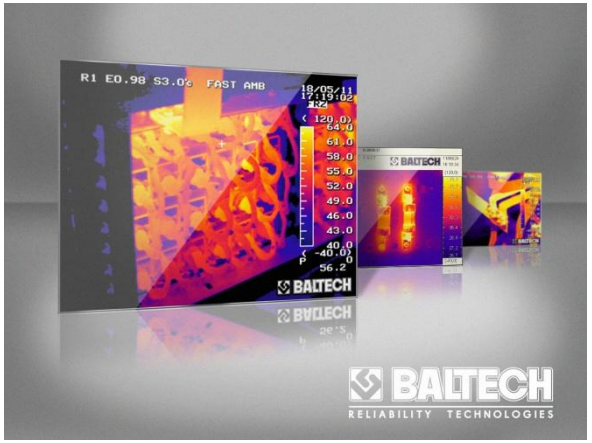
Основы тепловидения

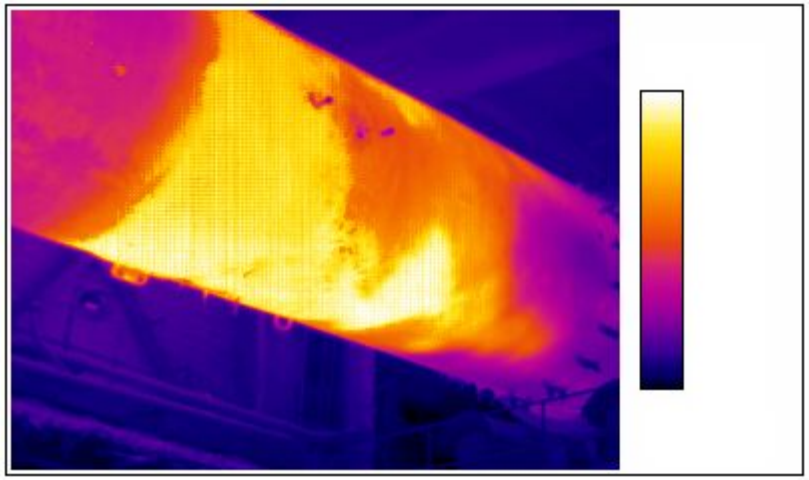


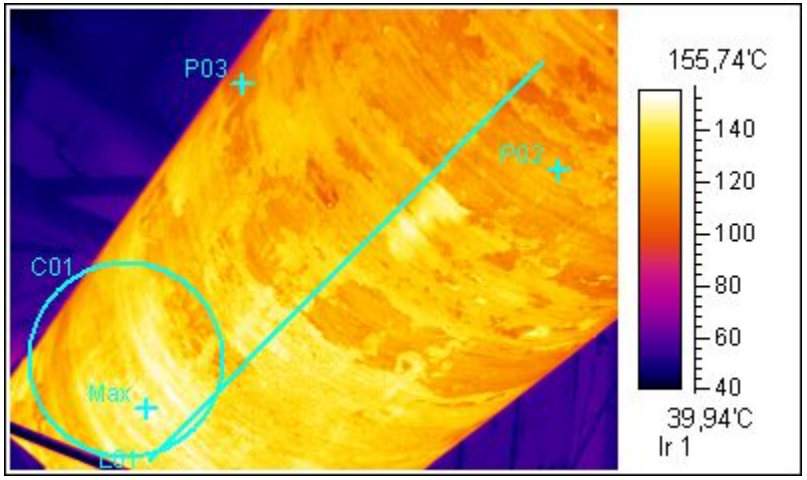
Директор по маркетингу и сбыту, к.т.н. Романов Р.А.

Введение

- Диагностика - учение о способах диагноза, установление диагноза.

- Диагностировать - устанавливать техническое состояние объектов, агрегатов, машин, механизмов.





Техническая диагностика

Большинство аппаратов, находящихся в эксплуатации не рассчитано на обычные эксплуатационные воздействия и не испытано на них при выпуске с завода, так как отсутствует методика ресурсных испытаний промышленного оборудования у производителя.

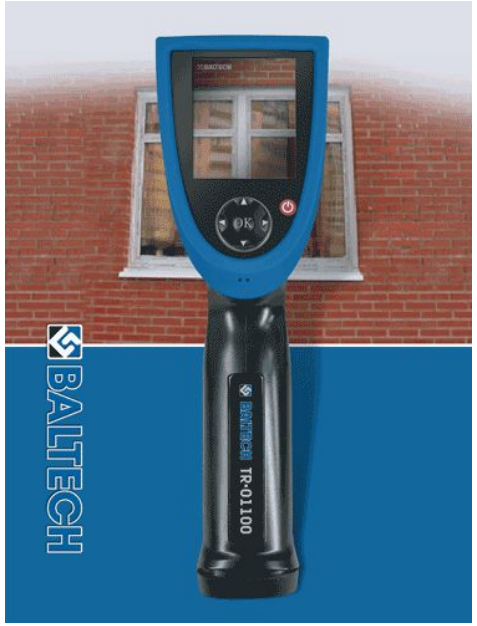
<u>Поэтому в эксплуатации приходится решать две основные проблемы с помощью диагностики:</u>

1. Выявлять развивающиеся дефекты, которые появляются после обычных эксплуатационных воздействий;
2. Определить остаточный ресурс или возможность надежной эксплуатации без капитального ремонта.

Техническая диагностика осуществляется либо, например, внешним осмотром, либо при помощи диагностической аппаратуры или диагностических программ.

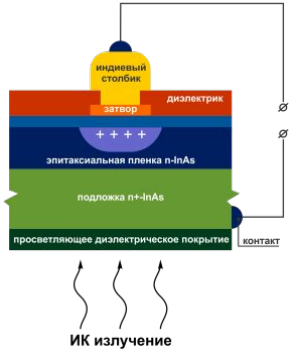
Вы хотите обнаружить завтрашние проблемы оборудования сегодня?

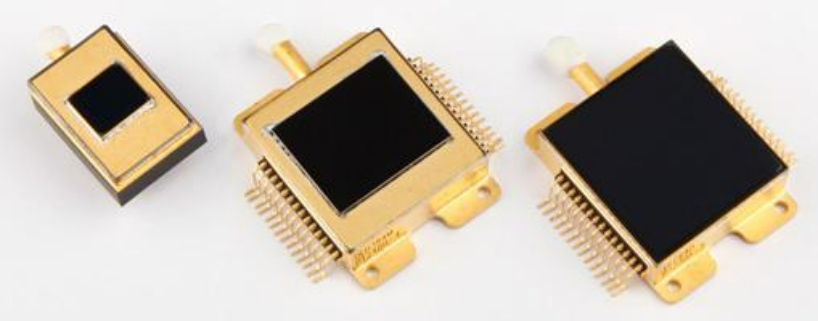
Обнаружение источников возникновения дефектов - это выявление мест, в которых дефект только развивается и со временем приведёт к выходу оборудования из «строя». Оперативно найти невидимые глазу зарождающиеся дефекты, позволяют устройства теплового контроля - тепловизоры.

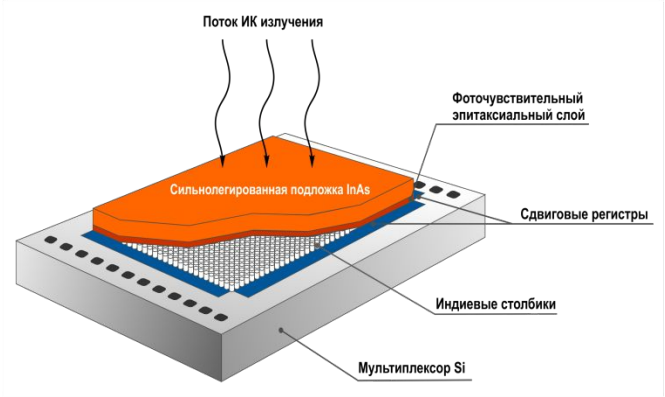


Определение тепловизора.

Тепловизор (инфракрасная камера) - оптико-электронный измерительный прибор, работающий в инфракрасной области электромагнитного спектра, "переводящий" в видимую область спектра собственное тепловое излучение объекта. Тепловизор напоминает телевизионную камеру. Чувствительный элемент тепловизора - матрица (решетка) миниатюрных детекторов воспринимает инфракрасные сигналы и превращает их в электрические импульсы, которые после усиления преобразуются в видеосигнал. Тепловизор может использоваться, как прибор для бесконтактного измерения температуры объектов и температурных полей.

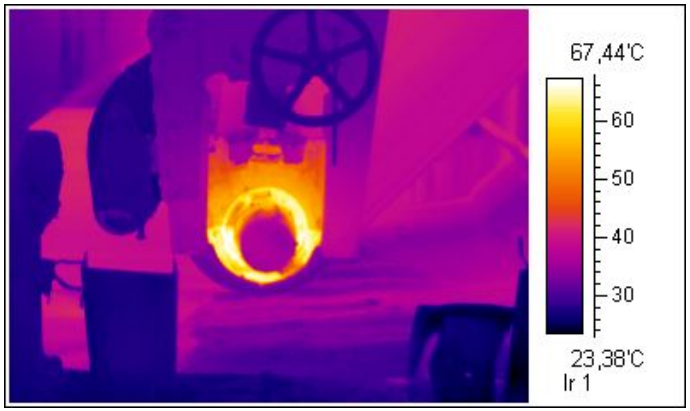


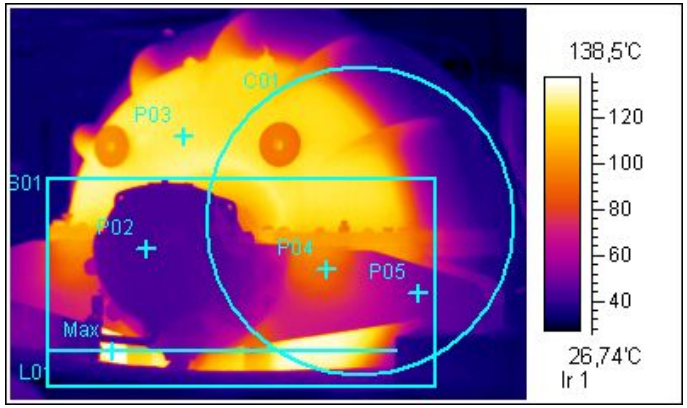




Классификация оборудования по категориям

- Критические основные агрегаты большой единичной мощности, где внеплановый отказ или авария сопровождается значительными потерями продукции, серьёзными экологическими последствиями и др.;
- Критические или склонные к внеплановым отказам основные агрегаты со сложным ТО, где внеплановый отказ подвергнет опасности остановки, но не прервёт основное производство;
- Критическое вспомогательное оборудование с несложным ТО;
- Некритическое вспомогательное оборудование.





