Однако сами по себе эти устройства являются необходимой, но не достаточной частью полноценной информационно-измерительной системы (ИИС).

Регистраторы iButton не имеют устройств отображения информации, поэтому в состав технических средств ИИС на их базе в обязательном порядке должны входить аппаратные и программные компоненты, обеспечивающие как отображение измерительной информации в той или иной форме, так и программирование регистраторов на отработку измерительных сессий. И именно дефицит подобных средств в первое время сдерживал развитие этой измерительной технологии в России. Из-за дороговизны зарубежных ИИС на базе регистраторов iButton для визуализации и обработки накопленной ими информации в России применялись в первую очередь свободно доступные программные продукты, такие, как ThermochronViewer, HygrochronViewer, iButtonViewer и OneWireViewer.

В ОАНИ ИЯР РНЦ «Курчатовский институт» (КИ) был проведен анализ функциональности вышеперечисленного программного обеспечения (ПО). Широкому внедрению в российскую практику препятствовали следующие основные недостатки, выявленные практически у всего названного ПО:

- англоязычный интерфейс пользователя;
- отсутствие поддержки режима ускоренного обмена данными (ovedrive);
- невозможность задания отложенного старта сессии в абсолютных величинах;
- неполная поддержка памяти сопроводительной информации;
- невозможность отключения часов реального времени (с целью консервации);
- невозможность наглядного представления информации о нарушении заранее заданных пределов;

- неполноценный режим сохранения информации на диске;
- отсутствие метрологических сертификатов Российской Федерации.

Поэтому было принято решение разработать собственный набор средств программной и аппаратной поддержки регистраторов iButton.

В результате проделанной работы в ОАНИ ИЯР РНЦ «КИ» были созданы несколько видов программных комплексов для платформ Windows и Palm OS, а также ряд переносных приборов сопровождения различного назначения. Это позволило внедрить регистраторы iButton в лабораторную практику не только РНЦ «КИ», но и других научных учреждений, таких, как ВНИХИ, Институт возрастной физи-

ологии РАО, НИИ проблем гипотермии, Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, Институт экологии растений и животных УрО РАН, Магаданский НИИ рыбного хозяйства и океанографии, Институт биологических проблем криолитозоны Якутского научного центра РАН, Институт биологии УрО РАН, Институт географии РАН, Институт криосферы Земли СО РАН и др.

Однако в связи с повсеместным повышением интереса к современным методикам контроля качества, в первую очередь к упомянутой выше системе ХАССП, разработки ОАНИ ИЯР РНЦ «КИ» оказались востребованы не только в научных учреждениях, но и в самых различных отраслях промышлен-

ности, преимущественно пищевой и фармацевтической.

В следующем номере журнала будет рассмотрено одно из наиболее востребованных приложений регистраторов iButton в промышленности – ИИС контроля температурного режима на складах и в стационарных охлаждаемых хранилищах.

Продолжение следует.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Data Logger, Temperature/Humidity Loggers, and Sensors* // Maxim Integrated Products // [<http://www.maxim-ic.com/products/ibutton/ibuttons/thermochron.cfm> 26.02.2007].
2. *What Is Mean Kinetic Temperature?* // Monarch Instrument // [<http://www.monarchserver.com/Mean%20Kinetic%20Temp.pdf> 26.02.2007].

УДК 681.5.08

Применение автономных регистраторов iButton для контроля температурного режима на складах и в стационарных охлаждаемых хранилищах*

П.К. ПАРХОМЕНКО

ОАНИ ИЯР РНЦ

«Курчатовский институт»

There are number of software packages for Windows and Palm OS, along with various portable instruments, developed in the Department of Research Automation of Nuclear Reactors Institute, RRC «Kurchatov Institute». These are basic components for informational and measuring systems of any complexity. Measuring systems by RRC «KI» are certified in Russia, and nowadays has been successfully applied not only in RRC «KI» laboratories, but also in other research institutes and in food and pharmaceutical industry.

