

**Программа для ЭВМ  
«ОБЪЕДИНЕНИЕ ВИДЕОПОТОКОВ»**

**Описание функциональных характеристик программного обеспечения и  
информация, необходимая для установки и эксплуатации**

На 23 листах

## **АННОТАЦИЯ**

В данном программном документе приведено руководство системного администратора по установке и настройке разработанного программного средства «Объединение видеопотоков», предназначенного для одновременной генерации в режиме реального времени нескольких панорамных видеоизображений широкоугольного наблюдения высокого разрешения.

В разделе «Общие сведения о разработанном программном средстве» указаны назначение и функции разработанного программного средства, а также сведения о технических и программных средствах, обеспечивающих выполнение заявленных функций.

В разделе «Установка и настройка разработанного программного средства» приведено описание действий по установке, настройке и запуску разработанного программного средства.

## ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Модуль камерный	– герметичный корпус с размещенными внутри видеокамерами по 2 или 4 штуки, видимого или тепловизионного спектра
API	– протокол взаимодействия между программными сервисами
ПС	– разработанное программное средство «Объединение видеопотоков»
Виртуальная камера	– область наблюдения с заданными оптическими характеристиками внутри общей панорамы модуля камерного

## СОДЕРЖАНИЕ

Аннотация	2
ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ	3
Содержание	4
1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О РАЗРАБОТАННОМ ПРОГРАММНОМ СРЕДСТВЕ.....	5
1.1. Назначение	5
1.2. Общие функции	5
1.3. Производительность	6
1.4. Дополнительные программные средства	7
1.5. Аппаратные ограничения	7
1.6. Системные ограничения	8
1.7. Описание носителя	8
2. УСТАНОВКА И НАСТРОЙКА РАЗРАБОТАННОГО ПРОГРАММНОГО СРЕДСТВА	9
2.1. Требования к системному администратору	9
2.2. Структура дистрибутива	9
2.3. Порядок установки	9
2.4. Порядок настройки	11
2.4.1. Настройка конфигурационных файлов	11
2.4.2. Настройка виртуальных камер	16
3. СБОРКА РАЗРАБОТАННОГО ПРОГРАММНОГО СРЕДСТВА	23
3.1. Общие сведения	23
3.2. Инструкция сборки пакета OpenCV	23
3.3. Инструкция сборки пакета разработанного программного средства	23

# **1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О РАЗРАБОТАННОМ ПРОГРАММНОМ СРЕДСТВЕ**

## **1.1. Назначение**

Разработанное программное средство «Объединение видеопотоков» предназначено для автоматизированного построения одновременно нескольких широкоугольных панорамных видеоизображений высокого разрешения модулей камерных. Построение одного панорамного видеоизображения достигается посредством объединения в режиме реального времени видеопотоков соседних статичных видеокамер одного модуля камерного, установленных рядом друг с другом (в одном корпусе) по кругу вдоль линии горизонта с малыми перекрытием углов наблюдения, обеспечивая, таким образом, непрерывную зону наблюдения в заданном угловом секторе.

Построение панорамного видеоизображения выполняется с одновременным устранением артефактов связанных с геометрическими искажениями оптических систем видеокамер, различными углами наблюдения за одной и тоже сценой соседними видеокамерами и различной освещенностью сцен. Таким образом, на итоговом панорамном видеоизображении отсутствуют искажения прямых линий и границ объединения, что обеспечивает нормальное восприятие человеком наблюдаемой видео сцены.

Разработанное программное средство позволяет одновременно генерировать несколько панорамных видеоизображений высокого разрешения из общего углового сектора наблюдения. Каждое из панорамных видеоизображений задается требуемым разрешением и локальными углами обзора, которые могут быть изменены в режиме реального времени согласно заданного протокола управления.

Количество одновременно объединяемых широкоугольных панорамных видеоизображений определяется производительностью используемого вычислителя, количеством видеокамер, их разрешением, итоговым разрешением панорамного видеоизображения и требуемой частотой кадров. Для конкретной конфигурации вычислителя (см. Таблица №2) предусмотрено объединение одновременно двух широкоугольных панорамных видеоизображений тепловизионного и телевизионного модулей камерных с частотой кадров до 25 Гц. Характеристики видеопотоков тепловизионного и телевизионного модулей камерных описаны в таблице 2 данного документа.

