

Сравнительный анализ тепловизионных камер для энергетического обследования.

(Подготовлено членом экспертного комитета НП СРО «Гильдия Энергоаудиторов»,
начальником отдела тепловизионных обследований ООО «ЭнергоСеть»
Кузминым Михаилом Викторовичем)

На сегодняшний день рынок предлагает весьма широкий спектр термографических камер, характеризующихся различной функциональной оснащённостью, чувствительностью, надёжностью и, что особо важно, – **возможностью осуществлять метрологическую и техническую поддержку** в авторизованных центрах. Наличием последнего могут сейчас похвастаться лишь два крупных поставщика тепловизионного измерительного оборудования: Flir Systems и NEC Avio Infrared Technologies. Следует отметить массивную атаку на растущий Российский потребительский рынок новых производителей, базирующих своё производство в Китае. Это такие фирмы, как Fluke, Guide, Sat Infrared technologies, Testo, заявляющие весьма смелые и многообещающие технические параметры, но, как правило, пока ещё далеко не всегда их выдерживающие, имеющие значительный процент производственного брака. Модели этих производителей базируются на аморфно-силиконовых болометрических матрицах, которые отличаются меньшей стабильностью, как временной, так и геометрической в пределах размера самой матрицы. Текущее временное значение температуры стабилизированного источника ЧТ (черного тела) в заданной точке в таких приборах может иметь дрейф до 1,5 - 2°C в минуту при 25°C. Такого же порядка погрешность может иметь по диагонали сама матрица. Преодолеть данный недостаток этого класса приёмников успешнее других удаётся в своих «флагманских» моделях Flir Systems за гораздо большие деньги. К сожалению, для потребителя, в **метрологических** приборах по другому быть и не может. Так же эти производители не могут предоставить конкурентоспособное ведущим мировым «брендам» программное обеспечение, удобно и наглядно позволяющие обрабатывать большие массивы измерительных данных. Такое программное обеспечение предоставляется потребителю только от FLIR - Build IR SW, (оплачивается отдельно), либо InfReC Analyzer NS9500LT от NEC, входящее в стандартную комплектацию камер **G** серии, отметим чрезвычайно удобный, гибкий в настройках интерфейс управления камер **G100/120**, позволяющий уже на стадии работы оператора, контролировать температуры, излучающие способности выбранных точек (5), областей (5), температурные тренды в реальном времени, отображать изотермы, применять статистические и медианные фильтры, задавать предустановки для различных условий работы. Некоторые модели от Flir Systems тоже имеют наборы из перечисленных возможностей, но это уже, в большей мере на стадии обработки в ПО.

Итак, какие требования на сегодняшний день нужно предъявлять к оборудованию для энергоаудита зданий и сооружений?

Прежде всего, это достаточное для диагностики на значительных расстояниях протяженных объектов

1. **пространственное разрешение камеры** (эквивалентное размеру матрицы 320x240 элементов, QVGA),
2. достаточная **температурная чувствительность** (лучше 0,1°C), позволяющая правильно учитывать «энергоотдачу» сооружения при малых температурных разностях с окружающей средой;
3. и, что весьма важно для Российского климата, возможность адекватных измерений при значительных минусовых температурах среды. Характерной устойчивостью к работе в таких жестких условиях обладают лицензионные матрицы производства «Boeing» на основе оксида ванадия (**VOx**), которыми комплектуются тепловизоры NEC, их, так же, характеризует неординарная метрологическая стабильность. Из приборов, заявленных на сегодняшний день на рынке, лишь эти модели декларируют диапазон измерений температур от - 40°C, к ним присоединяется серия **P6XX** от FLIR Systems, по цене в 1,5-2 раза большей.

Далее, следует учитывать:

4. Качество представления метрологической информации и возможность обработки этой информации как самим прибором, так и программным обеспечением.
5. Простоту и удобство средств управления камерой.
6. Цену.

Приведём сравнительную таблицу характеристику камер, соответственно установленным выше критериям, согласно заявленным производителями характеристикам.

