

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	2
1.1 Исследование конструкции макета .....	2
1.2 Основная концепция работы сканера .....	4
2 Программное обеспечение для работы со сканером .....	6
3 Проведение экспериментов для определения наилучших параметров съемки .....	7
4 Технические характеристики прибора и графические результаты работы .....	8
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	10

## ВВЕДЕНИЕ

Стоимость стандартных качественных камер, снимающих в инфракрасном спектре достаточно высока. В связи с чем, было решено произвести исследование алгоритма распознавания на устройстве с низкой стоимостью, наряду со стандартными дорогими камерами.

За счет небольшого размера матрицы чувствительных элементов и объектива удастся снизить стоимость инфракрасного прибора, как минимум, на порядок. Увеличить разрешение снимка до приемлемо низкого можно за счет технологии сканирования.

### *1.1 Исследование конструкции макета*

Был проведен анализ более дешевых инфракрасных приборов и принято решения о наиболее подходящем для осуществления дальнейших работ.

В случае с конструкцией полноценного тепловизора, уже определено, что данное решение не подойдет для исследования недорогих методов получения теплового «изображения лица» [2]. Основным недостатком выступает большая цена.

При рассмотрении конструкции пирометра, выяснилось, что, не смотря на очень низкую стоимость, главным недостатком является отсутствие достаточного объема информации, за один автоматизированный цикл получения данных, для проведения исследований, т.к. имеется только один температурный сенсор.

Поэтому было решено остановиться на приборах способных производить сканирование с помощью более дешевого и простого в конструкции чувствительного элемента.

При поиске подобных решений, оказалось, что это не первая попытка создания сканера на базе недорогого и малого по размерам теплового сенсора. Перед проектированием, был изучен опыт Макса Риттера и Марка Коула из Миндельхейм (Германия) – их работа получила награду на научно-техническом молодежном форуме в 2010 году. Ключевой идеей проекта было создание сканера на основе датчика с одним чувствительным инфракрасным элементом и углом обзора 5 градусов. [10]

Оказалось, что процесс сканирования из всего лишь одного сенсора является относительно долгим (сканирование изображения разрешением 64x48 элементов занимало ~6 мин. 45 секунд), что неприемлемо для получения снимков лица человека, так как это слишком долго и, при этом, получается очень малое разрешение картинки.

Было решено взять за основу идею данного проекта инфракрасного сканера и доработать ее так, чтобы удавалось совершать снимки при значительно большей скорости (около 30 секунд) и разрешающей способностью итогового снимка.

Первый шаг в данном направлении – включение в конструкцию более технологичного датчика и создание соответствующего программного кода для работы уже не с единичным элементом, а с матрицей, что позволило увеличить скорость (более чем в 10 раз).

Второй, программно-аппаратная технология, позволяющая в разы увеличивать разрешающую способность прибора за счет весьма точного и в разы меньшего, чем минимальный угол обзора сенсоров датчика, угла перемещения цифровых сервоприводов.

После этого, удалось реализовать идеи в конструкции прототипа и его программном коде. На рисунке 2 изображен корпус установки с разных ракурсов. Обмен данными с компьютером осуществляется через USB кабель.