## **1.2. Общие функции**

Основная задача разработанного программного средства – генерация в режиме реальном времени (с частотой до 25 Гц) нескольких панорамных видеоизображений широкоугольного наблюдения высокого разрешения. Для обеспечения решения основной задачи разработанное программное средство реализует следующие дополнительные функции:

1. Автоматическая и полуавтоматическая калибровка внутренних и внешних

оптических параметров модулей камерных;

2. Генерация виртуальных камер внутри откалиброванной области наблюдения с возможностью их гибкой параметризации, в том числе по углу обзора до 180 градусов;

3. Трансляция видеопотоков сгенерированных виртуальных камер в режиме реального времени по заданному сетевому адресу согласно протокола RTP/RTSP с аппаратным кодированием H-пакета разработанного программного средства. 264/265;

4. Управление параметрами виртуальных камер посредством web-пакета через конфигурационную страницу в браузере на удаленном компьютере в локальной сети.

### 1.3. Производительность

На одном вычислителе (см. таблицу №2) выполняется формирование двух цветных панорамных видеоизображений с углами обзора близкими к 180 градусам с разрешениями 3x4K (телевизионный модуль камерный) и 2560x512 (тепловизионный модуль камерный) соответственно. Характеристики видеопотоков модулей камерных описаны в таблице №1.

Общее время задержки отображения панорамного видеоизображения от реального времени составляет менее 1 секунды (подтверждается экспериментально на стендовом оборудовании). Время отставания складывается из времени формирования видеопотока камерами, передачи их по сети в 1 Гбит, их распаковка, объединение и упаковка. Время передачи упакованного видеопотока зависит от выбранного кодека (H264/H265), выбранного протокола передачи (RTSP/RTP), архитектуры сети и маршрутизации.

Таблица №1:

№	Характеристика	Значение
Тепловизионный модуль камерный:		
1	Количество видеокамер	4
2	Разрешение видеокамер	640x512
3	Частота видеопотока	25 Гц
4	Количество каналов цветности	3
5	Угол обзора объектива	порядка 45 град
6	Кодек сжатия	H-264
Телевизионный модуль камерный:		
1	Количество видеокамер	4
2	Разрешение видеокамер	3840x2160
3	Частота видеопотока	20-25 Гц

4	Количество каналов цветности	3
5	Угол обзора объектива	порядка 45 град
6	Кодек сжатия	H-264

Таблица №2:

№	Характеристика	Значение
1	Операционная система	Ubuntu 22.04 (только)
2	Центральный процессор	Intel Core i9 5.8 ГГц (или старше)
3	DDR5	16 Гб (или больше)
4	HDD	256 Гб (или больше)
5	Видеокарта	GeForce RTX 4070 (или старше)
6	Сетевая карта	1 Гбит (или больше)

В случае необходимости генерации большого количества широкоугольных панорамных видео изображений в режиме реального времени должны быть изменены требования к центральному процессору и видеокарте вычислителя. Рост количества генерируемых широкоугольных панорамных видеоизображений может быть так же достигнут снижением требований по частоте кадров и итоговому разрешению панорамных видеоизображений.

Точная нагрузочная конфигурация определяется экспериментально, аналитические оценки малодостоверны.

## 1.4. Дополнительные программные средства

Для функционирования разработанного программного средства требуется следующий состав свободно распространяемых дополнительных библиотек, которые должны быть установлены на вычислитель:

- Opencv 4.0 (CUDA)
- Python Scipy;
- Python Numpy;
- Python Yaml;
- Gstreamer (полный пакет с плагинами).

## 1.5. Аппаратные ограничения

Разработанное программное средство предназначено для обработки в режиме реального времени видеопотоков высокого разрешения до 4К и генерации панорамных видеоизображений разрешением до 16К на частоте 25 Гц. Такие высокие

требования к вычислительной нагрузке требуют высоких требований к характеристикам вычислителя:

- архитектура процессора поколения Intel Core i9 (или старше) с частотой более 5.8 ГГц с поддержкой аппаратного кодирования/декодирования видеопотоков кодеками H264/H265;
- видеокарта поколения GeForce RTX 4070 (или старше) с технологией Cuda, оперативная память карты более 12 Гб;
- Сетевая карта 1 Гбит (или больше).

## **1.6. Системные ограничения**

Поставляемая сборка разработанного программного средства предназначена для функционирования только под операционной системой Ubuntu 22.04 (поставляется в комплекте). Кросс-платформенная реализация программного кода разработанного программного средства позволяет получить сборку для работы под любой операционной системой с UNIX архитектурой, которая позволит установить все необходимые драйвера для аппаратных графических ускорителей видеокарты и процессора.