Характеристики	<i>FlukeTi32</i>	<i>Testo 875/881</i>	<i>Testo 882</i>	<i>NEC G100/120</i>	<i>FLIR P640</i>
Диапазон измерений температур	от -20°C до +600°C	от -20°C до +350°C/ от -20°C до +280°C	от -20°C до +350°C	-40...+500°C, (опция до 2000°C)	-20...+350°C, (опция до 1200°C)
Температурная чувствительность	Лучше 0.1 °C	Лучше 0.11 °C	Лучше 0.1 °C	Лучше 0.08 °C	0,065 - 0,05°C
Погрешность измерений	±2°C, но не менее ±2%	±2°C, но не менее ±2%	±2°C, но не менее ±2%	±2%	±2°C, но не менее ±2%**
Пространственное разрешение, FOV со стандартным объективом	1,5 и 2.5 мрад	3,49 мрад	1,8 мрад	1,78 мрад	0,65 мрад
Размер получаемой термограммы	320x240 элементов	160 x 120 элементов	320x240 элементов	320x240 элементов	640x480 элементов
Совмещение теплового и видео изображения	Предусмотрена, только со вставкой по центральной области	Нет	Предусмотрена	Предусмотрена, с возможностью изменять прозрачность термоизображения	Предусмотрена,
Коррекция излучательной способности в точках	Предусмотрена, от 0,01 до 1,00 (с шагом 0,01)	Предусмотрена, от 0,01 до 1,00 (с шагом 0,01)	Предусмотрена, от 0,01 до 1,00 (с шагом 0,01)	Предусмотрена, от 0,01 до 1,00 (с шагом 0,01)	Предусмотрена, от 0,01 до 1,00 (с шагом 0,01)
Функция съёмки панорамных термограмм в отдельный термографический файл	Нет	Нет	Нет	Предусмотрена	Нет Предусмотрена, в ПО Image Builder (опция)
Функция анализа температуры в заданной области	Нет	Нет	Нет	Предусмотрена, 5 областей	3,5,10 областей***
Функция поиска температуры	По 2 фикс. точкам, max, min.	По 2 фикс. точкам, max, min.	По 2 фикс. точкам, max, min.	Предусмотрена (по 5 областям max, min)	Предусмотрена (по 3,5,10 областям max, min)
Запись термовидеофильмов радиометрического формата	нет	нет	Нет	Предусмотрена для G120	Нет
Сигнализация критического значения температуры в заданной области	Нет	Нет	Нет	Предусмотрена, с вибровзломком и выводом на регистратор	Да
Расчёт коэф-та излучения в заданной точке по реальной температуре	Нет	Нет	Нет	Предусмотрен	Да
Список коэф. излучения материалов	Нет	Нет	Нет	Предусмотрен	Предусмотрен
Измерение в одном элементе матрицы	Нет	Нет	Нет	Предусмотрен	Нет
Статистический анализ	Нет	Нет	Нет	Предусмотрен	Да
Программное обеспечение				InfReCAalyzer S9500LT	FLIR - Build IR
Цена	13800 USD	9850 USD	13000 USD	20700 / 33000 USD	35000-53000 USD

Из приведённых в таблице данных видно, сколь велика разница в функциональных возможностях различных производителей, и, следовательно, незначительная экономия средств на покупке камер второго эшелона очень быстро компенсируется потерей времени и качества при проведении диагностики.

Приведём ниже экранные снимки профессиональной многофункциональной модели NEC G120, показывающие оснащённость интерфейса пользователя камеры, а так же возможности программы обработки термограмм.

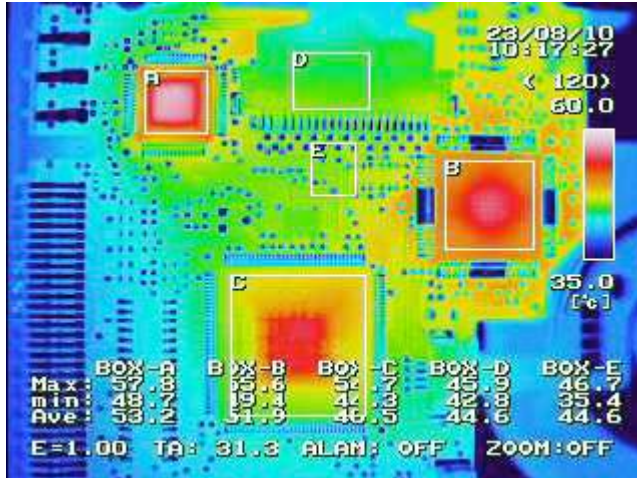
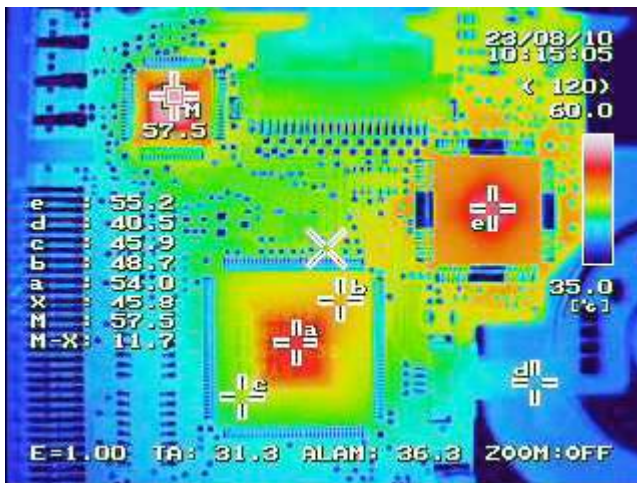


Рис. 2 Возможности анализа термограммы камерой NEC G100/120, Анализ по 5 отдельно взятым областям.