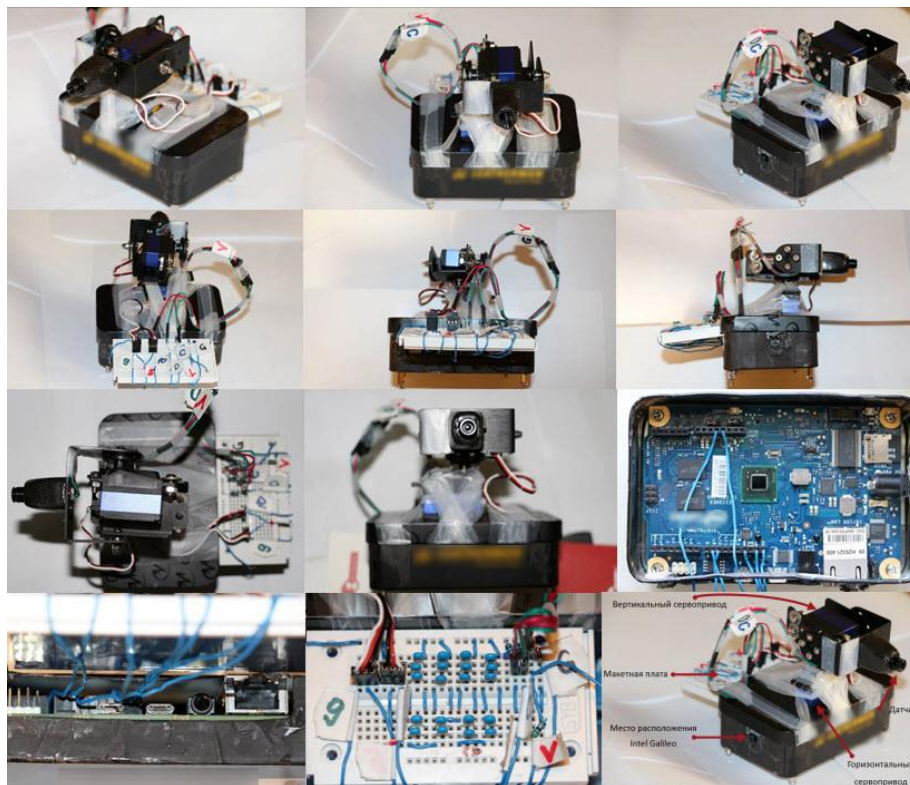


Рисунок 1 – Корпус установки

На рисунке 3 показана концептуальная (слева) и принципиальная (справа) электрическая схема прибора. В схеме учтены рекомендации документации датчика Mlx90260 для обеспечения условия его эффективного, точного и долговечного функционирования.

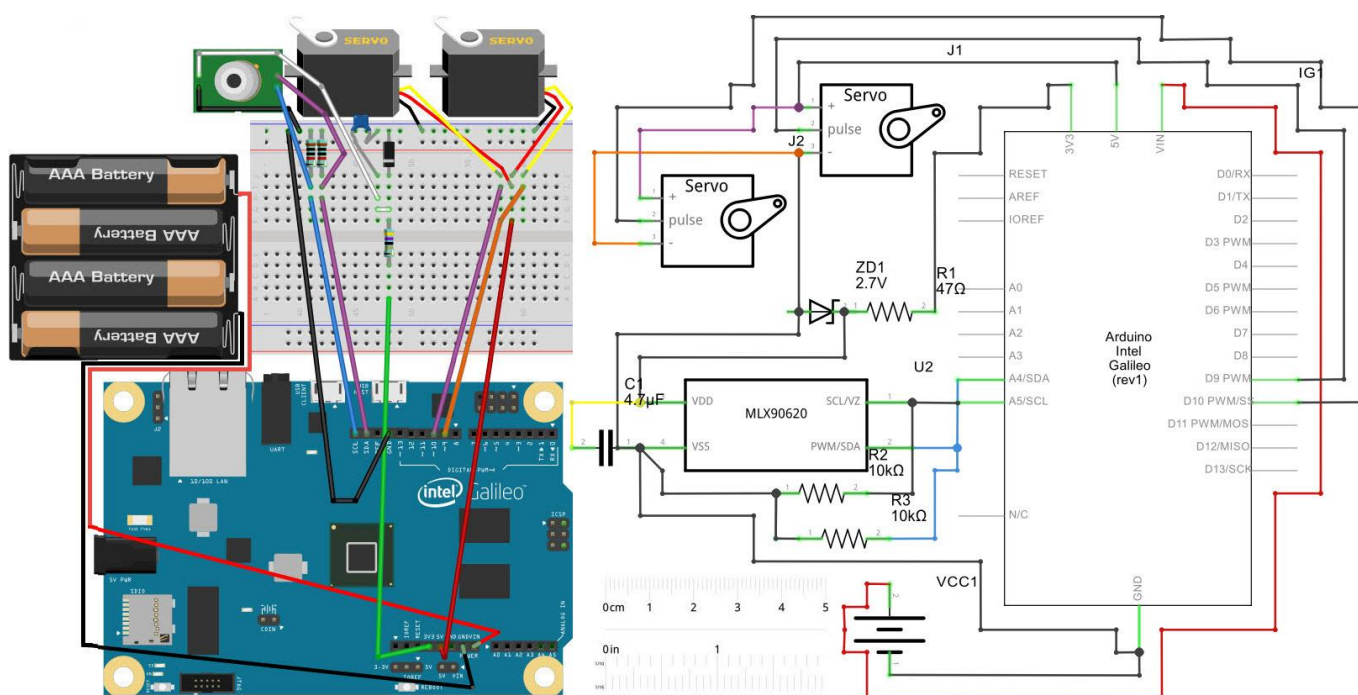


Рисунок 2 – Концептуальная и принципиальная электрическая схема термосканера

### 1.2 Основная концепция работы сканера

На рисунке 4 показана работа алгоритма «макродвижения». Особенностью реализации по сравнению с аналогами является то, что в данном алгоритме использована матрица, а не единичный элемент и движение осуществляется по зигзагообразной траектории. То есть, датчик не возвращается в свое исходное положение, со сдвигом на позицию вниз, прежде чем начать свое продольное движение – это позволяет добиться меньшей размазанности снимка и увеличить скорость сканирования без совершения лишних передвижений.