Информационно-измерительные системы (ИИС) на базе регистраторов iButton

ИИС на базе автономных регистраторов iButton обычно содержит следующие основные компоненты:

- стационарный или переносной ПК либо карманный компьютер (КПК) с 1-Wire-адаптером;
- прикладное программное обеспечение для ПК или КПК, выполняющее визуализацию, архивирование и обработку измерительной информации;
- набор регистраторов iButton, располагаемых в определенных контрольных точках;

- переносные приборы – транспортеры данных;
- переносные приборы – детекторы нештатных ситуаций.

Основными моделями 1-Wire-адаптеров для ПК являются ML97U (для порта RS232) и ML94R (для порта USB), представляющие собой модернизированные версии стандартных адаптеров DS9097 и DS9490 производства компании Maxim/Dallas Semiconductor. Для применения совместно с КПК архитектуры Palm в ОАНИ ИЯР РНЦ «КИ» был разработан специализированный адаптер с оптическим интерфейсом IrDA. Из регистраторов iButton наиболее широко для мониторинга складских помещений применяется термохрон DS1921G-F5 с диапазоном измеряемой температуры $-40\ldots+85^{\circ}\text{C}$ и абсолютной погрешностью измерения $\pm 1^{\circ}\text{C}$. Существуют регистраторы iButton и с более высокой точностью измерения (например, термограф DS1922L-F5 с погрешностью не более $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ в диапазоне $-10\ldots+65^{\circ}\text{C}$), однако такая точность для данного приложения часто является избыточной. Обычно используется другое преимущество подобных регистраторов – больший объем памяти отсчетов.

В зависимости от типа обслуживаемых регистраторов и компьютерной платформы ИИС (ПК или КПК) предлагается

применять следующее специализированное ПО, разработанное в ОАНИ ИЯР РНЦ «КИ»:

- Thermochron Revisor (для термохронов, платформа – ПК);
- iBDL Revisor (для регистраторов iBDL, платформа – ПК);
- Thermochron Palm Indicator (для термохронов, платформа – КПК Palm);
- iBDL Palm Indicator (для регистраторов iBDL, платформа – КПК Palm).

Каждое из этих приложений позволяет пользователю выполнять полный набор всех необходимых операций по обслуживанию регистраторов iButton:

- задавать установочные параметры регистраторов для выполнения ими измерительных сессий;
- считывать с регистраторов собранную ими информацию и сохранять ее в виде текстовых или двоичных файлов в памяти ПК или КПК;
- считывать и редактировать содержимое области памяти сопроводительной информации регистраторов;
- визуализировать полученные данные в форме таблиц, графиков и гистограмм, в том числе с использованием коэффициентов коррекции;
- производить ревизию состояния внутренних узлов регистраторов;
- переводить регистраторы в режим консервации.

* Окончание. Начало см. ХТ № 5/2007.

ИИС на базе вышеперечисленных аппаратных и программных компонентов являются сертифицированными в Российской Федерации измерительными комплексами с нормированными метрологическими характеристиками. Это позволяет использовать такие ИИС не только для постоянного мониторинга микроклимата, но и на этапе приемки холодильного оборудования для охлаждаемых складов. При малейших сомнениях в соответствии характеристик оборудования заявлением заказчик может потребовать проведения контрольной сессии температурных или влажностных измерений при помощи набора термохронов или гигрохронов, расположив их в любых выбранных им контрольных точках контролируемого помещения. Подделка значений отсчетов в памяти регистраторов невозможна, поэтому результаты такой измерительной сессии будут убедительным доказательством соответствия (или, напротив, несоответствия) поставляемого оборудования требованиям заказчика или характеристикам, заявлением его изготовителем.

