

1. Цель проекта

Целью проекта является разработка системы контроля температурных режимов хранения, перевозки, эксплуатации материалов, продуктов, изделий, критичных к значениям или скоростям изменения температуры окружающей среды. Результатом проекта является комплект документации, необходимый и достаточный для организации серийного производства всех составляющих системы, а также её запуска в коммерческую эксплуатацию.

2. Проблематика проекта

Основными областями применения результатов проекта, в которых актуальны нерешённые на данный момент задачи (или существующие решения не полностью закрывают все проблемы), являются:

- фармацевтика и парфюмерия;
- перевозка и хранение продуктов пищевой промышленности;
- услуги в области лабораторной диагностики, связанные с транспортировкой и хранением исследуемых биоматериалов и реагентов;
- перевозка и хранение продуктов химической промышленности.

Одним из стратегических направлений развития и условием достижения успеха компаний, работающих в этих отраслях, является функционирование и постоянное улучшение системы управления качеством. Неотъемлемой, а зачастую, значительной частью этой системы является контроль в области хранения и транспортировки продукции компаний. Особенно это актуально применительно к объектам, чувствительным к температурному режиму хранения и транспортировки. Примерами могут служить продукты питания, требующие заморозки, термолабильные фармпрепараты, детское питание, материалы и полуфабрикаты химических производств и т.д.

Существующие системы контроля и фиксации температурного режима хранения и транспортировки термочувствительных товаров не позволяют оперативно получить полный температурный профиль окружающей среды, в котором продукт находился с момента отгрузки до момента передачи конечному потребителю.

Из анализа существующих систем температурного мониторинга можно выделить следующие актуальные задачи и проблемы:

1. Отсутствие непрерывного последовательного цикла фиксации температуры хранения и транспортировки товаров. Зачастую с момента выпуска продукции до момента приобретения её конечным потребителем меняется большое количество субъектов, ответственных за хранение и транспортировку. Вследствие чего, размывается ответственность за соблюдение условий транспортировки.
2. Отсутствие индивидуального контроля каждой единицы товара. Контроль осуществляется в больших объёмах помещений, рефрижераторов, контейнеров и т.п. и распространяется на большие партии товаров.
3. Информационная закрытость существующих систем контроля температурных режимов. Конечный потребитель (покупатель, переработчик и т.п.) товара не имеет доступа к данным этих систем по конкретной единице товара.
4. Отсутствие унификации данных систем. Каждый разработчик или эксплуатант системы не обязан соблюдать какие-то требования по совместимости и информационной открытости. Это приводит к снижению достоверности и степени доверия к предоставляемым этими системами результатам мониторинга.
5. Отсутствие возможности у конечного потребителя оперативно получить необходимую информацию о режимах хранения и транспортировки, определяемых и требуемых к соблюдению производителем данного товара или продукции.
6. Высокая стоимость существующих систем. Большие затраты на их функционирование и обслуживание.
7. Отсутствие возможности масштабирования системы в рамках региона, страны и т.д.

3. Существующие конкурирующие решения

По способу применения и степени сложности предложенные на сегодняшний день устройства контроля температурных режимов можно разделить на два класса:

- электронные логгеры температуры;
- однократные регистраторы температуры.

Электронный логгер (самописец) представляет из себя электронный прибор длительного многократного использования. Логгеры, как правило, имеют следующие характеристики и особенности:

1. Прочный корпус.
2. Значительные габариты.
3. Автономный источник питания (аккумулятор или сменяемая батарейка).
4. Дисплей.
5. Кнопки управления.
6. Интерфейс с компьютером (USB, Bluetooth и т.д.).

Примеры промышленно выпускаемых логгеров приведены ниже.

Логгер данных температуры testo 184 T3

<https://www.testo.ru/ru-RU/testo-184-t3/p/0572-1843-01>



Логгер температуры Fresh-TagPlus

<https://iloggers.ru/temperaturnye-loggery-fresh-tagplus>



Одноразовые регистраторы выпускаются в виде небольших электронных устройств с автономными незаряжаемыми источниками питания, имеющих какой-либо интерфейс для считывания сохранённых в памяти измеренных значений температуры.

Данные регистраторы используются в течении одной операции транспортировки и/или хранения и после считывания измерительных данных утилизируются.

Ниже приведены примеры одноразовых регистраторов температуры.

Решения компании Blulog <http://blulog.eu/>



Решения компании Smartrac <https://www.smartrac-group.com/>



Анализируя характеристики существующих решений, можно выделить следующие их особенности, являющиеся недостатками относительно задач, решаемых в проекте:

1. Габариты.