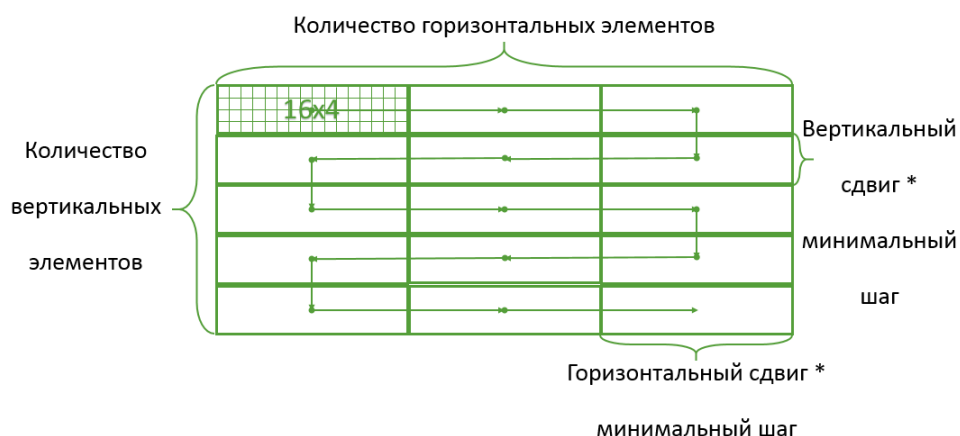


Рисунок 3 – Схема алгоритма «макродвижения»

На рисунке 5 продемонстрирована схема работы «микродвижения». Сервоприводы осуществляют небольшие движения вокруг своего начального положения, меньшие, чем угол обзора одного сенсора датчика. Таким образом, вместо 1 пикселя появляются 4 (при увеличении в 2 раза). Разработанный алгоритм в приборе является универсальным для любого режима увеличения (в 3, 4 раза и более).

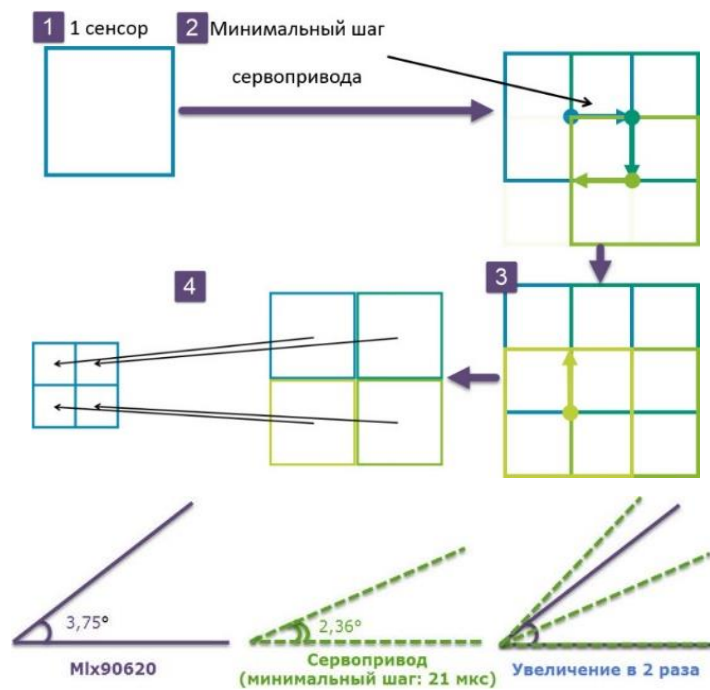


Рисунок 4 – Схема «микродвижения» (увеличение в 2 раза)

## 2 Программное обеспечение для работы со сканером

В программе существует два режима работы: тест, картинка. У режима «Тест» особенность заключается в том, что в нем не происходит получения данных из прибора, матрица термоизображения заполняется псевдослучайными числами.