Подготовка регистраторов iButton к эксплуатации

Подготовка регистраторов iButton к измерительной сессии выполняется с помощью прикладного ПО любой из описанных выше ИИС непосредственно перед установкой (креплением) регистраторов на объекте. Для каждого регистратора задаются значения установочных параметров, определяющие особенности реализуемого им процесса накопления данных. В первую очередь в область сопроводительной информации каждого регистратора iBDL заносится текстовая информация, характеризующая контрольную точку, в которой он будет размещен (номер холодильной камеры, фамилия ответственного за хранение, список холодильного оборудования и складированных продуктов и т.д.). Затем показания часов реального времени всех регистраторов iButton синхронизируются с часами ПК или КПК, после чего задается момент старта сессии, алгоритм заполнения буфера последовательных отсчетов (остановка по заполнению либо непрерыв-

ный режим с кольцевой перезаписью отсчетов) и временной интервал между отдельными измерениями. После задания всех этих параметров проводится запуск измерительной сессии.

Важную роль при организации работы с регистраторами iButton играет выбор способа их неразъемного крепления в назначенных контрольных точках (рис. 1). При большом количестве территориально удаленных друг от друга регистраторов для исключения подмены и путаницы фиксируемых ими результатов используют неразъемные крепления. Наиболее распространенным, простым и надежным вариантом такого крепления являются накидные фланцы типа DS9093MZ. Для обеспечения теплоизоляции регистрация iButton между удерживающей поверхностью и его корпусом устанавливают прокладку из теплоизолирующего материала.

Корпус регистрация (типа MicroCAN) изготавливается из прочной стали толщиной 0,25 мм, благодаря чему защищенные регистраторы iButton устойчивы ко многим внешним

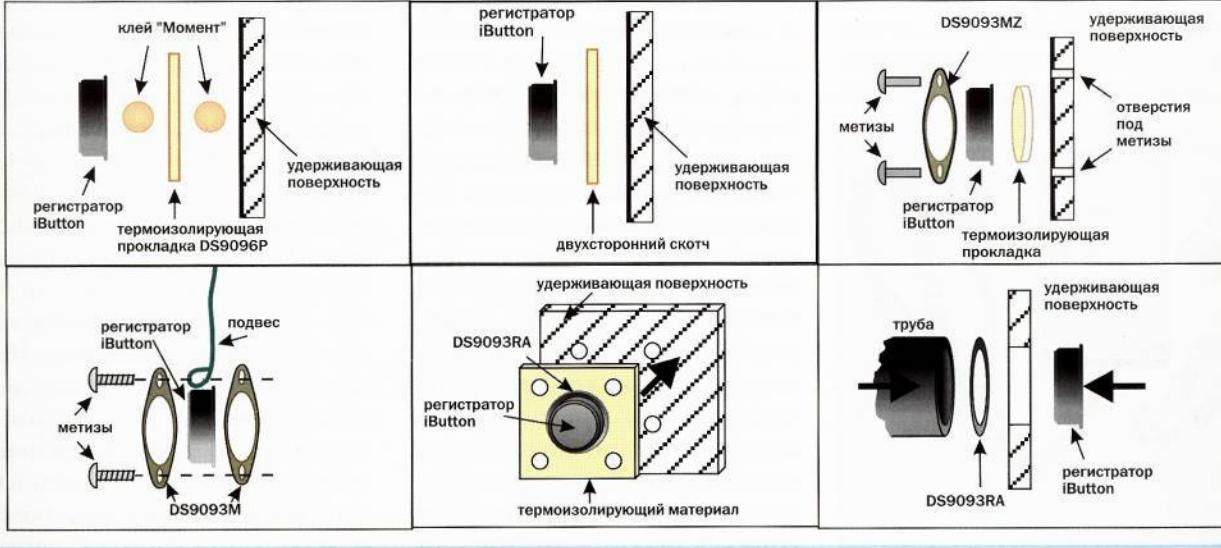


Рис. 1. Способы неразъемного крепления регистраторов iButton

воздействиям и агрессивным средам. Однако при оказании значительного ударного воздействия (например, при ударе груженым поддоном или массивной металлической тележкой) корпус может быть деформирован. Это, как правило, приводит к выходу регистратора iButton из строя. Для уменьшения влияния внешних ударных воздействий при креплении следует дополнительно применять специальные защитные скобы из прочного металла.