## **1.7. Описание носителя**

Разработанное программное средство передается на трех флеш-накопителях. Два флеш-накопителя предназначены для установки сборки разработанного программного средства на новый вычислитель и на третьем флеш-накопителе храниться весь разработанный программный код с инструкцией по сборке.

На первом флеш-накопителе (помечена желтым скотчем) располагается установка операционной системы Ubuntu 22.04 (загрузочный флеш-накопитель). На втором флеш-накопителе (отмечена синем скотчем) располагаются установочные файлы поставляемой сборки разработанного программного средства. На третьем флеш-накопителе (отмечена красным скотчем) поставляются исходные программные коды.



## **2. УСТАНОВКА И НАСТРОЙКА РАЗРАБОТАННОГО ПРОГРАММНОГО СРЕДСТВА**

### **2.1. Требования к системному администратору**

Системный администратор должен владеть минимальными навыками администрирования ОС Ubuntu 22.04: управление каталогами, установка deb-пакетов, настройка сетевых соединений, настройка прав доступа, создание загрузочных сервисов и прочее.

### **2.2. Структура дистрибутива**

Дистрибутив (поставляется на флеш-накопителе, отмечен синем скотчем) разработанного программного средства состоит из двух deb-пакетов (**OpenCV-4.7.0- x86\_64-libs.deb** и **bird-eye-1.0.0-Linux.deb**), которые должны быть установлены согласно инструкции (см. пункт 2.3). В момент установки компьютер должен быть подключен к Интернету, для автоматического обновления драйверов и установки всех аппаратных зависимостей графических ускорителей процессора и видеокарты.

### **2.3. Порядок установки**

В таблице №3 содержится описание порядка действий для установки дистрибутива разработанного программного средства. До начала установки дистрибутива разработанного программного средства необходимо выполнить установку операционной системы Ubuntu 22.04 со всеми доступными драйверами. Для установки операционной системы необходимо использовать поставляемый флеш-накопитель (отмечен желтым скотчем). Для оптимизации вычислений необходимо выбрать в настройке операционной системы схему без энергосбережения и отключения монитора. Необходимо отключить пользовательский вход в систему в настройках операционной системы для обеспечения полноценной загрузки ОС при включении вычислителя.

Далее для установки разработанного программного средства необходимо использование логина (имени) пользователя, которое было назначено при установке операционной системы. Рекомендуемое имя пользователя «amnp».

Разработанное программное средство должно запускаться в виде сервиса для построения одного панорамного видеоизображения одного модуля камерного. Один вычислитель текущей конфигурации (см. таблица №2) предназначен для построения двух панорамных видеоизображений тепловизионного и телевизионного модулей камерных (см. таблица №1). Таким образом, на данном вычислителе должно запускаться две копии разработанного программного средства с разными конфигурационными настройками для построения панорамных видеоизображений тепловизионного и телевизионного модулей камерных. Каждая из копий разработанного программного средства запускается в виде сервиса с помощью

файлов **bird\_eye\_ir.service** и **bird\_eye\_tv.service**.

Таблица №3:

№	Действие	Результат
1	Скопируйте deb-пакеты дистрибутива разработанного программного средства на жесткий диск вычислителя в каталог /home/	Файлы <b>OpenCV-4.7.0-x86_64-libs.deb</b> и <b>bird-eye-1.0.0-Linux.deb</b> располагаются на диске вычислителя в каталоге /home/
2	Откройте программу Терминал операционной системы из каталога /home/	
3	В командной строке выполните команду: <b>sudo apt-get install ./OpenCV-4.7.0-x86_64-libs.deb</b>	Установка deb-пакета без ошибок
4	В командной строке выполните команду: <b>sudo apt-get install ./bird-eye-1.0.0-Linux.deb</b>	Установка deb-пакета без ошибок в каталог /opt/bird-eye/
5	В командной строке выполните команду: <b>sudo chown login -R /opt/bird-eye</b> , где <b>login</b> – это имя пользователя ОС, которое будет использоваться при запуске по умолчанию	
6	В командной строке выполните команду: <b>sudo nautilus /home</b>	Откроется программа управления каталогами
7	С помощью программы управления каталогами создайте каталог <b>/home/.config/systemd/user</b>	Создан новый каталог
8	Скопируйте файл <b>/opt/bird-eye/bird_eye_ir.service</b> и <b>/opt/bird-eye/bird_eye_tv.service</b> в каталог <b>/home/.config/systemd/user</b>	
9	В командной строке выполните команды последовательно: <b>systemctl --user enable bird_eye_ir.service</b> <b>systemctl --user enable bird_eye_tv.service</b>	Два экземпляра программного средства прописано в автозагрузку. Обеспечен автоматический запуск при старте операционной системы