Электронные самописцы (логгеры) как правило устанавливаются в больших помещениях для хранения или закладываются в контейнеры. При этом отсутствует индивидуальный контроль конкретной единицы продукции.

Одноразовые регистраторы чаще всего выполняются в типоразмере смарт-карты и могут контролировать температуру в упаковках, коробках и т.д., что также исключает индивидуальный контроль за единицами товаров.

Нет возможности разместить устройство контроля в индивидуальную упаковку.

2. Стоимость.

Самую низкую стоимость имеют одноразовые регистраторы. Их цена начинается с минимального порога 5-6\$. Анализ предложений китайской индустрии «*popate*» показал примерно такие-же цифры.

Это исключает экономическую целесообразность применения данных устройств для контроля товаров с относительно низкой стоимостью.

3. Диапазон измеряемых температур.

Из всех представленных на рынке изделий нет решений с контролем температур, охватывающих промышленный диапазон -40..+85 град. С. Значительная часть регистраторов имеют нижнюю границу измерений -20 град.С, что приемлемо, например, для пищевой промышленности в случае контроля заморозки продуктов в рефрижераторах и холодильных камерах, но недостаточно для других отраслей. Например, транспортировка товаров железнодорожным транспортом товарными вагонами или на платформах в контейнерах допускает температуры окружающей среды ниже 20 град.С. Аналогичная ситуация и для верхнего потолка контроля температуры.

4. Ограниченный доступ к данным регистраторов.

Как правило, все электронные регистраторы температуры используются на участках оптовой логистики. Конечному потребителю (покупателю, пользователю) данные регистраторов не доступны.

5. Требования к разрабатываемой системе

Исходя из анализа недостатков существующих решений и учитывая потребности рынка как в настоящее время, так и в перспективе, к разрабатываемой в рамках текущего проекта системе предъявляются следующие требования:

1. Контроль должен охватывать все этапы транспортировки и/или хранения, начиная от выпуска с производства до момента получения конечным потребителем.
2. Решение должно быть масштабируемо. Составные части системы могут быть применены как для небольших логистических операций, так и для комплексов государственного или мирового масштаба.
3. Результаты контроля должны быть доступны на любом этапе.
4. Процедуры получения результатов контроля, их анализ должны быть просты и доступны рядовому потребителю. Не требуется дополнительного обучения или иных затрат для работы с системой в качестве пользователя данных.
5. Стоимость электронных регистраторов должна быть в разы меньше существующих аналогов. Предварительная оценка максимальной стоимости регистратора составляет 1\$. При массовом производстве (от 100 тыс. шт.) регистраторов целевая стоимость должна стремиться к отметке 0,5\$.
6. Необходимо реализовать несколько конструктивных решений электронных регистраторов для применения с различными видами контролируемых объектов. Электронные регистраторы могут быть выполнены в виде:
 - наклеек (стикеров);
 - закладок;
 - пластиковых пломб.
7. Электронные регистраторы должны иметь герметичный, ударопрочный, желательно, гибкий корпус. Габариты регистратора в минимальном конструктивном исполнении должны соответствовать размерам microSIM-карты (15мм x 12 мм).
8. Диапазон измеряемых температур должен лежать в диапазоне -40..+85 град.С.
9. Управление регистратором и считывание данных из него должны производиться бесконтактным методом, например, с помощью RFID-технологии. При этом чтение данных может производиться на расстоянии до 10 см между регистратором и считывающим устройством, в том числе через упаковку из радиопрозрачных материалов.

10. Время непрерывной работы регистратора варьируется от частоты замеров температуры. При частоте регистрации 1 замер в минуту длительность непрерывной работы регистратора должна составлять не менее 5 суток. При частоте 1 замер в час – 1 месяц.
11. Регистратор должен иметь собственный встроенный источник энергии, достаточный для работы регистратора в течении всего цикла контроля объекта.
12. Регистратор является однократно используемым изделием. После выполнения процедуры регистрации температуры и получения сохранённых измерительных данных дальнейшая эксплуатация регистратора не допускается. Необходимо предусмотреть средства блокировки работы регистратора после считывания из него данных. Это предотвратит нелегальное применение регистраторов с заведомо ложными данными.
13. Каждый регистратор должен иметь уникальный заводской номер (ID), который может считываться тем же способом, как и измерительные данные, но не перезаписываться никакими способами. Это служит дополнительной защитой от фальсификации измерительной информации.
14. Необходимо предусмотреть возможность прошивки в регистратор профиля частоты измерений. Эта функция позволит менять частоту измерения температуры по внутренним часам регистратора, что позволит увеличить частоту измерений в моменты возможных колебаний температуры окружающей среды, например, во время перевозки и сократить при стабильных значениях температуры, например, во время хранения на складе. Это приведёт к увеличению продолжительности времени функционирования регистратора в режиме мониторинга температуры окружающей среды.
15. Обмен информацией с регистратором должен осуществляться в двух режимах: командном (привилегированном) и пользовательском. В командном режиме производятся настройки работы регистратора и запуск процесса мониторинга. Командный режим обмена осуществляется с помощью специальных устройств – терминалов. Запуск процесса мониторинга осуществляется однократно. В пользовательском режиме производится считывание измерительной информации. Пользовательский режим доступен как через специальные терминалы, так и с использованием устройств, работающих под управлением операционных систем Android или iOS (смартфоны, планшеты и т.п.) и имеющих в своём составе аппаратный считыватель RFID.

