



ИК-ТЕПЛОВИДЕНИЕ КАК СРЕДСТВО СВЕРХРАННЕГО ОБНАРУЖЕНИЯ МЕСТА ПОЖАРА ИЛИ ПЕРЕГРЕВА ОБОРУДОВАНИЯ

Е.Г. Сайдулин, В.А. Шатохин (ООО «ЭТРА-спецавтоматика»),
М.В. Рукин (ООО «Компания ЭРВИСТ»)

Представлена отечественная разработка - устройство, которое с помощью тепловизионной съемки автоматически без участия оператора осуществляет круглосуточный контроль над перегревом оборудования. Представлены его технические характеристики, особенности и области применения.

Ключевые слова: тепловизор, ИК-тепловыделение, контроль перегрева, сверхраннее обнаружение пожара.

Идея сверхраннего обнаружения перегрева и пожара витает давно. Действительно, очень заманчиво: предотвратить пожар на стадии, когда достаточно стакана воды или для предотвращения опасного перегрева достаточно выдернуть вилку прибора из сети. При этом практически нет ущерба не только от пожара, но и от тушения пожара. Также при своевременном обнаружении перегрева прибор остается ремонтнопригодным. Для этого нужно контролировать температуру поверхности физических тел, выделяя температуру ненормальную для контролируемого тела. Зная температуру на поверхности вещества в начальный и в некоторый зарегистрированный (или контролируемый) моменты времени, можно оценить ситуацию и спрогнозировать характер развития будущего пожара и остальные параметры, необходимые для принятия мер по предупреждению дальнейших негативных последствий [1]. Отметим, что при возникновении пожарной ситуации именно тепло является первичным признаком пожара.

Процесс перегрева может быть длительным, постоянным, зависеть от нагрузки (электрической, механической) и других факторов. Например, процесс развития дефекта в болтовом электрическом контакте соединения был исследован фирмой «Инфраматрикс» (США) на действующем присоединении при токе нагрузки 200 А. Эксперимент показал, что процесс развития дефекта при отсутствии внешних климатических, вибрационных и иных факторов и стабильной во времени нагрузке может протекать весьма длительно¹.

Но к каждому вероятному источнику пожара, к каждому устройству не прикрепишь термометр. Наиболее

реально контролировать температуру поверхности тела с помощью бесконтактного способа, дистанционно анализируя инфракрасное излучение от объекта.

Инфракрасный анализ поверхности объекта

Инфракрасная термография — достаточно эффективная технология для обнаружения точек повышенного нагрева оборудования и нагретых точек контактов в местах электрических соединений.

Тепловизионные приборы (тепловизоры) определяют поверхностную температуру объекта бесконтактным способом, что позволяет провести количественный анализ повышения температуры и контролировать процессы, которые проходят скрытыми за оболочкой или преградами, вне зависимости от условий освещения.

Впервые инфракрасное излучение было зарегистрировано английским астрономом сэром Уильямом Гершелем в 1800 г. В XX веке исследование инфракрасного излучения как метода исследования обрело строгую научную базу благодаря фундаментальным работам Планка, Эйнштейна, Кирхгофа, Ламберта, Голицина, Вина в области теплового излучения. Практическому применению тепловидения дало мощный толчок развитие полупроводниковой электроники в 60–70 гг. XX века.

Сегодня благодаря появлению электронных матричных систем, неохлаждаемых болометрических матриц, улучшенных метрологических характеристик тепловизор стал доступным устройством.

Используя закон Кирхгофа, получено основное уравнение ИК термографирования, показывающее связь между истинной и радиационной температурой [2].

¹ <https://leg.co.ua/stati/podstancii/teplovizionnyy-kontrol-kontaktnyh-soedineniy.html>

Зная истинную температуру можно выделить критическое состояние объекта — предельное состояние объекта, выход из которого приводит к повреждению или возгоранию объекта. Критическое состояние характеризуется абсолютной температурой объекта T , температурой относительной к температуре воздуха или скоростью приращения абсолютной температуры объекта $\Delta T/\Delta t$.

Разновидности тепловизоров

На сегодняшний день на практике используются два типа тепловизоров.

1. Тепловизор, интегрируемый в систему видеомониторинга и передающий термограммы без анализа тепловизором. На основе анализа видеокadra тревожную ситуацию выделяет программное обеспечение, размещенное на сервере системы видеонаблюдения. Примером может служить система Opgal Optronic Industries Ltd., США (<https://www.opgal.com>), предназначенная для предприятий по переработке отходов. На этих предприятиях перерабатываемый материал складывается в большие кучи, представляющие собой смесь тканей, пластика, металла и резины, часто промасленные. Эта смесь материалов очень чувствительна к воспламенению и горению.