10	<p>Вызовите последовательно следующие команды в командной строке терминала:</p> <pre><b>sudo apt update</b></pre> <pre><b>sudo apt-get install ssh</b></pre> <pre><b>sudo apt install openssh-server</b></pre> <pre><b>sudo systemctl enable sshd</b></pre> <pre><b>sudo systemctl start sshd</b></pre> <pre><b>sudo apt install bash</b></pre>	<p>Установка сервиса SSH для удаленного управления конфигурацией разработанного программного средства</p>
----	---	---

## 2.4. Порядок настройки

Настройка конфигурации разработанного программного средства выполняется в два основных этапа. На первом этапе выполняется настройка конфигурационных файлов, на втором этапе выполняется настройка виртуальных камер панорамных видеоизображений на местности с помощью web-интерфейса.

### 2.4.1. Настройка конфигурационных файлов

Каждая из копий разработанного программного средства настраивается с помощью своих конфигурационных файлов. Конфигурационные настройки тепловизионного модуля камерного содержатся в файле **config\_ir.yml**, конфигурационные настройки телевизионного модуля камерного содержатся в файле **config\_tv.yml**.

Параметры разработанного программного средства делятся на 2 основные группы: публичные и не публичные. Публичные параметры настраиваются системным администратором, не публичные параметры настраиваются командой разработки для оптимизации производительности и эффективности программно-аппаратного комплекса. В таблице №4 содержится описание настройки публичных параметров разработанного программного средства.

Таблица №4:

№	Параметр	Тип	Описание
1	<b>bired_eye_gen:view_size=</b> <b>[ширина, высота]</b>	[uint, uint]	Начальное разрешение панорамного видеоизображения в пикселях, согласуется с разрешением мониторов отображения по ширине и их количеством
2	<b>virtual_camera:fov</b>	float>0	Начальный угол обзора виртуальной камеры панорамного видеоизображения, град
3	<b>virtual_camera:rot_x</b>	float	Начальный угол поворота виртуальной камеры по курсу, град
4	<b>video_writes:</b>		Группы параметров одновременной трансляции

			нескольких видеопотоков частей панорамного видеоизображения
4.1	<b>video_writes:enabled</b>	bool	Признак отображений заданного потока
4.2	<b>video_writes:async</b>	bool	Признак асинхронной передачи данных
4.3	<b>video_writes:type</b>	const	<p>Тип трансляции:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>wnd</b> — отображение на вычислителе потока в окне, открывается автоматически при запуске программы;</li> <li>• <b>opencv_video</b> — трансляция закодированного видеопотока H264/H265 согласно протокола RTP на заданный ip-адрес</li> </ul>
4.4	<b>video_writes:roi=[x,y,ширина, высота]</b>	[uint,uint, uint,uint]	<p>Область транслируемого панорамного видеоизображения. При установке признака <b>type=opencv_video</b> разрешение заданной области не должно превышать 4К) сгенерированных (ограничение аппаратного кодека). Если параметр не указан, то выдается вся область панорамного видеоизображения</p>
4.5	<b>video_writes:filename</b>	string	<p>Специализированная строка с описанием параметров кодированного видеопотока в формате H264/H265 и ip-адреса назначения. Необходимо</p>

				установить кодек, ip-адрес и порт
5	<b>camera_streams:</b>			Блок параметров с описанием видеопотоков камер, установленных в модуле камерном слева направо по порядку
	<b>camera_streams:cam</b>		string	Заголовок камеры модуля камерного

	5.1	<b>camera_streams:type</b>	const	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>ocv</b> — признак декодирования на CPU;</li> <li>• <b>ocv_gpu</b> — признак декодирования на GPU;</li> </ul>
	5.2	<b>camera_streams:url</b>	string	Строка чтения видеопотока по протоколу RTSP
	5.3	<b>camera_streams:filename</b>	string	Специализированная строка с описанием параметров декодирования видеопотока в формате H264, URL и частоты
	5.4	<b>camera_streams:scale</b>	float:[0,1]	Коэффициент сжатия исходного видеоизображения для выравнивания масштабов при построении частей панорамного видеоизображения
6	<b>calibrate:</b>			Группа параметров для расчета калибровочных параметров камер модуля камерного
	6.1	<b>calibrate:image_size</b>	[uint, uint]	Разрешение видеопотоков камер
	6.2	<b>calibrate:view_ang</b>	uint	Угол обзора объектива, град.
	6.3	<b>calibrate:accuracy</b>	[uint,uint, uint]	Точность положения соседних камер по углам в градусах: азимут, возвышение и крен
	6.4	<b>calibrate:positions</b>		Группа параметров с описанием расположения камер внутри модуля камерного
		<b>calibrate:positions:cam</b>	string	Заголовок камеры, должен быть согласован с параметрам в блоке <b>positions:cam</b>
	6.5	<b>calibrate:positions:cam=[a,b,c]</b>	[int,int,int]	Положение камер внутри модуля камерного по углам в градусах: азимут, возвышение и крен