Организация обслуживания

Наиболее рационально при обслуживании большого числа территориально рассредоточенных регистраторов использовать в составе ИИС специализированные переносные приборы – транспортеры данных (рис. 2), предназначенные для работы в полевых и промышленных условиях. При прикосновении щупа-зонда транспортера к металлическому корпусу регистратора iButton в течение нескольких секунд полная информационная копия памяти последнего переписывается в энергонезависимую память. Если регистратор расположен в месте, неудобном для обслуживания, то дополнительно используют особый щуп-удлинитель. После того как собраны информационные копии памяти всех регистраторов,

данные из транспортера переносятся в стационарный ПК для дальнейшего анализа. Первые модели транспортеров данных, разработанных в ОАНИ ИЯР РНЦ «КИ», были оборудованы блоком встроенной флеш-памяти и последовательным портом RS232, через который и осуществлялась операция переноса. В настоящий момент наиболее перспективным решением является прибор iB-Flash, в котором было решено отказаться от встроенной флеш-памяти и каких-либо средств связи с ПК. Запись информации осуществляется на карты памяти форматов SD или MMC, которые могут быть затем прочитаны на ПК при помощи стандартного считывателя флеш-карт.

Очевидно, что процедура обслуживания сети регистраторов при помощи транспортеров данных предельно проста, и ее можно поручить рядовому работнику склада. Обработка же и документирование данных на ПК должны выполняться оператором, обладающим надлежащей квалификацией. Оператор считывает информационные копии памяти регистраторов с транспортера данных, производит обработку полученных файлов и формирует отчеты о результатах измерений. При этом однозначно сопоставить ту или иную температурную или температурно-влажностную историю в конкретной контрольной точке позволяет текстовая со проводительная информация, хранящаяся в специальной области памяти каждого регистра тора. После считывания накопленной измерительной информации оператор готовит транспортер данных к новому обходу и передает его обходчику для выполнения следующего задания по сбору информационных копий памяти регистраторов склада.

Выбор интервала между измерениями

Очень важным является выбор оптимальных параметров измерительной сессии. В данном приложении имеет смысл устанавливать кольцевой режим заполнения памяти, так как это позволяет отказаться от принудительного перезапуска регистраторов на новую сессию – все они будут работать непрерывно, а в их памяти будет содержаться всегда самая свежая измерительная информация. При этом надо так рассчитать периодичность обхода контрольных точек, чтобы избежать потерь части отсчетов вследствие их затирания более новыми.

Термохроны имеют память отсчетов объемом 2048 байт, один температурный отсчет в ней соответствует одному байту. У регистраторов iBDL память отсчетов вчетверо больше – 8192 байта. При этом можно выбирать режим сохранения отсчетов с 8- или 11-разрядной точностью (при 11-разрядной точности на каждый отсчет приходится 2 байта). Для термографов iBDL это означает, что в памяти может храниться 4096 либо 8192 отсчета; для гигрохронов (из-за их двухканальности) возможны различные комбинированные режимы, в которых количество отсчетов для каждого канала (температурного или влажностного) может быть равным 2048, 2560, 4096 либо 8192. Эти цифры справедливы и для самописцев iBDL, которые также двухканальны (первый канал – температура, второй – произвольная физическая величина). Но, как уже упоминалось выше, для температурных измерений в условиях складов-холодильников вполне достаточно точности измерения в $\pm 1^{\circ}\text{C}$, которая обеспечивается при 8-битном разрешении. Более важным преиму-



Рис. 2. Переносной транспортер данных iB-Flash

ществом применения регистраторов iBDL является возможность хранения большего числа отсчетов, а следовательно, и возможность снижения частоты обхода помещений (конечно, если это допускает специфика склада и складируемой продукции).