2. Автоматический аналитический тепловизор — это измерительное тепловизионное устройство, которое автоматически анализирует термограмму, выделяет тревожную ситуацию по критериям, устанавливаемым пользователем при установке устройства, и передает на верхний уровень факт обнаружения тревожной ситуации. Применение таких устройств значительно снижает сложность системы, затраты на установку, эксплуатацию, верхний уровень системы, в то время как стабильность системы значительно улучшается.

Такие устройства выпускает, например, компания FLIR Systems (США) — тепловизионные камеры FLIR FC-серии S с функцией измерения температуры и программируемым предупреждением об опасности (<https://www.flir.eu>). При превышении или уменьшении температуры объекта контроля срабатывает сигнализация, которая проинформирует оператора по E-mail, подаст цифровой сигнал по TCP/IP.

Также компания Automation Technology GmbH (Германия) в серии IRSX предлагает интеллектуальные автономные тепловизионные системы, предназначенные для промышленного использования (<https://www.automationtechnology.de>). Камеры IRSX реализуют подход «все-в-одном»: объединяют калиброванный тепловизионный датчик с мощным процессором обработки данных и различные промышленные интерфейсы в компактном прочном корпусе класса защиты IP67, который можно разместить даже в ограниченном пространстве.

Тепловизионный индикатор критических состояний «Снегирь»

Рассмотрим автоматический аналитический тепловизор «Снегирь», разработанный ООО «ЭТРА-



Рис. 1. ТИКС «Снегирь»

спецавтоматика» (Россия). Прибор отнесен к категории индикаторов, так как последние не подвергаются проверке, поэтому отсутствует необходимость в периодическом демонтаже, проверки и повторном монтаже. Достаточно (и необходимо) осуществлять контроль над исправностью устройства, чтобы использовать средства измерения контроля над технологическими параметрами, для которых не нормируется точность измерений.

Назначение устройства — автоматический контроль над критическим состоянием объекта, которое характеризуется установленным порогом абсолютной температуры. Исходя из назначения и конструктивных особенностей, устройство именуется Тепловизионный Индикатор Критических Состояний (ТИКС) «Снегирь» (рис. 1).

ТИКС «Снегирь» — стационарный прибор, который обеспечивает непрерывное автоматическое тепловизионное наблюдение за объектом на протяжении нескольких лет. Прибор с интервалом 1,3 с автоматически получает и анализирует термограмму. Алгоритм оценки высокого риска возгорания (часто называемый алгоритмом поиска горячих точек) исследует термограмму и определяет пиксели, в которых превышен абсолютный температурный порог, заданный пользователем при установке. Если будут найдены признаки критического состояния, то ТИКС передает сигнал о тревоге.

В поле зрения могут находиться объекты, у каждого из которых может быть свой порог критической температуры. Например, в помещении может находиться чайник, для которого температура поверхности 80 °С — это нормальная рабочая температура. В той же комнате может быть розетка, для которой температура поверхности 60 °С — это явно ненормальная температура. Для наблюдения за объектами с разными критериями критического состояния при настройке ТИКС можно указать до восьми зон, очертив их контуры на термограмме сервисной про-

граммы, для каждой из зон можно указать свой порог критической температуры. Зоной может быть как площадь внутри контура (контур включения), так и площадь за пределами контура (контур исключения). После указания зон компьютер с сервисной программой передает данные о зонах (координаты и пороговая температура) в ТИКС «Снегирь».

Для предыдущего примера можно исключить чайник из анализа, не реагировать при любой его температуре, а для розетки установить порог критического состояния 40 °С. Поскольку ТИКС ищет критическое состояние, то анализируемая температура критического состояния цели составляет диапазон 20...230 °С.

Так как тревожный сигнал формируется автоматически, то ТИКС должен иметь очень малую частоту ложных тревог. Для этого используется алгоритм, который в термограмме выделяет пиксели с температурой не ниже установленного порога критического состояния, в последующих кадрах анализирует их поведение (сохранились, расширились, исчезли), и на основании этого прибор принимает решение о выдаче тревожного сигнала.

Для повышения точности измерения тепловизионными приборами нужно учитывать меняющиеся параметры, такие как солнечная радиация, резкие перепады окружающего воздуха, порывы ветра. ТИКС предназначен для работы внутри строительных конструкций, в которых относительно медленно меняется температура воздуха, сила воздушных потоков, отсутствует прямое солнечное излучение.