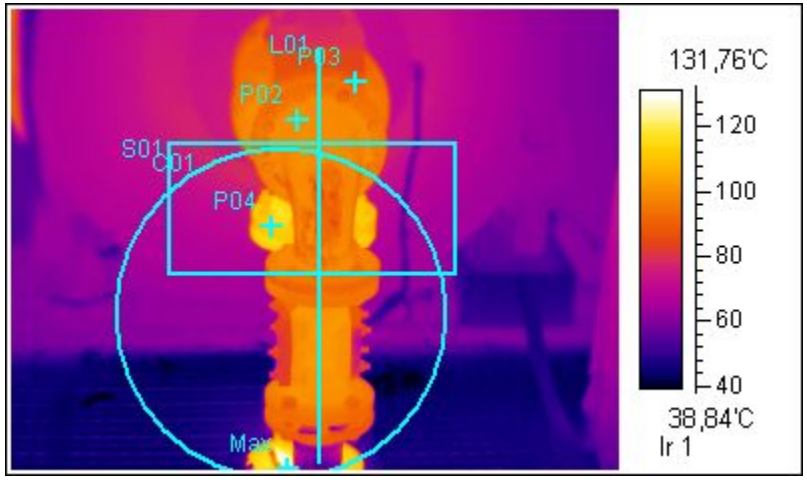
Этапы проведения диагностических измерений

- После монтажа или ремонта;
- После завершения приработки или в процессе эксплуатации;
- После нарушения технологического режима;
- Перед остановкой на ремонт.

Виды диагностических измерений

1.Контрольные измерения
- Текущее;
- Полное.

2.Специальные измерения



Области применения

Энергетика

- Состояние дымовых труб и газоходов,
- Обнаружение дефектов контактных соединений,
- Контроль систем охлаждения трансформаторов и т.п.,
- Контроль состояния щёточных узлов,
- Контроль теплоизоляции турбин, трубо- и паропроводов,
- Контроль за состоянием теплообменников, градирен.

Энергосбережение

- Энергоаудит,
- Диагностика ограждающих конструкций,
- Обнаружение теплопотерь зданий и сооружений,
- Определение теплоизоляционных свойств материалов.

Области применения

Нефтехимия

- Контроль температурных режимов технологических линий,
- Контроль резервуаров,
- Контроль реакторов.

Металлургия

- Контроль температурных режимов доменных печей и прокатных станов,
- Контроль футеровок,
- Контроль температурных режимов технологических линий.

Микроэлектроника

- Контроль тепловых режимов элементной базы,
- Контроль качества сборки печатных плат.

Области применения

Машиностроение

- Контроль подшипников, зубчатых передач, валов, муфт, клиновых ремней, шкивов, цепных приводов, конвейеров, воздушных компрессоров, сцеплений,
- Контроль температурных режимов сварки,
- Обнаружение несоосности оборудования,
- Термоэластический анализ напряжений материалов.

Железнодорожный транспорт

Автомобилестроение

Авиакосмическая техника

Аэросъёмка и др.

Историческая справка

1954 - компанией «BARNES» (США) разработан бортовой (авио) тепловизор

1962 - институтом «ГОИ им.Вавилова» (г. Ленинград) создан тепловизор «Радуга» (сканирование 1 снимка длилось 15 минут)

Начало 60-х - появление первого коммерческого европейского тепловизора компании «AGA» (Швеция),

1968 - коммерческие тепловизоры получают широкое распространение,

Начало 70-х - тепловизоры становятся мобильными,

1986 - жидкий азот заменяют термоэлектрическим охлаждением ИК приёмника,

1995 - выпуск нового поколения матричных FPA - тепловизоров

2010 - выпуск первого бюджетного тепловизора BALTECH TR-01100-Zero (детектор 160x120)

2014 - выпуск бюджетного тепловизора с детектором высокого разрешения BALTECH TR-01800 (детектор 640x480)

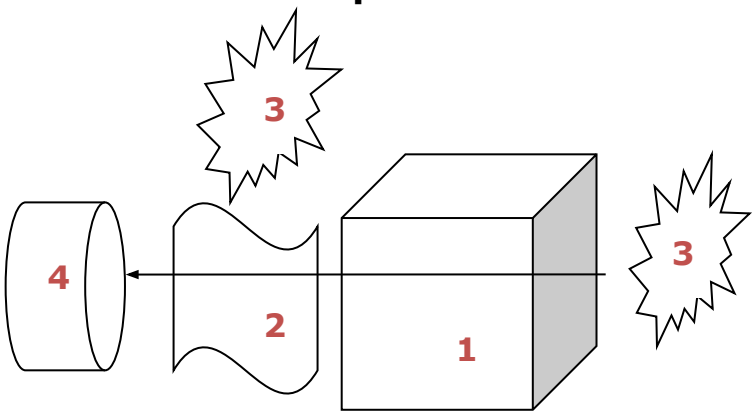
Схема измерения теплового излучения твёрдого тела

Мощность теплового потока **Ф**
Температура **Т**
Коэффициент пропускания **К**
Коэффициент излучения **Е**
Коэффициент отражения **Р**

Ф= КсрЕобФ(Тоб)+КсрРобЕвн Ф(Твн)+ КсрКобЕвн Ф(Твн)+ КсрЕсрФ(Тср)

Принимая, что объект непрозрачен **Коб=0** и пренебрегая поглощением среды получаем
Ф= ЕобФ(Тоб)+РобЕвн Ф(Твн)

1. **Объект контроля**
2. **Окружающая среда**
3. **Внешние объекты**
4. **Тепловизор**



ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ

- Все объекты, температура которых отличается от «абсолютного нуля», испускают ИК-излучение.
- Интенсивность ИК-излучения зависит:

  - от температуры объекта (чем теплее тело - тем выше интенсивность излучения).

  - от коэффициента излучения (физических свойств) материала объекта.

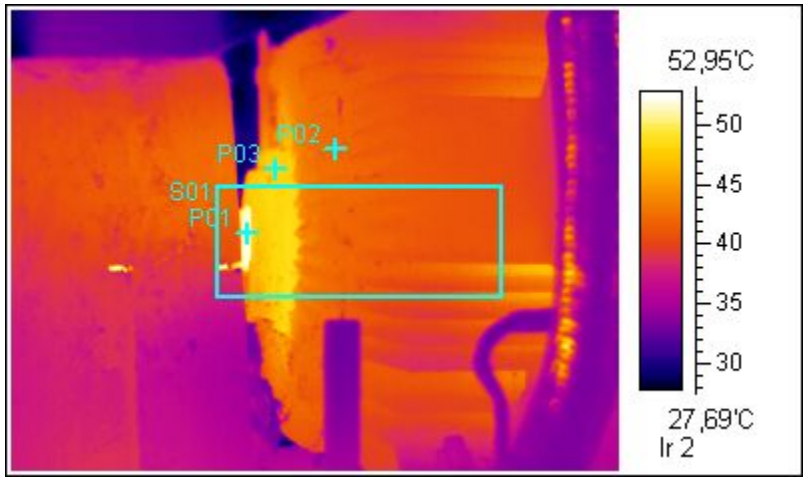
  - от свойств среды пропускания

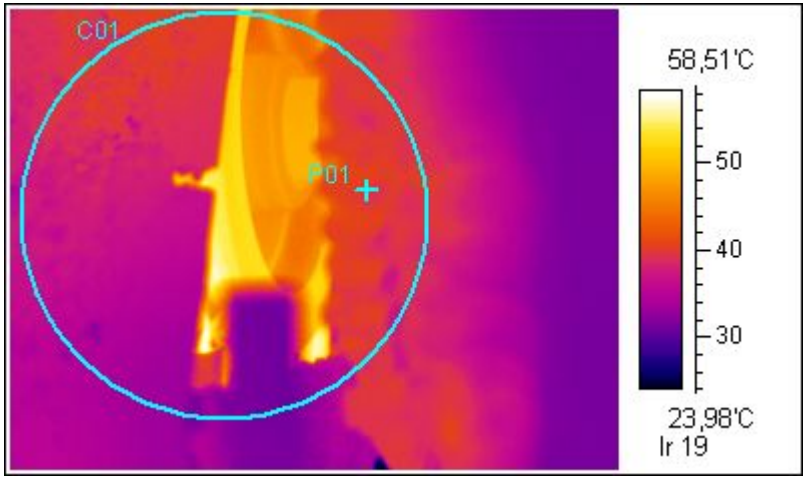
  - от расстояния до объекта.

Основы тепловизионного метода

Существует общее правило: если есть температурное пятно – вероятен дефект.

Величина температуры и нагрузка на обследуемом компоненте определяют насколько серьезным является дефект или может ли он появиться в других условиях.