В таблице №5 содержится описание порядка действий для настройки

конфигурационных файлов каждой из копий разработанного программного средства. До начала настройки разработанного программного средства необходимо выполнить его установку (см. пункт 2.3), подключить в локальную сеть телевизионный и тепловизионный модули камерные и назначить им проектные ip-адреса, а так же назначить проектный ip-адрес вычислителю.

Настройка конфигурационных файлов может выполняться, как с помощью рабочего стола операционной системы, так и удаленно, с помощью **SSH**. В таблице №5 содержится описание настройки публичных параметров (таблица №4) разработанного программного средства с помощью рабочего стола.



Таблица №5:

№	Действие	Результат
1	В командной строке выполните команду: <b>sudo nautilus /opt/bird-eye</b>	Откроется программа управления каталогами
2	Открыть файл <b>config_ir.yml</b>	Откроется текстовый редактор с содержанием файла <b>config_ir.yml</b>
3	Выполнить настройку публичных параметров (см. Таблицу №4) тепловизионного модуля камерного	
4	Открыть файл <b>config_tv.yml</b>	Откроется текстовый редактор с содержанием файла <b>config_tv.yml</b>
5	Выполнить настройку публичных параметров (см. Таблицу №4) телевизионного модуля камерного	
6	В командной строке выполните команды последовательно: <b>cd /opt/bird-eye</b> <b>python3 init_params.py config_ir.yml</b> <b>python3 init_params.py config_tv.yml</b>	Создание в каталоге программы <b>/opt/bird-eye</b> списка файлов внутренних и внешних параметров
<i>Следующие действия необходимо выполнить в случае, если оптическая система видеокамер тепловизионного модуля камерного обладает значительными дисторсионными искажениями</i>		
7	В командной строке выполнить следующие команды: <b>cd /opt/bird-eye</b> <b>python3 D_calibrate.py config_ir.yml cam0</b> , где <b>cam0</b> заголовок первой камеры	Откроется окно с видеопотоком камеры <b>cam0::url</b> из конфигурационного файла тепловизионного модуля камерного
8	Наведите камеру <b>cam0</b> на плоский шаблон с прямыми горизонтальными и вертикальными линиями. Шаблон может использоваться, в том числе естественные прямые линии уличных сцен	Выполнена подготовка для калибровки дисторсионных коэффициентов камер тепловизионного модуля камерного

9	С помощью двух бегунков ( <b>d0</b> , <b>d1</b> ) на форме с видеопотоком камеры минимизируйте сферические искажения сравнения линии сцены с линиями сетки, отображаемой поверх видеопотока. Управление бегунками интуитивно понятно, первый бегунок d0	Компенсированы дисторсионные искажения первого и второго порядков камеры <b>cam0</b> тепловизионного модуля камерного
---	---	---

	компенсирует искажения первого порядка, бегунок d1 компенсирует искажения второго порядка	
10	Нажмите на клавиатуре <b>ESC</b>	Окно с видеопотоком камеры <b>cam0</b> тепловизионного модуля камерного закрывается
11	В консольном окне программы ответить на вопрос «Сохранить настройки дисторсии для всех камер ( <b>yes/no</b> ):». Предполагается, что оптические характеристики видеокамер одного модуля камерного примерного одинаковые, поэтому нажмите «y» и затем нажмите <b>Enter</b>	Выполнена калибровка дисторсионных коэффициентов всех видеокамер тепловизионного модуля камерного
<i>Следующие действия необходимо выполнить в случае, если оптическая система видеокамер телевизионного модуля камерного обладает значительными дисторсионными искажениями</i>		
12	В командной строке выполнить следующие команды: <b>cd /opt/bird-eye</b> <b>python3 D_calibrate.py config_tv.yml cam0</b> , где <b>cam0</b> заголовок первой камеры	Откроется окно с видеопотоком камеры <b>cam0::url</b> из конфигурационного файла телевизионного модуля камерного
13	Наведите камеру <b>cam0</b> на плоский шаблон с прямыми горизонтальными и вертикальными линиями. Шаблон может использоваться, в том числе естественные прямые линии уличных сцен	Выполнена подготовка для калибровки дисторсионных коэффициентов камер телевизионного модуля камерного
14	С помощью двух бегунков ( <b>d0</b> , <b>d1</b> ) на форме с видеопотоком камеры минимизируйте сферические искажения сравнения линии сцены с линиями сетки, отображаемой поверх видеопотока. Управление бегунками интуитивно понятно, первый бегунок d0 компенсирует искажения первого порядка, бегунок d1 компенсирует искажения второго порядка	Компенсированы дисторсионные искажения первого и второго порядков камеры <b>cam0</b> телевизионного модуля камерного