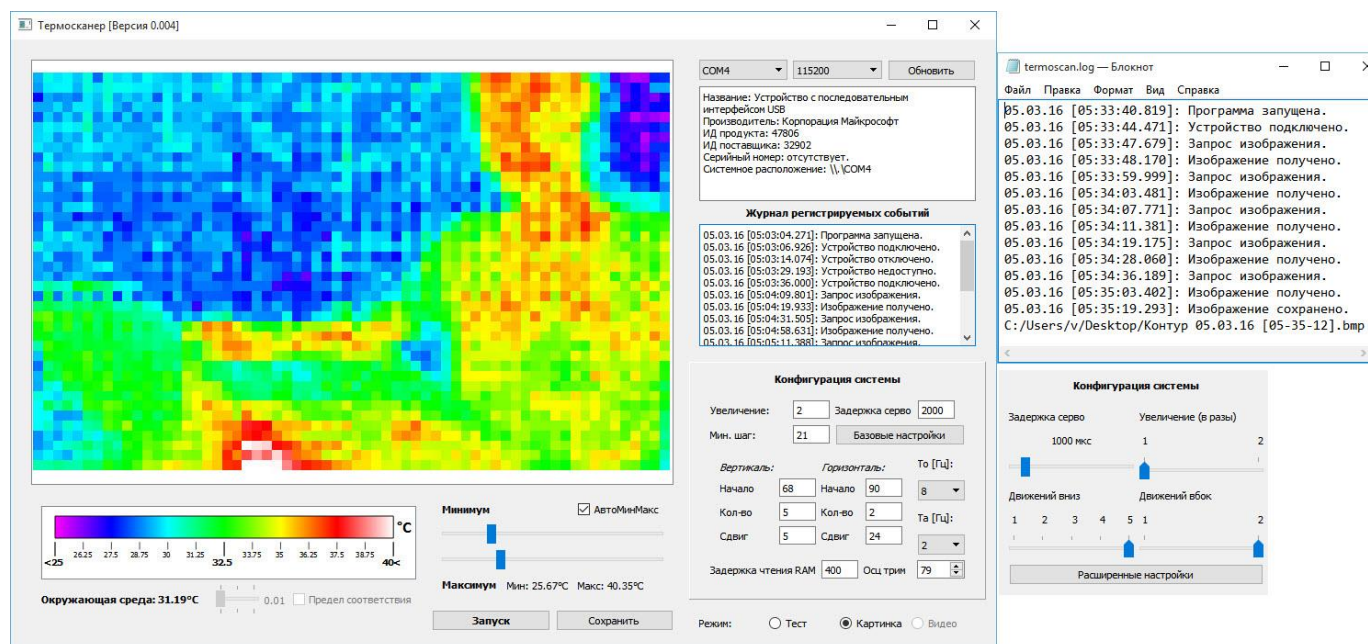


Рисунок 5 – Главное окно программы «оператора» [3] термосканера

В последней версии программы внесены следующие изменения: обеспечена возможность сохранения термограммы в графический файл, с помещением в него карты градиента температур, даты создания и условий съемки с указанием минимальной и максимальной температуры на снимке, температуры окружающей среды и названия снимка; введена возможность взаимодействия с датчиком «МІХ90620» (частоты обновления кадра, температуры корпуса; задержка чтения RAM и калибровка oscillator trimmer); добавлен журнал регистрирования событий с указанием времени их возникновения и автоматическим сохранением в директорию программы, сохранения накопленной информации происходит даже после аварийного завершения программы; карта градиента из 7 переходов с возможностью вручную или автоматически задавать диапазон визуализированных температур и указывать предел соответствия уникального цвета каждой сотой, десятой или только целой части цифры температуры; возможность с помощью мыши добавлять и удалять маркеры значений температуры в точке на снимке.

В следующих версиях программы необходимо: переместить вычисления графического интерфейса в отдельный поток; рассмотреть необходимость создания режима «непрерывного получения изображения» (видео). Проанализировать возможность автоматического сохранения непрерывно получаемых изображений, которые уже можно будет автоматически передавать другой программе для анализа и выявления каких-либо температурных отклонений контролируемого объекта.



### 3 Проведение экспериментов для определения наилучших параметров съемки

В процессе разработки проведены эксперименты, направленные на определение наилучших характеристик работы прибора и устранения искажений трех типов: сферические, стыковочные, увеличения.