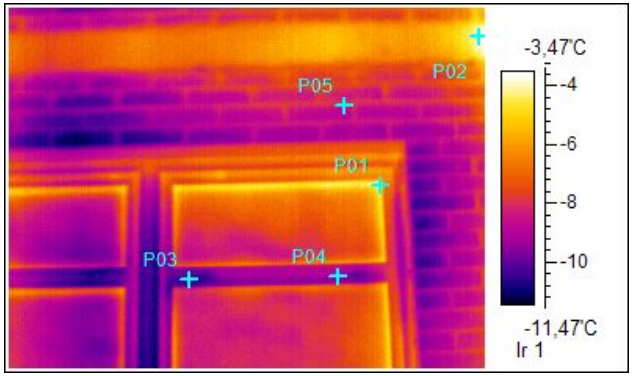


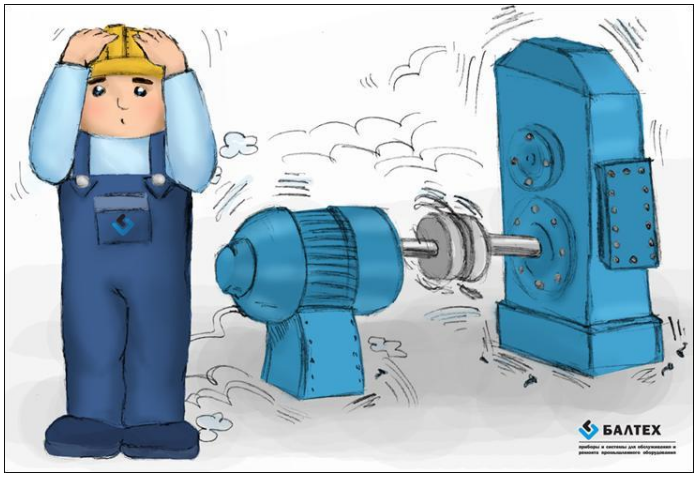


Основы тепловизионного метода

- Изменение температурного режима <u>всегда</u> предшествует выходу объекта или оборудования из строя.

- Механическое оборудование (подшипник нагревается за счет увеличения трения в связи с износом или недостатком смазки)
- Электрическое оборудование (нагревом сопровождается, как правило, повышение сопротивления контактной группы)
- Гидравлическое оборудование (возможен как нагрев, так и охлаждение в зависимости от типа оборудования)
- Здания и сооружения (потери тепла из-за дефектов ограждающих конструкций и их элементов)





Физические параметры, влияющие на ИК термограмму

- Температура объекта,
- Температура внешнего излучателя,
- Коэффициенты излучения, отражения и пропускания,
- Свойства передающей среды

ИК съёмка наиболее эффективна:

- Для объектов, близких по свойствам к АЧТ,
- При отсутствии паразитных засветок,
- На небольших расстояниях от объекта

ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ

Абсолютно черное тело (*полный излучатель, излучатель Планка*) поглощает все падающее на него излучение независимо от направления падения, спектрального состава и поляризации

Абсолютно черное тело можно также определить как тело, которое излучает наибольшее возможное количество энергии при данной температуре для всех длин волн

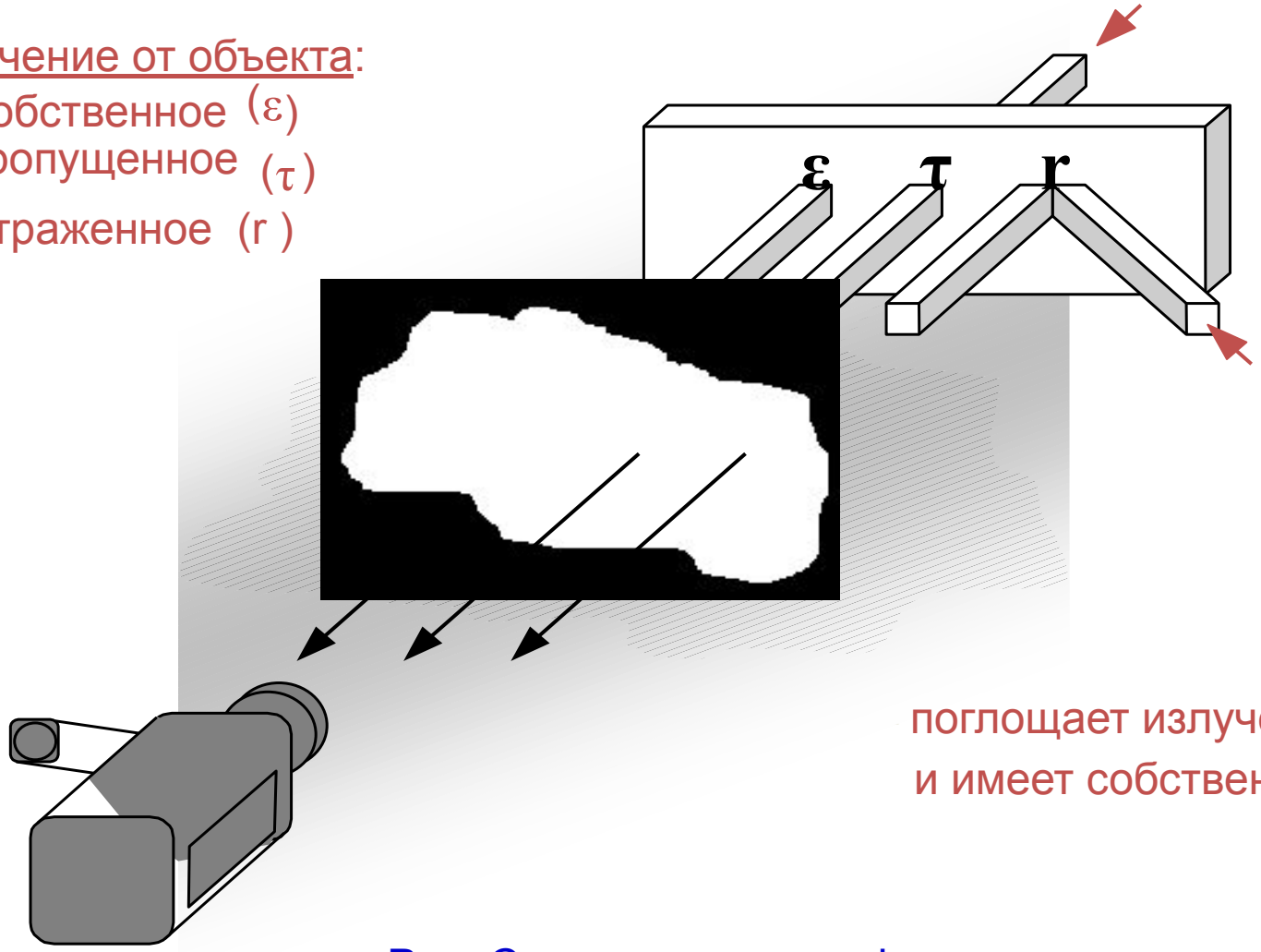
Нечерными телами в противоположность черным называют тела, коэффициент поглощения которых меньше единицы

Излучение от объекта:

собственное (ε)

пропущенное (τ)

отраженное (r)



атмосфера:

поглощает излучение от объекта

и имеет собственное излучение

Рис. Составляющие инфракрасного излучения

Коэффициенты излучения материалов, которые используются при выявлении дефектов высоковольтного оборудования:

Материал	Температура, °С	$\varepsilon_т$
Алюминий полированный	50...500	0,04...0,06
-“- *с шероховатой поверхностью*	20...50	0,06...0,07
-“- *сильно окисленный*	150...500	0,2...0,25
Медь полированная	50...100	0,02
-“- *окисленная*	50	0,06...0,7
-“- *покрытая толстым слоем окиси*	25	0,78
Сталь блестящая листовая	25	0,82
-“- *с шероховатой плоской поверхностью*	50	0,95...0,98
-“- *ржавая, красная*	20	0,69
-“- *оцинкованная*	20	0,28
-“- *окисленная шероховатая*	40...370	0,94...0,97
Чугун шероховатый, сильно окисленный	40...250	0,95
Краски масляные разных цветов	100	0,92...0,96
Лак черный, блестящий, распыленный на железо	25	0,88
-“- *алюминиевый, на шероховатой поверхности*	20	0,39
Стекло	22...100	0,94...0,91
Фарфор белый, блестящий	.....	0,7...0,75
-“- глазурованный	22	0,92
Бетон	20	0,92

Элементы теории теплопередачи

Виды теплопередачи:

1) <u>Теплопроводность</u> – передача тепла от более нагретого участка тела к более холодному

Закон Фурье (1784-1850)

$$\Phi' = -\lambda \, grad \, T$$

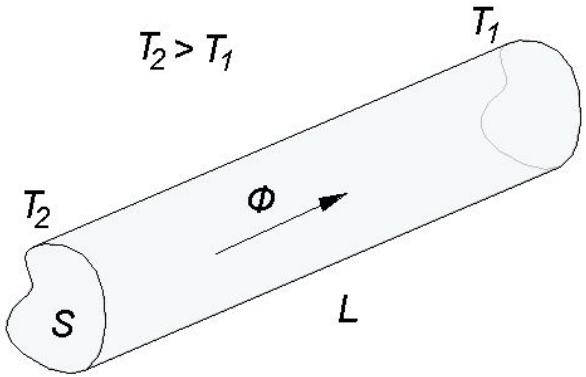
Φ' – плотность теплового потока (вектор), Вт/кв.м

λ – коэффициент теплопроводности, Вт/м град

T – температура, град

Стационарная теплопередача в стержне:

$$\Phi = S\Phi' = S\lambda \frac{T_2 - T_1}{L}$$



2) Конвекция - перенос тепла потоком газа или жидкости. Различают принудительную и естественную конвекцию .

Уравнение конвективного теплообмена на поверхности твердого тела

$$\Phi' = \alpha\left(T - T_0\right)$$

α – коэффициент теплоотдачи

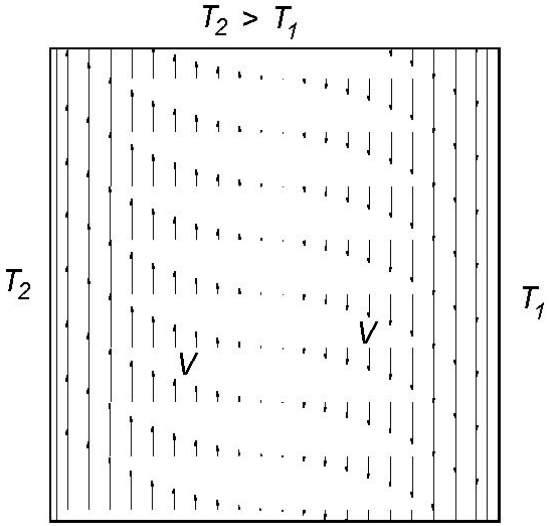
T – температура поверхности

T_0 – температура охлаждающего газа(жидкости)

Естественная ковекция в воздухе

$\alpha = 10 - 20$ Вт/кв.м К

$T_0 = 20 - 30°C$



Пример:

Конвективное течение воздуха между стенками

3) Излучение

Закон излучения Стефана-Больцмана (1884 г.)