Системная интеграция ТИКС «Снегирь»

Средством передачи сигналов тревоги являются «сухие» контакты восьми реле (по числу контуров зон), которые коммутируются при обнаружении или исчезновении критического состояния, а также отдельные «сухие» контакты реле, которые коммутируются при обнаружении неисправности устройства. Предусмотрено подключение по интерфейсу RS-422.

Для получения термограммы используется компьютер с установленной сервисной программой, который подключается к ТИКС по интерфейсу RS-422 или по беспроводному интерфейсу Wi-Fi для установки в труднодоступных местах. Собственно канал обмена нужен редко: при наладке или считывании кадра тревожной термограммы из памяти устройства.

Для определения тревожной ситуации ТИКС визуальную термограмму непрерывно оператору не передает, поскольку выделение критического состояния происходит автоматически. Визуальная термограмма является вспомогательным средством. Она нужна при настройке индикатора на объекте, когда можно увидеть, что находится в поле зрения ТИКС, указать контурами зоны контроля и пороги температуры.

При необходимости увидеть причину тревоги и ее местоположение можно получить фиксированный кадр, который автоматически сохраняется в памяти ТИКС при тревоге. В фиксированном кадре отмечается контур зоны, в которой было выделено критическое состояние.

Технические характеристики ТИКС

В индикаторе ТИКС используется модуль инфракрасной матричной камеры, разрешение 80 x 60 пикселей. Это гораздо более эффективно, чем использование одноточечного болометра, поскольку в этом случае можно контролировать большую площадь и использовать алгоритмы защиты от ложных тревог, контролировать несколько объектов. Вместе с тем, по сравнению с ИК камерами большого разрешения такой модуль при меньших затратах решает задачу обнаружения критического состояния оборудования и помещений.

Технические характеристики

Напряжение питания, В	12 ± 1,2
Максимальный потребляемый ток, А	0,16
Спектральная чувствительность, мкм	8...14
Число чувствительных элементов (ГхВ), ед.	80x60
Угол обзора горизонтальный, гр.	51
Угол обзора диагональный, гр.	63,5
Мгновенный угол поля зрения iFOV, мрад	11,127
Коэффициент излучения контролируемых объектов	0,7...1,0
Дальность до контролируемых объектов, м	< 50
Макс. скорость приближающегося объекта, м/с	15,6
Устойчивость к электромагн. обстановке	3 степень
Степень защиты оболочкой	IP65
Эксплуатационная температура, °С	5...50

Особенности ТИКС «Снегирь»

- обеспечивает непрерывное измерение, анализ температуры поверхностей физических тел и определение критического состояния автономно;
- обеспечивает безопасность оператора — осуществляет измерения без его участия;
- обеспечивает контроль в труднодоступных местах;
- обеспечивает показательность — термограмма позволяет увидеть причину тревоги;
- определяет точное месторасположение аномальной температуры;
- малоинерционно;
- позволяет контролировать движущиеся объекты;
- «не видит» потоков горячего и холодного воздуха; пары, туман и пыль в воздухе;
- не требует периодической метрологической поверки.

Области применения ТИКС «Снегирь»

Заключение

Таким образом, представлена отечественная разработка, являющаяся аналогом известных зарубежных решений. Прибор способен решать следующий ряд важнейших народно-хозяйственных задач.

- Мониторинг технологического оборудования.
- Контроль над узлами и устройствами производствен-

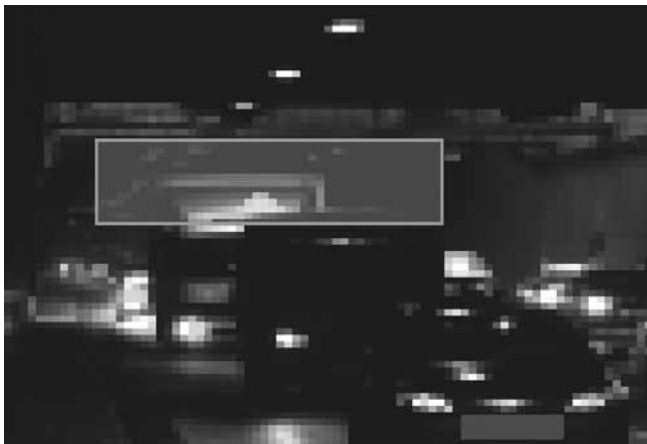


Рис. 2. ТИКС «Снегирь» в автомобильном тоннеле. Зафиксировано превышение пороговой температуры 60 °С в зоне 1 (коричневый контур с заливкой) верхней части кузова грузового автомобиля

ных линий или другого технологического оборудования, у которых существует риск разрушения или возгорания в результате перегрева или неправильной работы [3].