15	Нажмите на клавиатуре <b>ESC</b>	Окно с видеопотоком камеры <b>cam0</b> телевизионного модуля камерного закроется
16	В консольном окне программы ответить на	Выполнена калибровка

<p>вопрос «Сохранить настройки дисторсии для всех камер (<b>yes/no</b>):». Предполагается, что оптические характеристики видеокамер одного модуля камерного примерного одинаковые, поэтому нажмите «y» и затем нажмите <b>Enter</b></p>	<p>дисторсионных коэффициентов всех видеокамер телевизионного модуля камерного</p>
---	--

На рис. 1 продемонстрирован пример формы калибровки дисторсионных коэффициентов телевизионного видеопотока.

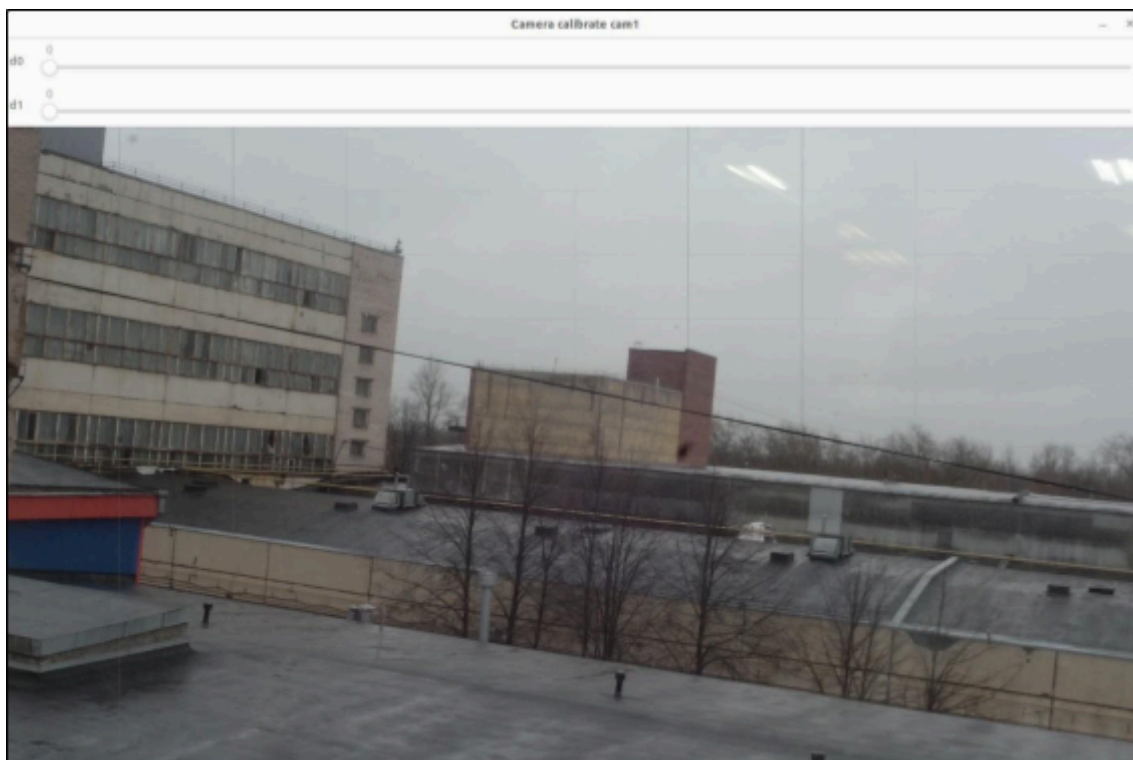


Рис. 1. Пример формы калибровки дисторсионных коэффициентов телевизионного видеопотока

## 2.4.2. Настройка виртуальных камер

Настройка виртуальных камер панорамных видеоизображений должна выполняться после установки модулей камерных на штатные позиции. Данное требование вызвано особенностями калибровки взаимных углов рассогласования видеокамер модулей камерных, которая должна обеспечивать максимальную точность.