утверждает пропорциональность 4-й степени абсолютной температуры T объёмной плотности энергии равновесного излучения **r** ($r = aT^4$, где a — постоянная) и связанной с ней полной испускательной способности **u**
($u = \sigma T^4$, где σ — постоянная Стефана-Больцмана).

Плотность потока, излучаемого поверхностью $\Phi' = g\sigma_{SB}T^4$

$\sigma_{SB} = 5.6710^{-8}\, W / m^2 K^4$ - постоянная Стефана-Больцмана

$0 < g \leq 1$ коэффициент черноты поверхности

Методики ИК диагностики

Подготовка к проведению обследования должна включать:

- общую теоретико-техническую часть в которой прорабатывается и излагается в виде справки исходная информация об обследуемом объекте, об узлах и компонентах узлов, требующих проведения контроля по температуре на основании как технической документации, так и уже имеющегося собственного или опубликованного опыта эксплуатации данного или аналогичного оборудования и обоснование подхода к диагностике данного объекта.
- определение и обоснование в первом приближении критериев оценки состояния объекта исследования в соответствии с планируемыми условиями проведения измерений и предполагаемыми результатами измерений
- определение необходимого набора оборудования основного и вспомогательного, последовательности действий персонала при проведении обследования (управление во времени параметрами процесса с целью создания определенных условий), выбор зон контроля и подходов для реализации обследования, разработку и реализацию мер по обеспечению выполнения правил техники безопасности

Методики ИК диагностики

- разработку и изготовление, в случае необходимости, дополнительной оснастки (щитов, навесов, площадок, кронштейнов для крепления) и установку их на площадке объекта обследования
- выполнение, в случае необходимости, математического моделирования объекта контроля, разработку алгоритмов расчётов и системы анализа результатов с учётом специфики объекта

Применение тепловизоров

Планово-предупредительное обслуживание, ОФС, ПАО промышленного оборудования

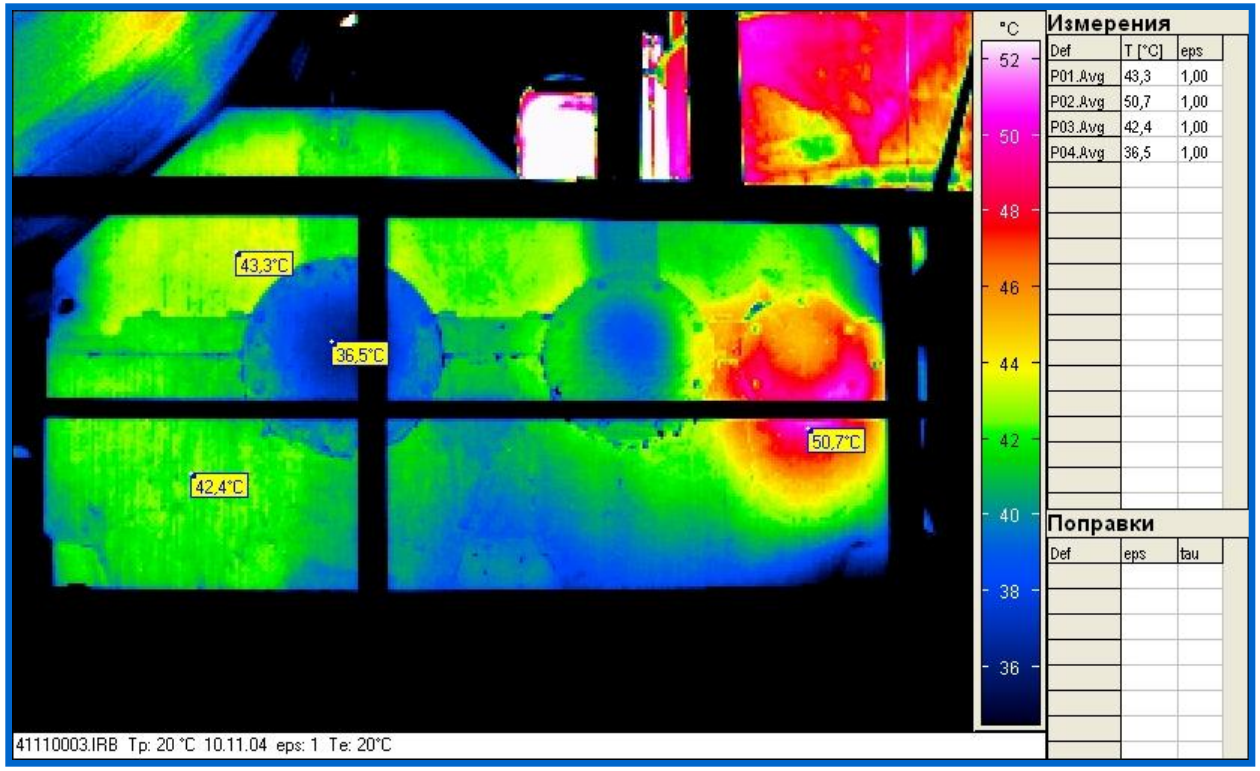
Контроль технологических процессов

Научные исследования

Медицина

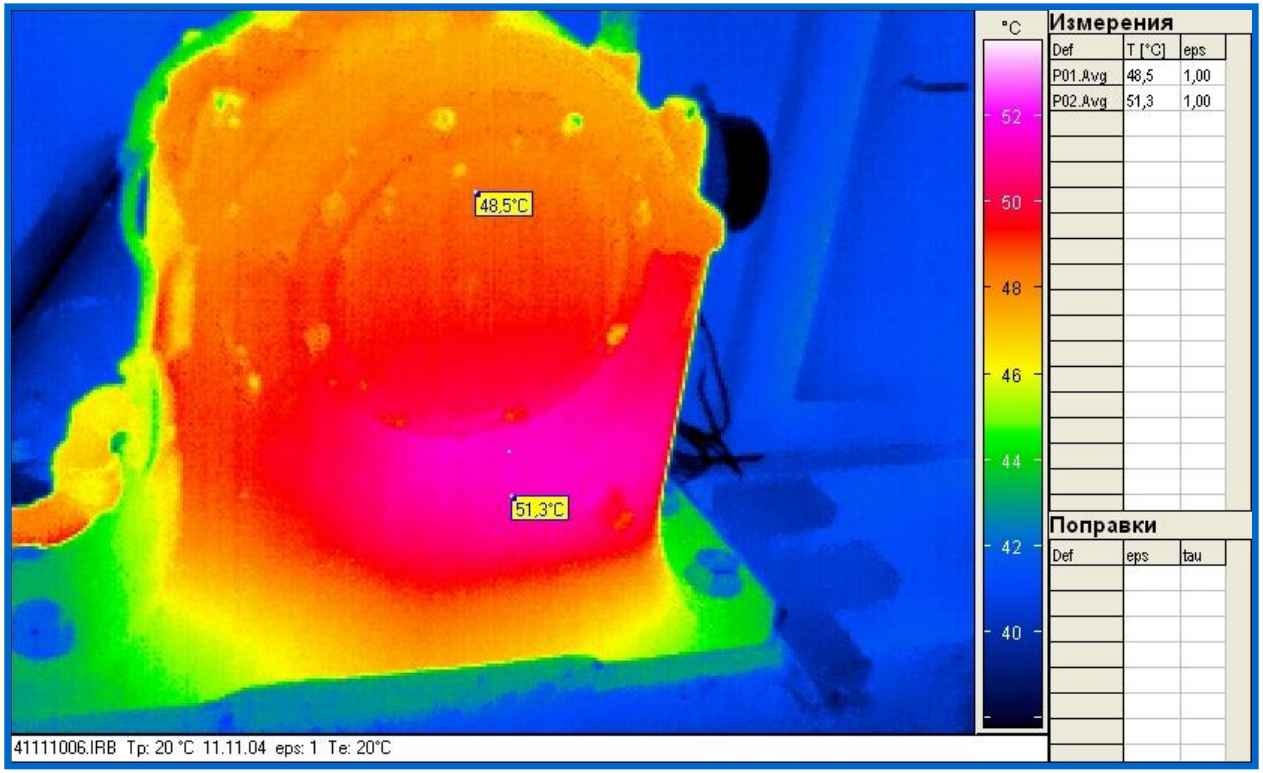
Примеры использования тепловизионного метода диагностики

- Сильный локальный нагрев подшипникового узла в районе первой передачи и небольшой нагрев районе третьей передачи