16. Терминалы, разрабатываемые в рамках этого проекта, предназначены для начальной инициализации (конфигурирования) регистраторов, их тестирования и запуска процесса мониторинга. Терминалы могут быть выполнены в виде носимых устройств или как стационарные конструкции, например, на конвейерной ленте на производстве.
17. Для организации массового комплексного мониторинга с использованием регистраторов необходимо разработать комплект программного обеспечения, включающий в себя:
- технологическое ПО, используемое в командных терминалах;
 - приложения для операционных систем Android и iOS для работы на смартфонах или планшетах;
 - серверное программное обеспечение.
18. Технологическое ПО для терминалов позволяет работать с регистраторами в командном (привилегированном) режиме и имеет полный доступ ко всем настройкам и функциям регистратора. Если командный терминал имеет сетевой интерфейс (Ethernet, Wi-Fi, GSM и т.п.), то технологическое ПО организует канал связи, в т.ч. криптографически защищённый с сервером.
19. Приложения для устройств, работающих под управлением операционных систем Android или iOS, предназначены для широкого круга пользователей. Данные приложения позволяют считать из памяти регистратора общедоступную измерительную информацию и дополнительные данные о самом регистраторе и контролируемом продукте для дальнейшего анализа и визуализации на экране устройства. Пользовательские приложения также могут связываться с удалённым сервером для получения дополнительной информации о товаре. Например, можно запросить рекомендуемые производителем температурные профили транспортировки и хранения и сравнить с имеющимися данными регистратора. Также производители и другие заинтересованные субъекты процесса посредством приложений пользователей могут собирать статистику по товарам и продуктам.

20. Серверное программное обеспечение располагается на удалённых физических или облачных серверах и выполняет следующие функции:

- учёт регистраторов по их уникальным ID, контроль за их использованием, инициализацией и блокировкой. Предотвращение клонирования регистраторов или их несанкционированного использования с целью фальсификации измерительной информации;
- формирование настроек регистраторов для их конфигурирования через командные терминалы;
- хранение и предоставление пользователям рекомендуемых производителями температурных условий хранения и транспортировки продукции;
- хранение и предоставления пользователям дополнительной информации о контролируемой продукции (дата выпуска, срок годности и т.п.);
- анализ собранных данных, составление отчётов, ведение статистики.

6. MVP проекта

Для демонстрации основных функций системы предлагается в качестве MVP разработать и реализовать/изготовить следующие её составляющие:

- действующий прототип регистратора;
- пользовательское приложение для Android с ограниченным набором функций;
- серверное ПО с минимальным функционалом.

Регистратор будет выполнен в виде закладки или наклейки с габаритами, соответствующими выше озвученным требованиям. Электронная часть будет выполнена на гибкой печатной плате, корпус - из силикона. Таким образом регистратор будет ударопрочным, герметичным и устойчивым к изгибам. Тестовые экземпляры регистраторов по функционалу будут полностью соответствовать серийным образцам.

Пользовательское приложение будет разработано для смартфона под управлением ОС Android. Обмен данными с регистратором будет производиться по радиointерфейсу NFC. Соответственно в регистраторе тоже будет приёмопередатчик NFC. Приложение будет иметь графический интерфейс и выполнять следующие функции:

- настройка регистратора в командном режиме (только для демонстрации);
- запуск процесса мониторинга температуры;
- считывание данных из памяти регистратора;
- визуализация полученных данных в виде таблиц и графиков;
- передача данных на сервер, получение результатов анализа.

Серверное программное обеспечение в рамках разработки MVP будет выполнять чисто демонстрационные функции:

- получать запрос на соединение от пользовательского приложения;
- принимать измерительные данные;
- проводить анализ данных;
- пересылать пользовательскому приложению результаты анализа;
- сохранять данные и результаты анализа в виде файлов (например, *.pdf).

Имея все три демонстрационные составляющие можно полностью продемонстрировать функционал разрабатываемой системы.