Рис.3 Возможности анализа термограммы FlukeTi3

Измерение температуры по точкам



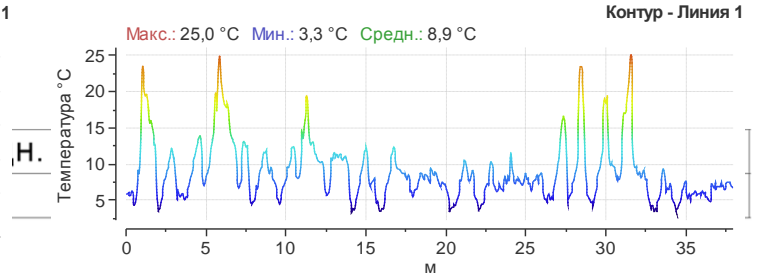
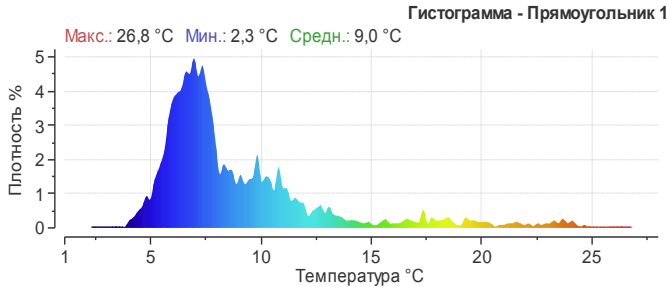
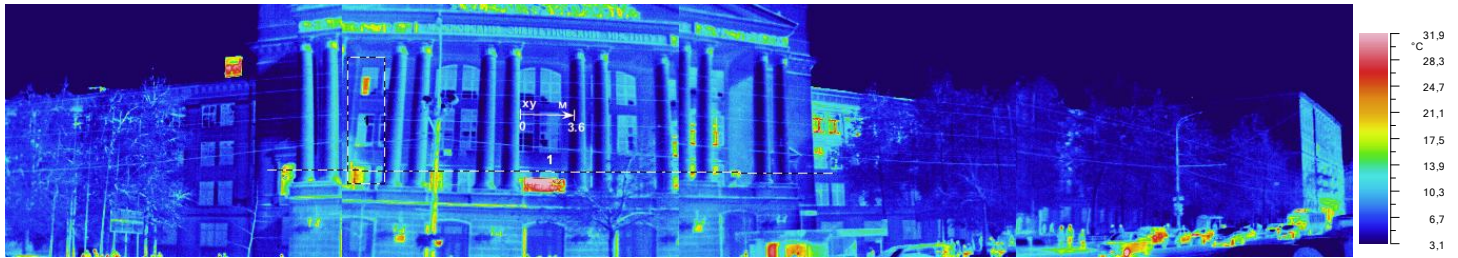
Показывается температура, коэффициент излучения и другие данные, необходимые при измерениях.

Коррекция коэффициента излучения в точке



При вводе действительной температуры (значения, измеренного термометром) точки, можно рассчитать предыдущий коэффициент излучения. Кроме того, может быть рассчитан предыдущий коэффициент излучения путём ввода правильной температуры в точке.

Рис. 4 Возможности визуального контроля многих параметров при термографировании камерой NEC G100/120.



Область	Мин. °C	Макс. °C	Средн. °C	E	Tс °C	Площадь м	P1 Дж/с
1	2,3	26,8	9,0	0,80	6,40	21,6963	1266

Рис. 5 Возможности анализа панорамной термограммы, выполненной камерой NEC G120, программой InfReCAnalyzer S9500. Расчёт тепловой отдачи выделенной области сооружения с привязкой к размеру объекта.