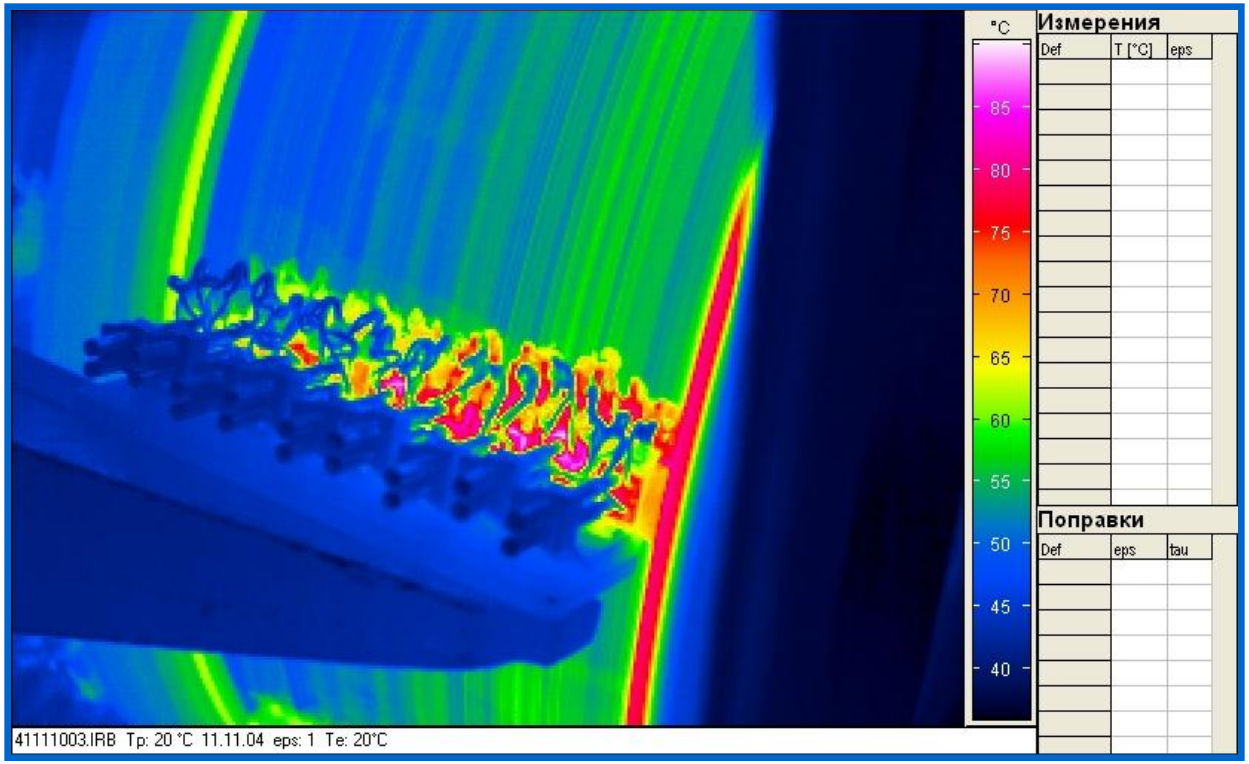
Примеры использования тепловизионного метода диагностики

- Нагрев внешней стенки опорного маслонаполненного подшипника подъемного электродвигателя



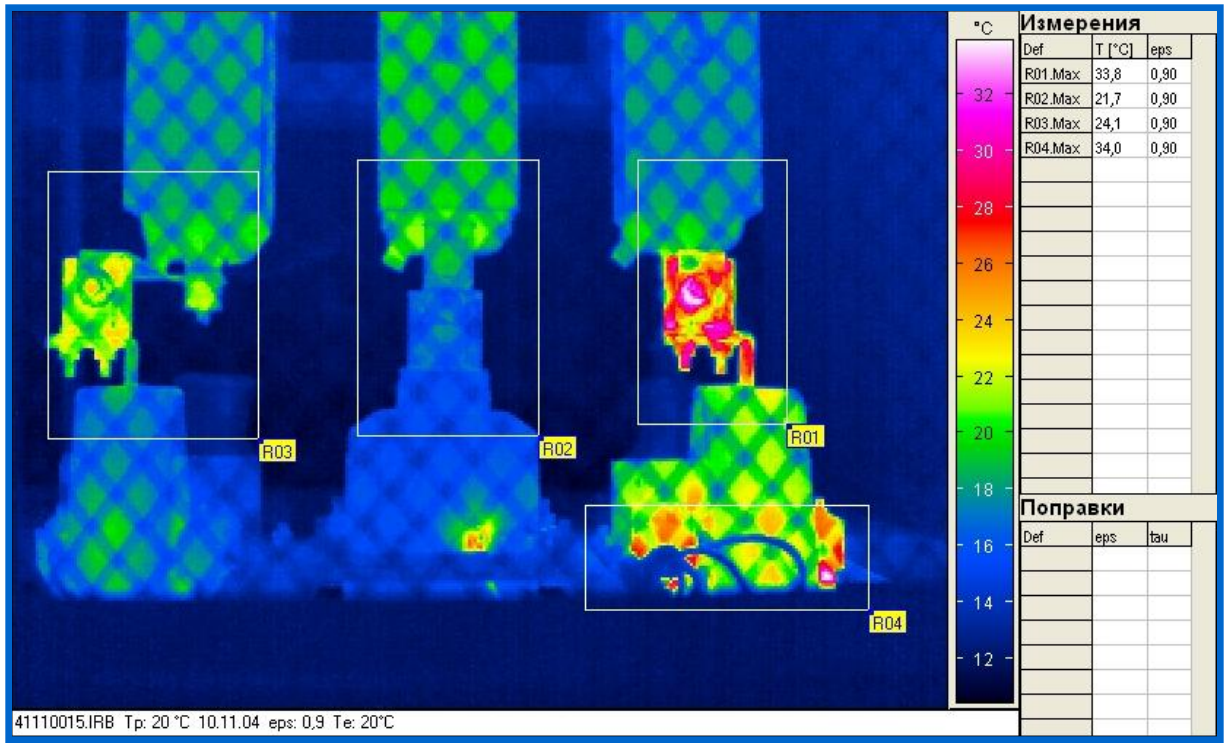
Примеры использования тепловизионного метода диагностики

- Неравномерный нагрев токоведущих частей (щеток) подъемного электродвигателя



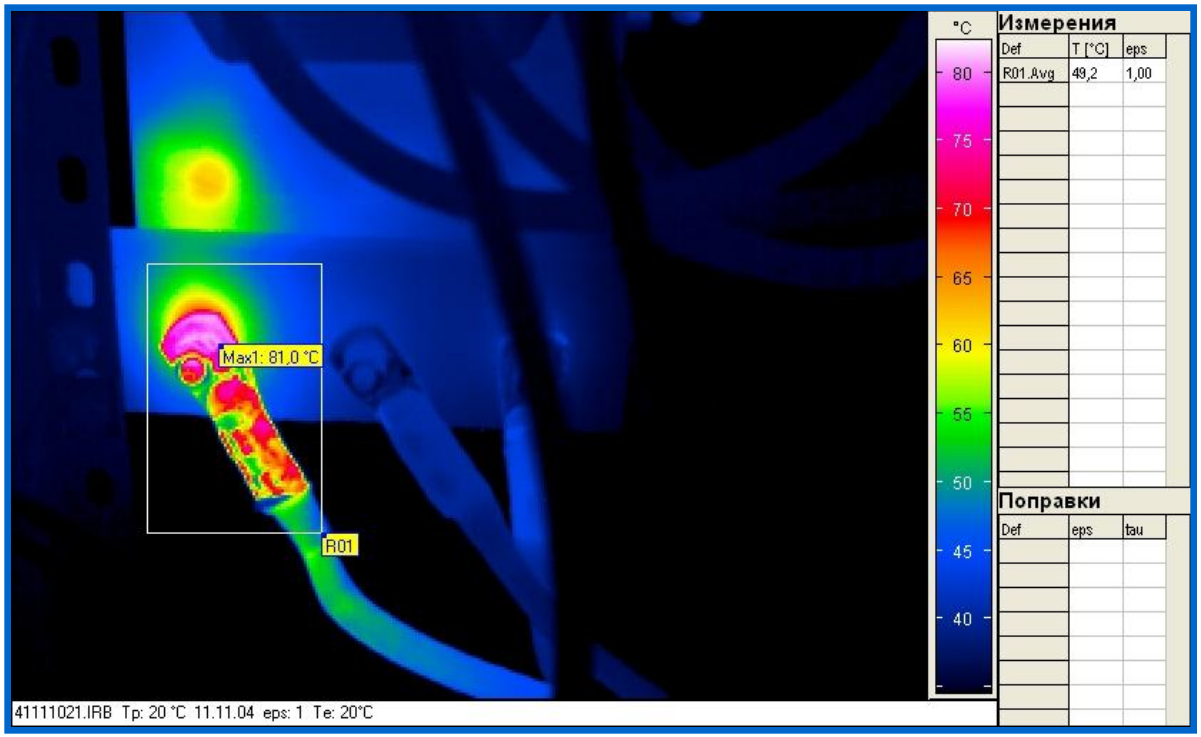
Примеры использования тепловизионного метода диагностики

- Аномальный нагрев болтового соединения(подстанция 10-35 кВ)



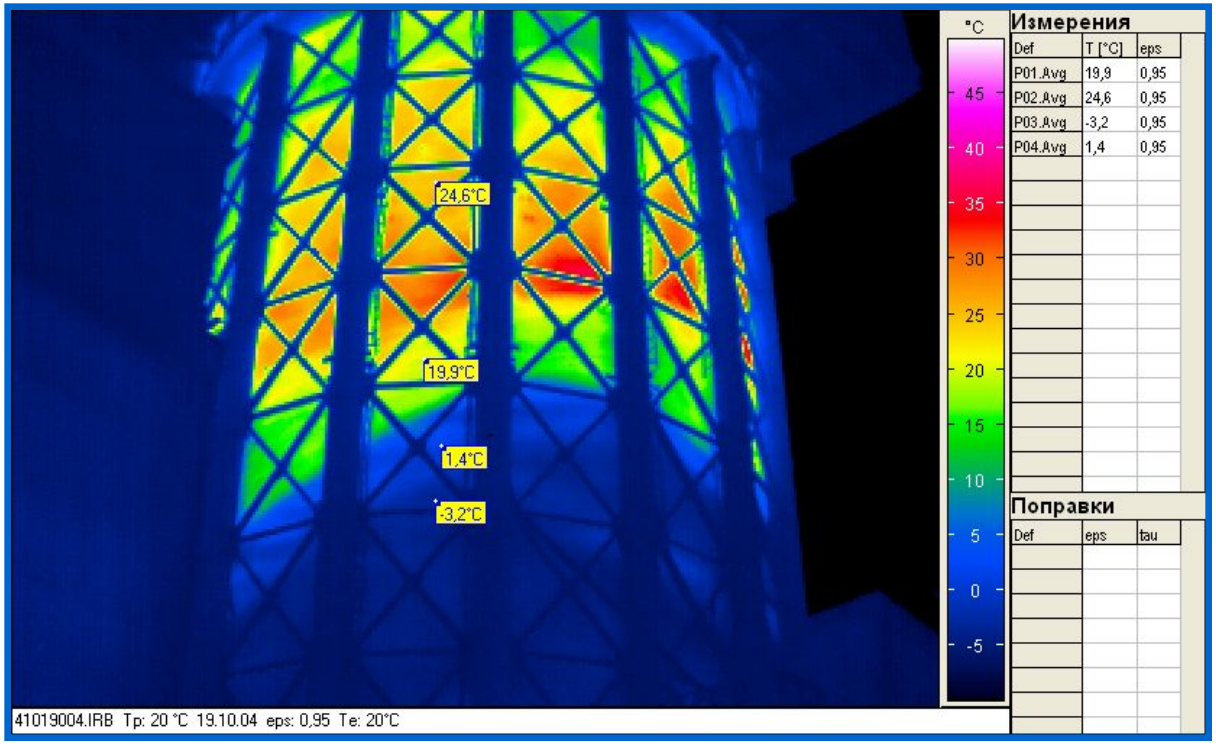
Примеры использования тепловизионного метода диагностики