Фиолетовой точкой на рисунке 7, слева, обозначено положение датчика, при котором он, примерно, смотрит параллельно к земле. В зеленых кругах видно сильное сферическое искажение, где одна и та же часть объекта (например, лампочки) видна три раза в разных местах, из которых состоит общий снимок, в данном положении датчик ближе к потолку, чем к параллели с землей. На основании этого были определены предельные параметры вертикального передвижения (таблица 1).

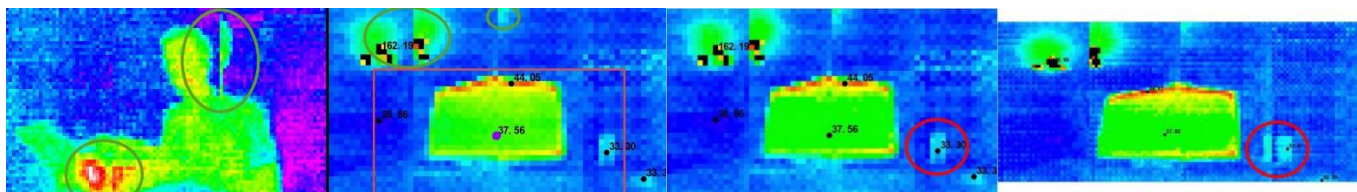


Рисунок 6 – Сферические и стыковочное искажение

Таблица 1 – Оптимальная конфигурация съемки

Увеличение, раз	1-2	Кол-во горизонтальных перемещений, шт	1-2
Минимальный шаг сервопривода, мкс	21	Вертикальный сдвиг, шт	5
Задержка сервопривода, мкс	2000	Горизонтальный сдвиг, шт	24
Вертикальное начальное положение, шт	68	Задержка чтения RAM, мкс	400
Горизонтальное начальное положение, шт	90	Частота обновления матрицы, Гц	8
Кол-во вертикальных перемещений, шт	1-5	Частота обновления температуры прибора, Гц	2

На рисунке 7, справа, продемонстрировано стыковочное искажение, которое возникло из-за того, что шаг перемещения сенсора при сканировании был хорошо откалиброван только для увеличения в 1 раз, а для увеличения в 2 – нет. Удалось подобрать оптимальные параметры сдвига для увеличения в 1 и 2 раза (таблица 1).

На рисунке 8 показаны графические результаты экспериментов по выявлению искажений увеличения, в ходе данного исследования были выбраны оптимальные параметры увеличения в 1 или 2 раза при возможностях данных сервоприводов и вычислительной платы. В библиотеках от Intel Galileo обнаружена техническая возможность посылать сигналы сервоприводам, примерно, 2-5 мкс, что позволит добиться увеличения разрешения от 7 до 17 раз (сейчас, 21 мкс – это минимум),

но для подтверждения этого факта необходимо будет провести дополнительные исследования, используя плату Intel Galileo v2 и сервоприводы с большими габаритами (40x20x39 вместо 35x15x30). Также для обеспечения большего увеличения можно использовать передаточный механизм из шестеренок, который будет осуществлять вращение датчика по сфере или плоскости при помощи сервоприводов, но в данной работе не имеет смысла проводить разработки в данном направлении, потому что подобная технология значительно замедлит скорость создания снимка и возможно значительно увеличит габариты устройства.

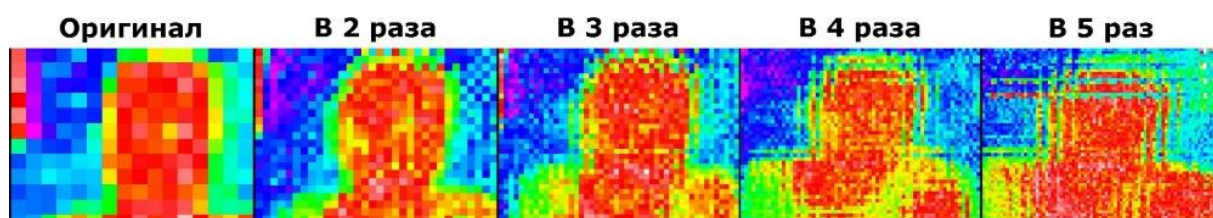


Рисунок 7 – Искажения увеличения

#### 4 Технические характеристики прибора и графические результаты работы

По итогам проведенного тестирования программно-аппаратного комплекса термосканера были определены его ключевые технические характеристики (таблица 2).