В таблице показано время заполнения буфера отсчетов регистраторов при различных значениях интервала между последовательными измерениями.

Как видно из представленной таблицы, даже при интервале 1 мин и объеме памяти 2048 отсчетов (термохрон DS1921G-F5) буфер будет полностью заполнен лишь по прошествии почти полутора суток, что позволяет при регулярных ежесуточных обходах избежать потерять измерительной информации. Однако задавать интервалы менее 3 мин без крайней необходимости не рекомендуется, так как это приводит к быстрому истощению встроенно-го литиевого элемента питания, что для защищенных неразборных регистраторов iButton равнозначно прекращению функционирования всего устройства в целом (самописцы iBDL свободны от этого недостатка). По данным производителя, ресурс элемента питания термохрона DS1921G-F5 определяется либо максимальным количеством измерений – 1,2 млн, либо нормативным сроком службы – 10 лет непрерывной эксплуатации в зависимости от того, какое условие выполнится первым. Легко подсчитать, что при интервале между последовательными измерениями 1 мин элемент питания вырабатывает свой ресурс уже через 2,28 года, тогда, как при интервале 5 мин ресурс будет определяться уже 10-летним сроком службы.

Время полного заполнения буфера последовательных отсчетов

Объем памяти, число отсчетов	Время заполнения буфера (ч) при интервале между измерениями, мин				
	1	2	5	10	15
2048	34,13	68,27	170,67	341,33	512,00
4096	68,27	136,53	341,33	682,67	1024,00
8192	136,53	273,07	682,67	1365,33	2048,00

Современные холодильные установки чаще всего оснащаются дискретной системой регулирования температуры [2]. В этом случае процесс изменения температуры в охлаждаемом помещении будет носить периодический характер. При этом, как известно, холодильные установки рассчитывают таким образом, чтобы длительность рабочего режима в нормальных условиях эксплуатации составляла 75 % от общего времени [1]. Таким образом, можно упрощенно представить один цикл работы холодильной установки формулами

$$T(t) = m \frac{Q_T - Q_o}{c} t; 0 \leq t < 0,75\tau; \quad (1)$$

$$T(t) = m \frac{Q_T}{c} t; 0,75\tau \leq t < \tau, \quad (2)$$

где m – масса охлаждаемого продукта, кг;

Q_T – теплоприток, Дж/с;

Q_o – теплоотвод, Дж/с;

c – удельная теплоемкость охлаждаемого продукта, Дж/(кг·К);

τ – длительность цикла работы холодильной установки в нормальном режиме, с.

В связи с относительно небольшой точностью измерения температуры ($\pm 1^{\circ}\text{C}$) рекомендуется при выборе числа измерений кроме упомянутого выше правила минимального интервала пользоваться также простым эмпирическим правилом: для визуального анализа графика изменения температуры достаточно 5...10 отсчетов на один цикл работы длительностью τ .

Упрощение регламента обслуживания

Особенности регистраторов iButton позволяют при необходимости значительно упростить процедуру их обслуживания. Действительно, в нормальном режиме эксплуатации подробная информация о параметрах микроклимата складского помещения или холодильной камеры является избыточной. Однако если в какой-либо момент времени нарушены предельные критические значения контролируемых параметров, то тщательный анализ измерительной информации позволит прояснить причины произошедшей нештатной ситуации. В таких случаях для упрощения регламента обслуживания предлагается применять в дополнение к основным аппаратным средствам ИИС простой и недорогой переносной прибор – детектор тревог. После контакта с регистратором iButton такой прибор индицирует факт нарушения контролируемым параметром заранее установленных границ либо отсутствие таких нарушений. При этом прибор может быть заранее запрограммирован на любую заданную критическую длительность нештатной ситуации, и все краткосрочные нарушения, неопасные для контролируемого продукта, будут проигнорированы.