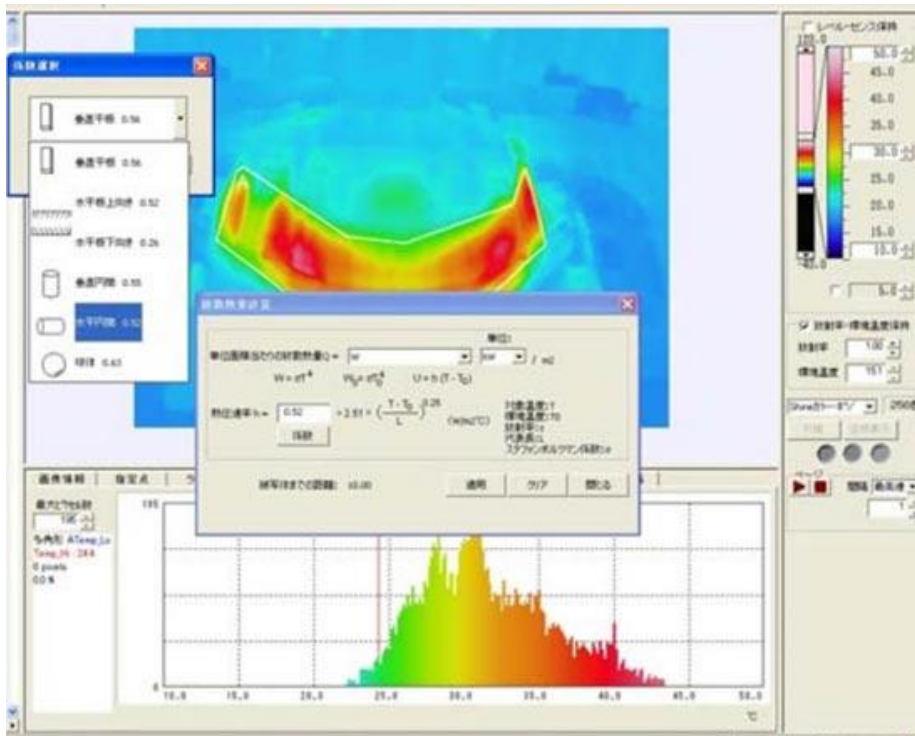


Рис. 6 Возможности анализа термограммы, выполненной камерой NEC с помощью дополнительного программного обеспечения "InfReC Analyzer NS9500STD", количественный анализ теплового излучения для расчёта тепловых потерь объекта.

Далее предлагается рассмотреть сравнительные характеристики оснащённости интерфейсов моделей двух ведущих производителей тепловизионных камер (таблица2). Наличие или отсутствие определённых опций характеризует удобство, качество и оперативность выполнения термографических измерений и их анализа.

Табл. 2 Сравнение функций камеры G120/100 с камерами FLIR серии T

	NEC Avio		FLIR			
	G100	G120	T340	T365	T390	T425
Количество пикселей термоизображения	76800 пикселей		76800 пикселей			
Разрешение	0,08°C		0,08°C	0,05°C	0,08°C	0,05°C
Диапазон измерений	От -40 до 500°C		От -20 до 650°C Опционально до 1200°C		От -20 до 1200°C	
	Опционально до 1500°C					
Поле зрения (FOV)	32(В)х24(Ш)		25(В)х19(Ш)			
Фокусное расстояние	От 10 см до бесконечности		От 40 см до бесконечности			
Функция последующего расчета коэффициента излучения	Имеется		Отсутствует			
Линия профиля	Имеется		Отсутствует			
Режим отдельных экранов	Имеется		Отсутствует			
Режим альфа-сопряжения	Имеется		Отсутствует			
Запись интервалов	Имеется		Отсутствует			Имеется
Прямая запись на карту SD Card полных данных радиометрии	Отсутствует	Имеется	Отсутствует			
Функция панорамной съёмки (синтез сканированных изображений)	Отсутствует	Имеется	Отсутствует			
Цифровое подчёркивание контура	Отсутствует	Имеется	Отсутствует			
Функция предупреждающего вибросигнала	Отсутствует	Имеется	Отсутствует			

Концепция изделия Thermo GEAR G120/100 Включает восемь важнейших функций, необходимых для термографических измерений в полевых условиях.

1. Изображение высокого разрешения для облегчения поиска аномальных точек благодаря большому количеству информации
2. Высокое температурное разрешение для распознавания малых перепадов температур
3. Поворотный дисплей для обеспечения наиболее удобной точки съёмки
4. Интерфейс, дружелюбный к пользователю
5. Полезные вспомогательные функции для быстрого обнаружения аномальной точки
6. Различные режимы записи подходят к любому месту измерений
7. Обработка огромных массивов данных и ускоренное предоставление отчёта .