Таблица 2 – Технические характеристики прототипа термосканера

	Рекомендованные	Максимально возможные
Ширина-Высота, пикс	64-40	128x88
Скорость, сек	30	60
Угол обзора по горизонтали-вертикали, °	90-65	180-143
Ширина-Высота-Длина, мм	158-175-125	
Вес, грамм	387,5	
Температура объекта съемки, °C	-50 – 300	
Точность температуры, °C	±0,08	
Температура окружающей среды	-40 – 85	
Питание	~Вход: 100-240В, 0.5А; –Выход: 5В, 2А	
Форматы изображений	.bmp, .jpg, .jpeg, .png	
Соединение с ПК	USB кабель	

На рисунке 9 приведены примеры работы устройства при рекомендованных параметрах съемки. На рисунке 10 отображен полный формат выходных графических данных термограмм, в котором содержится необходимая информация, в таком виде файлы сохраняются в 4 возможных форматах, указанных в таблице 2.



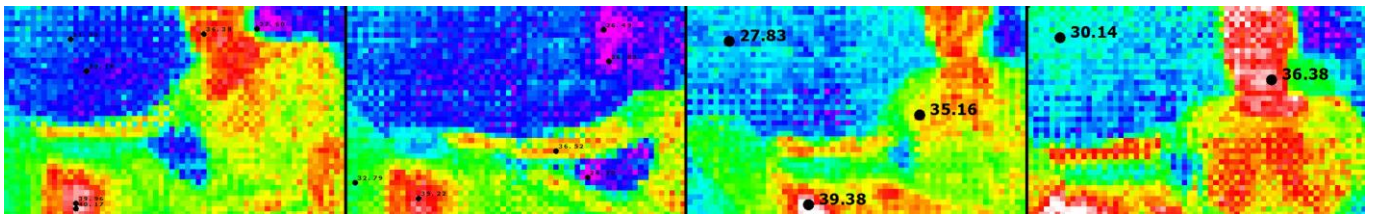


Рисунок 8 – Графические результаты работы в режиме рекомендованных параметров

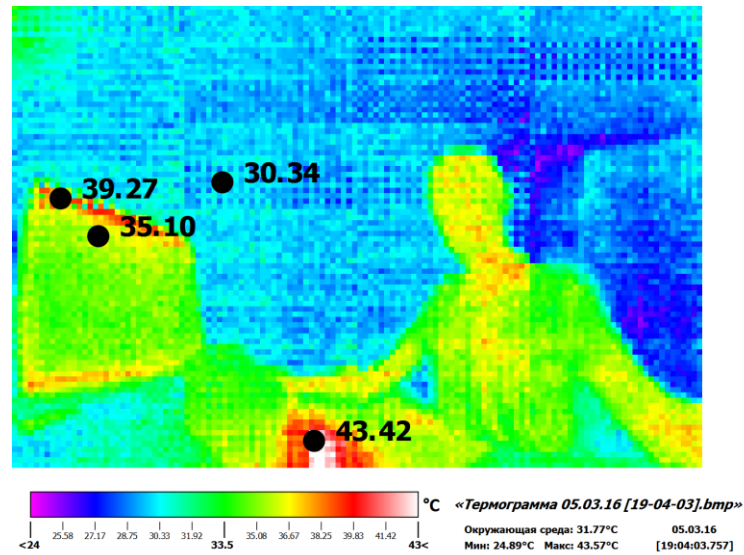


Рисунок 9 – Формат сохраненного графического файла с термограммой

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения работы удалось разработать прототип прибора и необходимые алгоритмы для сканирования с использованием матрицы. Получены первые результаты, которые показали, что данная установка может осуществлять сканирование и увеличить за счет него ограниченные возможности датчика Mlx90620, сохраняя низкую стоимость всего прибора. Процесс получения изображения уже происходит быстрее более чем в 10 раз, чем у аналогов, а картинка получается приемлемого качества с возможностью увеличения разрешения, при неизменном угле обзора.

Также, проведено обобщение и анализ материалов теоретического исследования. Показан доработанный интерфейс программного обеспечения «оператора» [3] инфракрасного сканера с учетом ввода новых функциональных возможностей и указаны дальнейшие доработки, которые необходимо осуществить.

В том числе, выполнена калибровка прибора и исследованы оптимальные параметры сканирования, исправляющие сферические, стыковочные и искажения увеличения. Приведены технические характеристики прибора и формат графического результата работы при сохранении файла изотермы.