Благодаря исключительной простоте работы с детектором тревог обход контрольных точек можно поручить рядовому

работнику склада. В случае обнаружения при таком обходе фактов нарушения климатического режима следует считать накопленную в проблемных точках измерительную информацию и провести ее анализ при помощи более интеллектуальных переносных приборов либо прикладного ПО ИИС.

В настоящее время в ОАНИИЯР РНЦ «КИ» прорабатывается возможность создания детектора тревог на основе цифрового сигнального процессора (ЦСП). При каждом контакте с регистратором iButton ЦСП должен выполнять быстрое преобразование Фурье (БПФ) серии температурных отсчетов и сравнивать полученные коэффициенты с образцовыми коэффициентами для данного типа холодильного оборудования (вычисленными и записанными в память прибора непосредственно в начале эксплуатации). Предназначение такого прибора – выявление аномалий работы холодильного оборудования на ранних стадиях. Подразумевается, что для такого контроля в составе ИИС будет использоваться по одному выделенному регистратору iButton на каждую холодильную установку. Поэтому для повышения точности вычисления коэффициентов БПФ в качестве таких выделенных регистраторов целесообразно будет применять термографы iBDL, обеспечивающие более высокую точность измерения по сравнению с термохронами и обладающие увеличенным объемом памяти отсчетов.

Сети регистраторов iButton и оперативное оповещение

Все перечисленные способы обслуживания регистраторов iButton подразумевают сеансы

обмена данными лишь при касании корпуса регистратора специальным щупом, соединенным с ПК, КПК или переносным прибором. Однако интерфейс I-Wire позволяет объединить все регистраторы склада в единую проводную сеть. Несмотря на все перечисленные выше недостатки проводных сетей передачи измерительной информации в условиях холодильных складов, такое решение может быть применено в случае, когда требуется организовать оперативное оповещение персонала о нештатных ситуациях. Подобный подход оправдан, если персонал имеет возможность в короткие сроки устранить последствия нарушения климатического режима.

Наиболее удобным носителем информации о нештатной ситуации в данном приложении является в силу широкого распространения сотовой радиотелефонной связи текстовое SMS-сообщение. Для отсылки таких сообщений необходим специализированный прибор (рис. 3), подключенный к I-Wire-сети регистраторов склада и периодическичитывающий состояние их флагов нарушения контрольных пределов. Как только в сети будет обнаружен регистратор, у которого установлен хотя бы один такой флаг, прибор формирует SMS-сообщение с указанием времени и места возникновения нештатной ситуации и отправляет его по заранее заданному списку рассылки. Примером такого прибора может служить устройство MLGW06, разработанное автором [3].

В качестве ядра системы оповещения возможно использование и стационарного ПК с GSM-модемом. Однако суммарное их энергопотребление



Рис. 3. GSM-шлюз MLGW06

будет существенно больше энергопотребления специализированного прибора, а значит, в случае перебоев в энергоснабжении (которые чаще всего являются причиной нарушения температурного режима) будет затруднительно обеспечить электропитание системы оповещения. Стоит отметить, что даже в этой ситуации регистраторы iButton в силу своей автономности будут продолжать регистрацию климатических параметров склада, что позволит провести детальный анализ нештатной ситуации после ее устранения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гиль И.М., Гринников Ю.А., Канторович В.И., Мухин В.Г. Устройство, монтаж, техническое обслуживание и ремонт холодильных установок. – М.: Пищевая промышленность, 1972.
2. Изучающим основы холодильной техники. – М.: Холодильная техника, 2001.
3. Пархоменко П.К., Ольховский А.Г. Система удаленного мониторинга автономных энергетических установок // 4-я Курчатовская молодежная научная школа. Список аннотаций работ. – М.: РНЦ «Курчатовский институт», 2006.