- Нагрев болтового соединения «земля» из-за ослабления затяжки



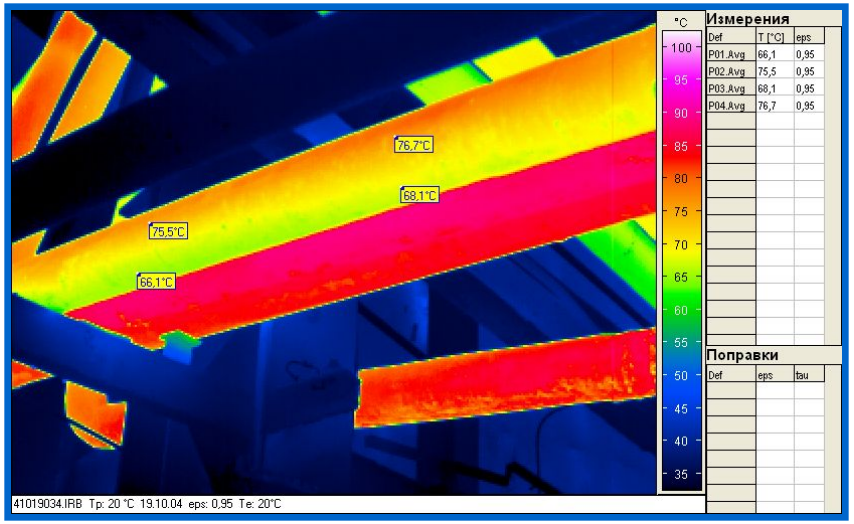
Примеры использования тепловизионного метода диагностики

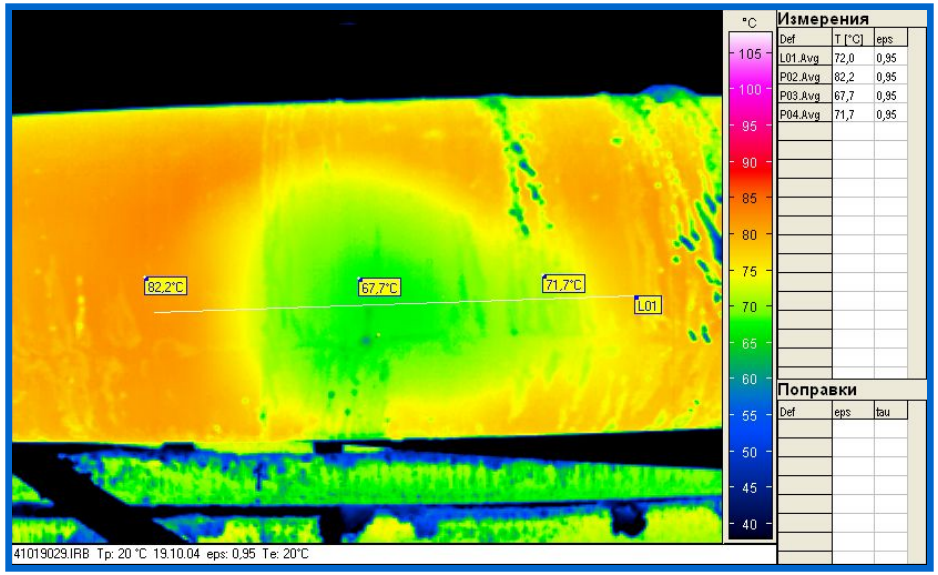
- Заполнение резервуара готовой продукцией



Примеры использования тепловизионного метода диагностики

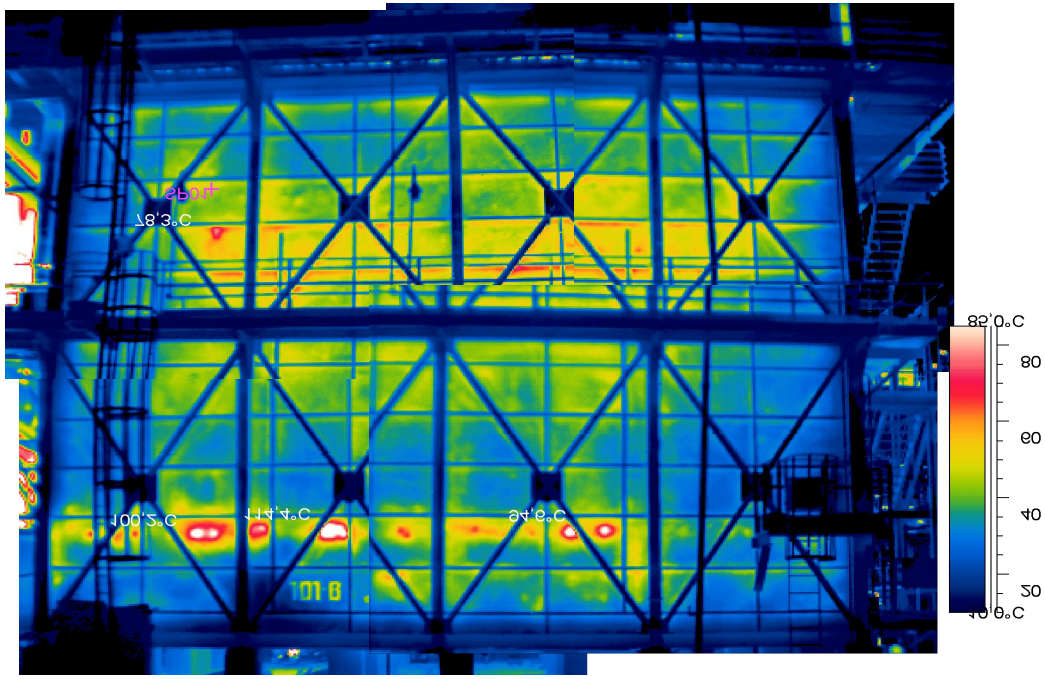
- Сужение проходного отверстия трубопровода в следствие отложения нерастворимых примесей





Примеры использования тепловизионного метода диагностики

- Постоянный контроль состояния огнеупорной футеровки печи реформинга

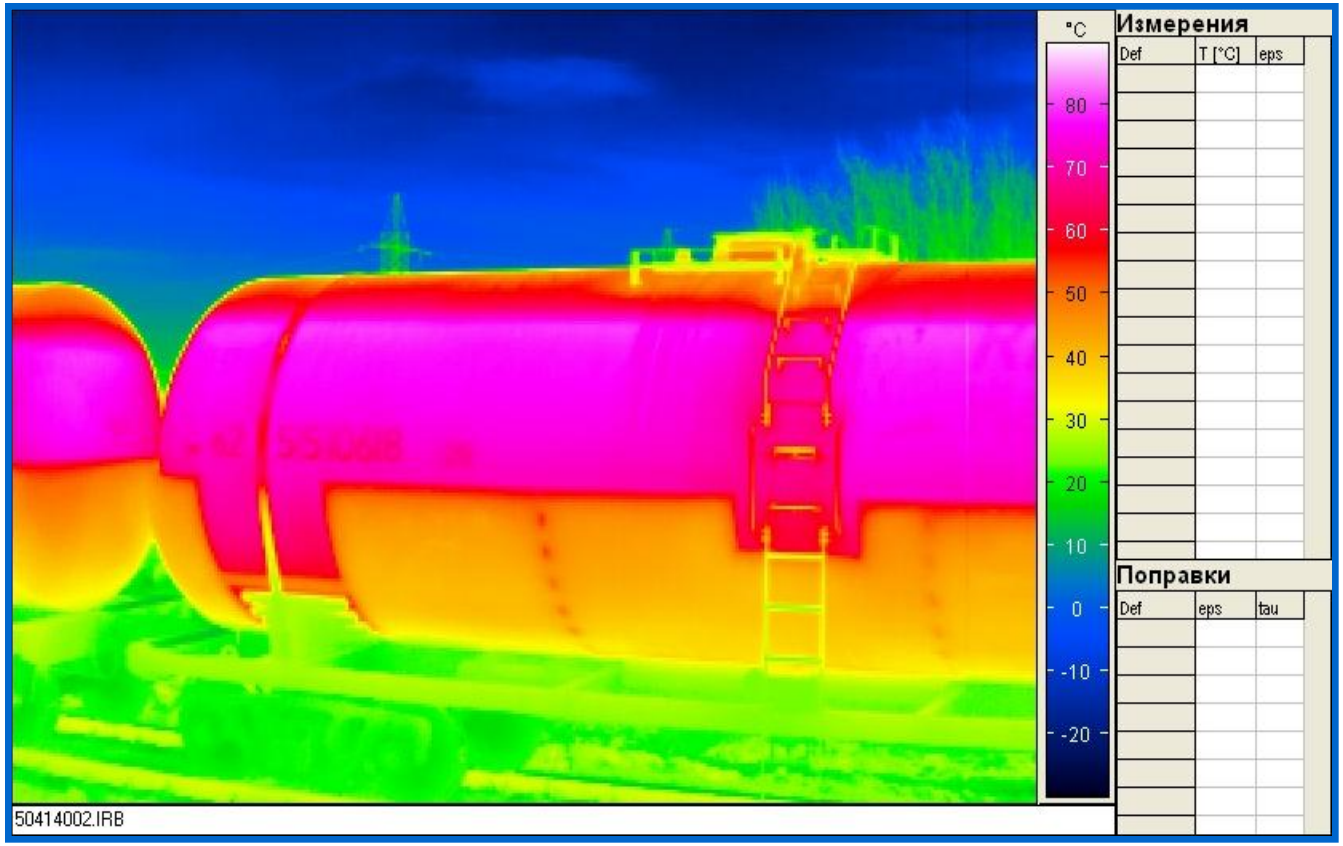


Примеры использования тепловизионного метода диагностики

Температура нагрева поверхности данного реактора не должна превышать 260^0C.