Перезагрузите вычислитель после установки разработано, запуск разработанного программного средства выполниться автоматически.

Настройка виртуальных камер выполняется с помощью web-интерфейса разработанного программного средства. Web-интерфейс состоит из двух основных частей: область отображения панорамного видеоизображения (слева) и область

управления настройками виртуальных камер панорамного видеоизображения (справа). Для запуска web-интерфейса должны использовать web-браузеры Google Chrome или Firefox, проверка работоспособности web-интерфейса разработанного программного средства на других web-браузерах не проводилась.

Максимальное разрешение отображаемого в web-интерфейсе панорамного видеоизображения по ширине составляет не более 1920 пикселей (задается в конфигурационном файле параметром **http\_server:mjpeg\_max\_width**). Данное ограничение вызвано штатными программными инструментами web-браузера (Google Chrome и Firefox), видеоизображения большего разрешения отображаются с пониженной частотой кадров.

На рис. 2 представлен общий вид web-интерфейса разработанного программного средства.

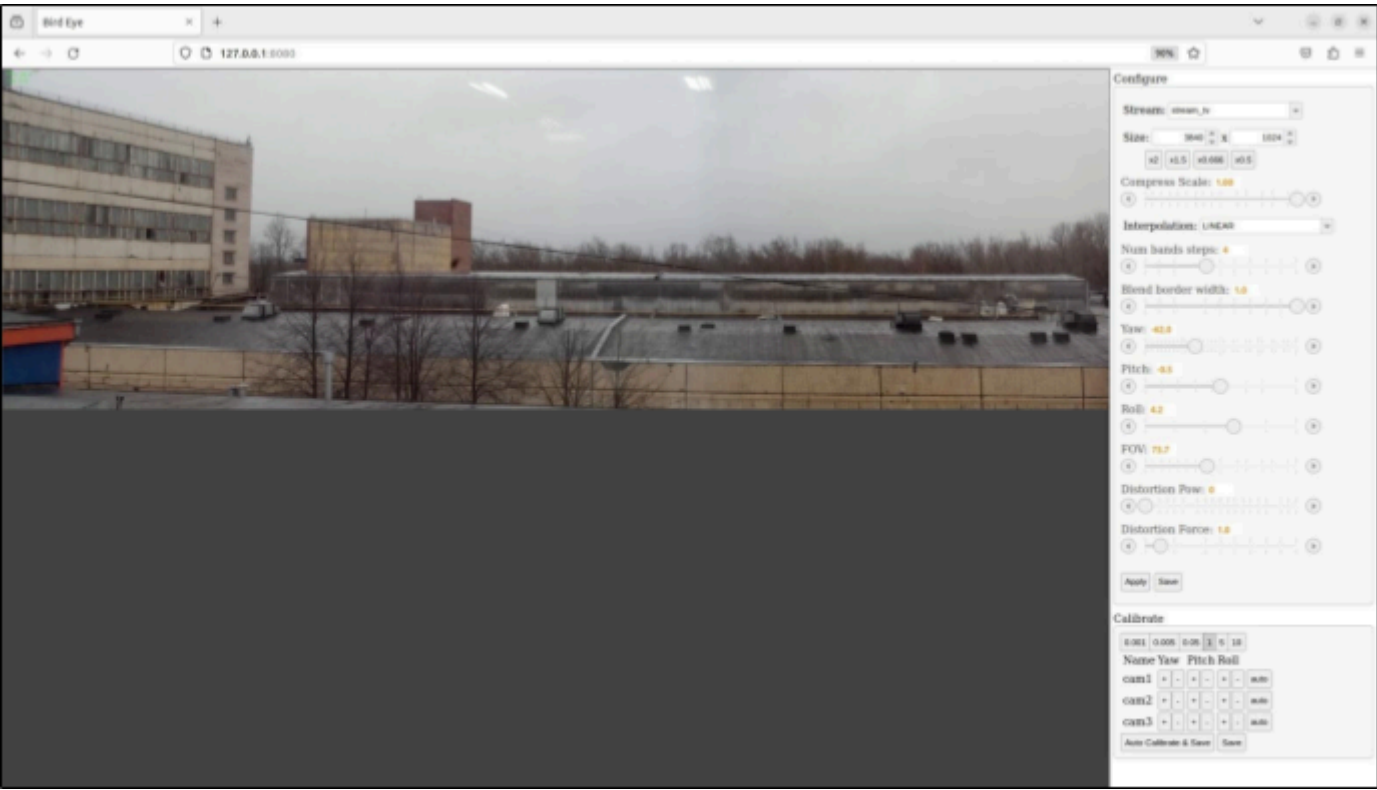


Рис.2. Общий вид web-интерфейса разработанного программного средства

В таблице №6 описаны конфигурационные параметры web-интерфейса по настройке виртуальной камеры.

Таблица №6

№	Параметр	Тип	Описание
1	Stream	const	Наименование виртуальной камеры, назначено в конфигурационном файле <b>bired_eye_gen:name</b>

2	<b>Size</b>	[uint, uint]	<p>Разрешение в пикселя панорамного видеоизображения. Начальный размер задан в конфигурационном файле <b>bired_eye_gen:view_size</b></p> <p>Кнопки позволяют быстро пропорционально менять размер</p> 
3	<b>Compress Scale</b>	float	<p>Коэффициент компрессии панорамного видеоизображения. При уменьшении коэффициента компрессии снижается детализация панорамного видеоизображения, при этом растет квадратичным образом производительность. Данный параметр применяется, в случае, если не хватает вычислительной производительности видеокарты</p>
4	<b>Interpolation</b>	const	<p>Тип интерполяции панорамного видеоизображения. Выбор параметра позволяет сбалансировать вычислительную нагрузку на видеокарте и качество панорамного видеоизображения</p>
5	<b>Num bands steps</b>	unit	<p>Уровень сглаживания границ соседних кадров. При увеличении параметра сглаживание границы увеличивается</p>