— Мониторинг мест хранения материалов. Контроль пожарной опасности, предотвращение самовозгорания или загрузки горячего материала в угольных складах [4], отвалах, в нефтяной и химической промышленности, в складах древесины.

- Противопожарный контроль.
- Обнаружение перегрева токоведущих частей в энергетике и электротехнике, вызванное увеличением сопротивления контакта, обнаружение предаварийного и аварийного режима высоковольтных устройств, трансформаторов, электродвигателей и пр. [3].

- Мониторинг в транспортных тоннелях (рис. 2).
- Мониторинг теплового режима технологического процесса.

Список литературы

1. Артамонов В.С. Сверхраннее и раннее обнаружение загораний: понятия, границы применения и единство / Артамонов В.С., Поляков А.С., Иванов А.Н. // Пожаровзрывобезопасность. 2016. Т. 25. № 4. с.78-83.
2. Назаров А.А. Проверка пожарной опасности электрооборудования жилых и общественных зданий с помощью тепловизора. Методические рекомендации / Назаров А.А., Пехотиков В.А., Грузинова О.И., Рябиков А.И. // ФГБУ ВНИИПО МЧС России. М: 2004.
3. Лунегов М.В. Возможности инфракрасной термографии при оценке технического состояния элементов ленточных конвейеров / Лунегов М.В., Кузин Е.Г. // IX Всероссийская научно-практич. конф. молодых ученых «Россия молодая». 2017.
4. Sobocińska A. The Use of Thermovision in the Monitoring of Coal Storage Facilities as an Element of Safety Management in the Warehouse Management. 2019.

*Сайдулин Евгений Геннадьевич — директор,
Шатохин Владимир Анатольевич — ведущий инженер ООО «ЭТРА-спецавтоматика»,
Рукин Михаил Валентинович — генеральный директор ООО «Компания ЭРВИСТ».
E-mail: info@ervist.ru*

Аэрофлот внедрил систему мониторинга показателей в кризисную ситуацию

Компания ПАО «Аэрофлот» внедрила систему Control Tower для отслеживания в режиме реального времени ключевых показателей производственной деятельности подразделений и создания информационных панелей для специалистов кризисного штаба и руководства компании в случае наступления кризисных или сбойных ситуаций. Проект реализован компанией Integro Technologies совместно со специалистами заказчика.

При принятии решений в кризисную или сбойную ситуацию всем производственным департаментам необходимо общаться в едином информационно-коммуникационном пространстве, выгружать данные и строить прогнозы автоматически в режиме реального времени. Цель проекта — сокращение времени на отработку и реагирование на кризисную ситуацию, которое является ограниченным и ценным ресурсом, влияющим в отдельных случаях на жизни и здоровье пассажиров.

Сотрудники ПАО «Аэрофлот» должны быть обеспечены единой многоканальной системой учета и визуализации всех производственных показателей суточного плана полета и оперативной деятельности при сбойной ситуации. Требовалось провести особую многоэтапную обработку и гармонизацию поступающих данных, разработать алгоритмы преобразования и быстрого расчета показателей, персонализировать визуализацию результатов в условиях работы системы в режиме реального времени.

Система Control Tower в Аэрофлоте на основе расчетных показателей позволяет максимально точно спрогнозировать риск ухудшения производственной деятельности за счет обработки и агрегации данных из порядка 15 производственных ИТ-систем на двое суток вперед и заблаговременно оповестить пользователей системы для выработки антикризисных решений.

Сегодня система предоставляет руководству авиакомпании, представителям штаб-экстренного реагирования и специалистам оперативной смены наглядную и достоверную информацию об обстановке в «Шереметьево». Доступны также данные по всем воздушным судам ПАО «Аэрофлот» за пределами базового аэропорта.

В качестве одного из следующих шагов планируется включить в состав системы модуль предиктивного анализа и применить алгоритмы машинного обучения для предсказания развития кризисной и сбойной ситуации в базовом аэропорту «Шереметьево».

В системе Control Tower также предусмотрена возможность сохранения и ведения исторических данных, записи показателей в период сбоя и расчета отдельных элементов, необходимых только в кризисной ситуации. Это является важным инструментом при дальнейшем разборе произошедших причин возникновения сбойной ситуации и оценке качества работы каждого подразделения.

<https://integrotech.ru>