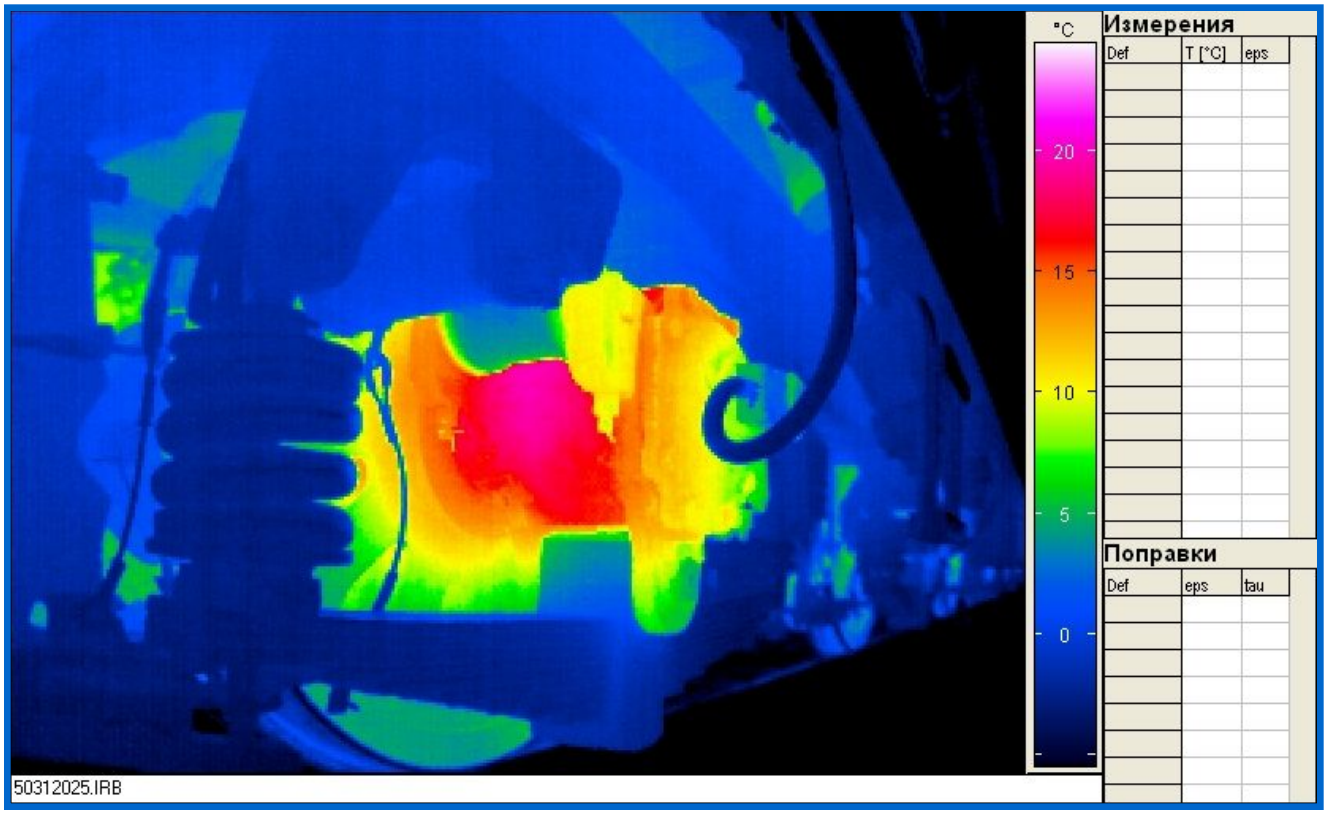
Примеры использования тепловизионного метода диагностики

- Определение уровня заливки нефтепродуктов

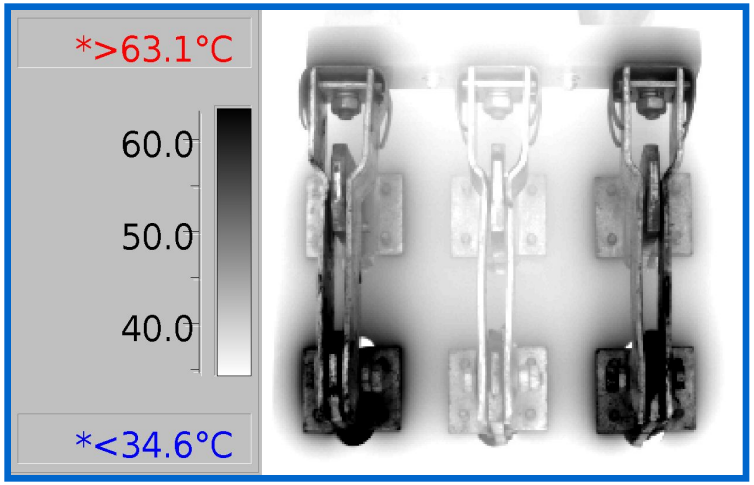


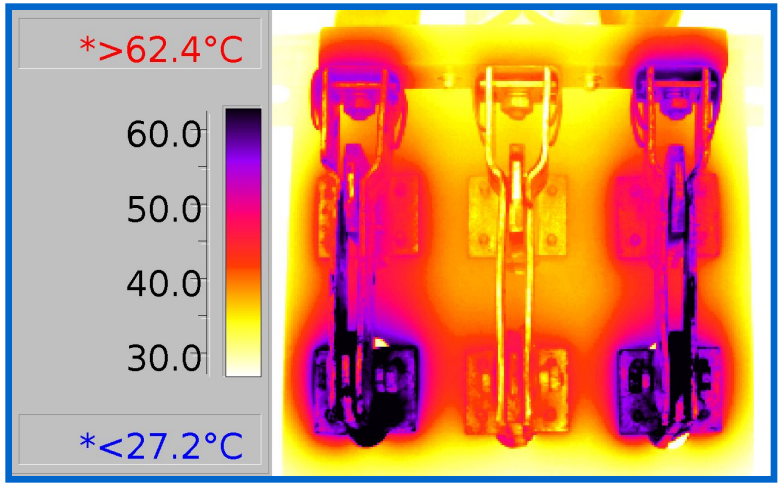
Примеры использования тепловизионного метода диагностики

- Аномальный нагрев переднего буксового узла тепловоза

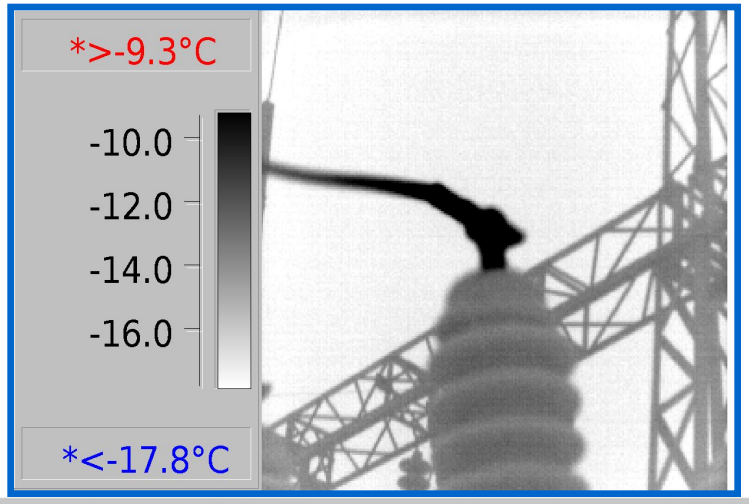


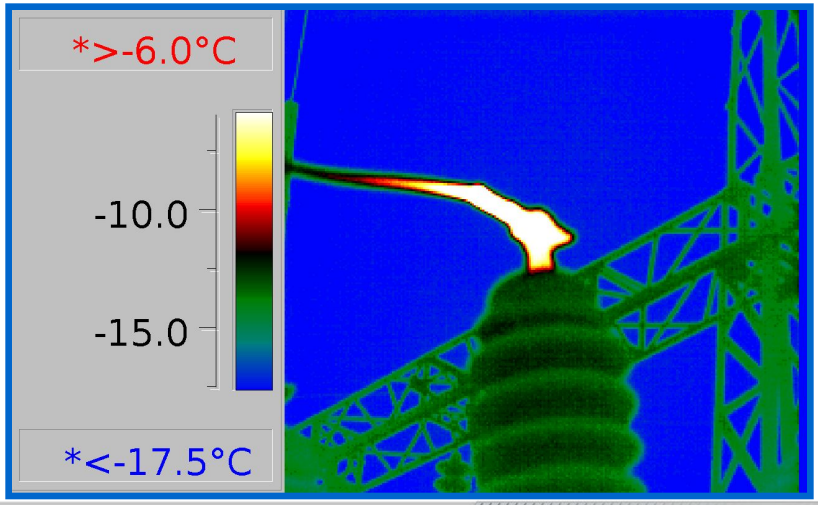
Дефект контакта рубильника





Дефект присоединения к вводу





Методические рекомендации

- Тепловизионный приемник должен принимать ИК излучение короткой или средней части спектра 3 ... 5 или 8 ... 14 мкм.

- Измерение необходимо проводить при отсутствии прямого солнечного излучения, при этом сплошная облачность не пропускает ИК излучение Солнца.

- **Необходимо учитывать коэффициент излучения поверхности обследуемого объекта, а также угол между осью тепловизионного приемника и нормалью к излучающей поверхности объекта.**

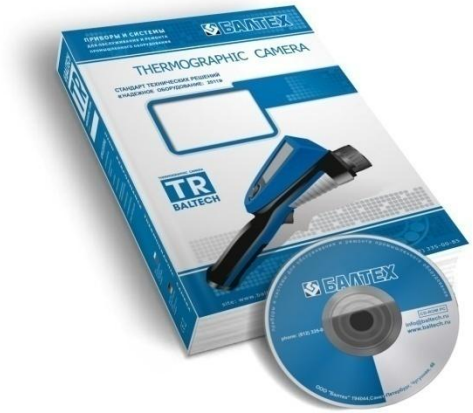
- При обнаружении более нагретых зон необходимо прежде всего оценить, не является ли это следствием разницы в коэффициентах излучения или наличия отраженного излучения.

Оборудование необходимое для съёмки:

- Тепловизор BALTECH TR
- Фонарь
- Дальномер
- Бинокль
- Анемометр (прибор для определения температуры воздуха, влажности и скорости ветра)
- Цифровой фотоаппарат (если не встроен в тепловизор)

АППАРАТУРА ДЛЯ ТЕРМОГРАФИИ

Тепловизоры нового поколения BALTECH TR серия «ThermaRed»



Тепловизоры нового поколения BALTECH TR серии «ThermaRed»

1) Тепловизор BALTECH TR-01100 с ПО на ПК матрица 160x120 и температурным диапазоном -20°C …+350°C, …+700°C, …+1100°C, …+1200°C, …+1700°C

2) Тепловизор BALTECH TR-01200 с камерой и ПО матрица 160x120, встроенная камера, лампа, картинка в картинке, температурный диапазон -20°C …+350°C, …+700°C, …+1100°C, …+1200°C, …+1700°C

3) Тепловизор BALTECH TR-01400 с ПО на ПК матрица 384x288, внешняя цифровая камера, температурный диапазон -20°C …+350°C, …+700°C, …+1100°C, …+1200°C, …+1700°C

4) Тепловизор BALTECH TR-01500 с ПО на ПК матрица 384x288, встроенная камера, лампа, картинка в картинке, температурный диапазон -20°C …+350°C, …+700°C, …+1100°C, …+1200°C, …+1700°C

5) Тепловизор BALTECH TR-01800 с ПО на ПК матрица 640x480, встроенная камера, лампа, картинка в картинке, температурный диапазон -40°C …+350°C, …+700°C, …+1100°C, …+1200°C, …+1700°C

ТЕПЛОВИЗОРЫ СЕРИИ BALTECH TR

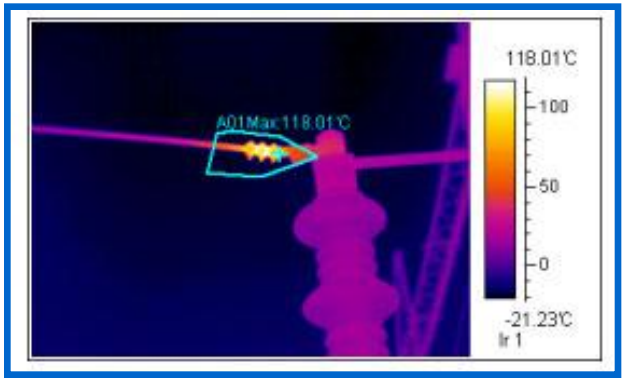
Разработаны для того, чтобы стать еще одним инструментом для инженеров и электриков

- Разработаны для максимальной простоты использования и портативности
- Помещаются на ладони
- Вес всего 700 гр.
- Достаточно компактны для ношения на поясном ремне

ТЕПЛОВИЗОРЫ СЕРИИ BALTECH TR

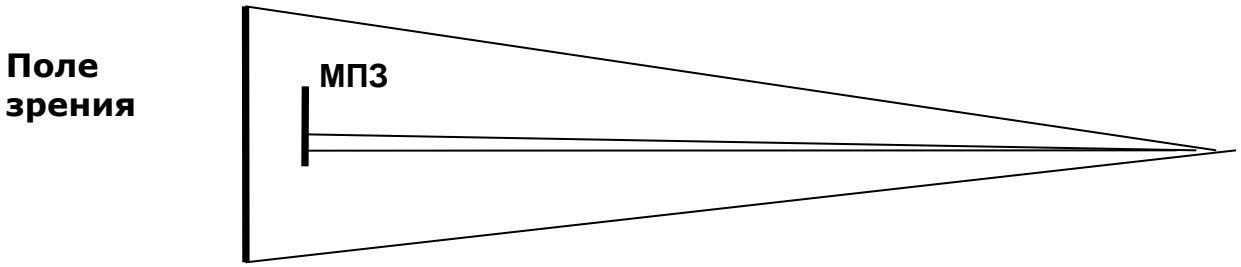
Всё очень просто!

- Быстрый ввод в работу: 15 сек.
- Измерять температуру просто
- Обрабатывать изображения просто
- Сохранять изображения просто
- Заряжать батареи просто



ТЕПЛОВИЗОРЫ СЕРИИ BALTECH TR

Поле зрения и разрешение



Поле зрения 20 x 15 °

<u>Дистанция 2 м. *(min фокус 0,1м)*</u>
МПЗ 0.6 см
Поле зрения 0.9 x 0.7 м

<u>Дистанция 10 м.</u>
МПЗ 3 см
Поле зрения 4.4 x 3.3 м

ТЕПЛОВИЗОРЫ СЕРИИ BALTECH TR

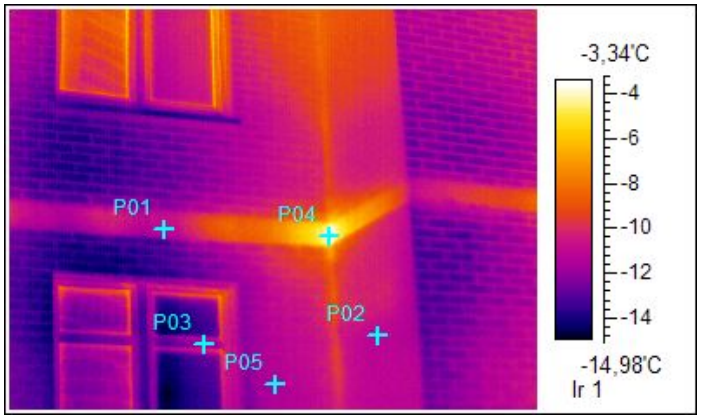
Объективы

- Стандартный 21° x 16°
- Узкоугольный (теле-) 4° x 3°
- Широкоугольный 35° x 27°

ТЕПЛОВИЗОРЫ СЕРИИ BALTECH TR

Методы измерения

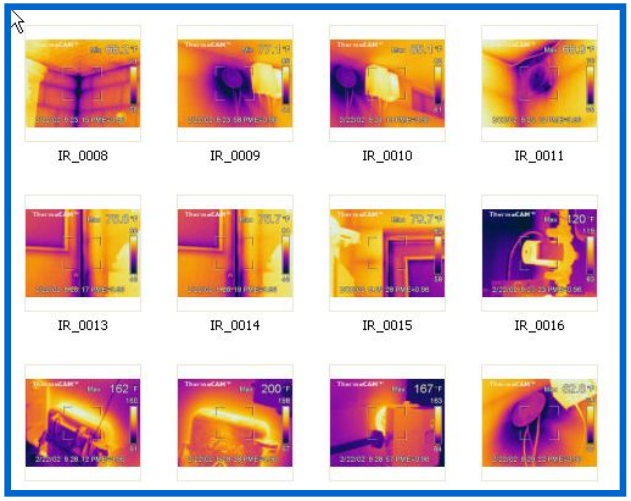
- Максимальная температура в области,
- Минимальная температура в области,
- Средняя температура в области,
- Цветовая сигнализация (отличие фактической температуры от заданной),
- Звуковая сигнализация при достижении порога



ТЕПЛОВИЗОРЫ СЕРИИ BALTECH TR

Сохранение

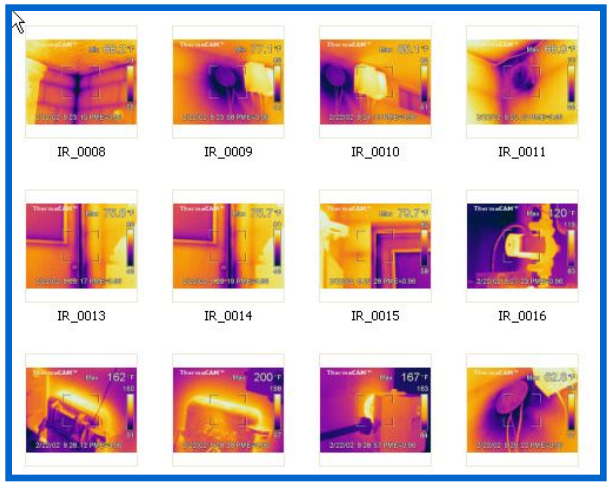
- Память на 1500, 6000 или 7500 изображений (зависит от модели),
- Результаты измерений, дата, время и коэффициент излучения сохраняются на изображении,
- Функции «Открыть», «Удалить», «Удалить все».



ТЕПЛОВИЗОРЫ СЕРИИ BALTECH TR

Программное обеспечение BALTECH Expert

- Соединение с ПК через USB или RS-232
- Камера появляется как жесткий диск в Проводнике Windows
- Функция отображения уменьшенных изображений в виде галереи



ООО «Балтех»

Россия,
Санкт-Петербург, 194044,
ул. Чугунная, 40

Тел/Факс: (812) 335-00-85

E-mail: info@baltech.ru
Internet: www.baltech.ru