6	<b>Blend border width</b>	float	Ширина сглаживания. При увеличении параметра точность границы соседних кадров сглаживания увеличивается
7	<b>Yaw</b>	float	Угол виртуальной камеры по азимуту, град.
8	<b>Pitch</b>	float	Угол виртуальной камеры по возвышению, град.
9	<b>Roll</b>	float	Угол виртуальной камеры по вращению, град.
10	<b>FOV</b>	float	Угол обзора виртуальной камеры, град.
11	<b>Distortion Pow</b>	int	Степень линзы нормализации центральной части панорамного видеоизображения
12	<b>Distortion Force</b>	float	Сила линзы нормализации центральной части панорамного видеоизображения



			Distortion Force: 1.0
--	--	--	-----------------------

13	<b>Calibrate</b>		Группа параметров калибровки взаимных углов соседних камер, град
	Кнопки углового шага в градусах вращения пары соседних камер друг относительно друга	const	
	Кнопки вращения пары камер <b>cam0</b> и <b>cam1</b> друг относительно друга с заданной точностью по углам азимута (Yaw), возвышения (Pitch) и вращения (Roll).	const	
	Кнопка «auto» обеспечивает автоматический расчет углов вращения пары камер <b>cam0</b> и <b>cam1</b> друг относительно друга	bool	

В таблице №7 описан порядок действий настройки виртуальных камер тепловизионного и телевизионного модулей камерных.

Таблица №7

№	Действие	Результат
1	В строке web-браузера на локальном компьютере для открытия web-интерфейса телевизионного модуля камерного задайте команду ip-адрес:8080 и для тепловизионного модуля камерного задайте команду ip-адрес:8081. Здесь ip-адрес, это ip вычислителя в локальной сети, который сконфигурирован для генерации конкретного панорамного видеоизображения	Открытие web-интерфейса разработанного программного средства
2	Выберите название виртуальной видеокамеры (задана в конфигурационном файле). Настроенная конфигурация предполагает одновременное использование только одной виртуальной камеры, но возможна настройка нескольких виртуальных камер по аналогии согласно структуре файла YAML	Выбрана виртуальная камера заданного модуля камерного
3	Найдите на конфигурационной панели блок управления калибровкой внешних параметров модуля камерного (см. таблица №6 пункт №13). Калибровка внешних параметров выполняется попарно между каждой парой видеокамер слева направо: <b>(cam0,cam1), (cam1,cam2) и (cam2,cam3).</b>	
3.1	Выберите пониженное разрешение панорамного видеоизображения с помощью параметра <b>Size</b> (см. таблица №6 пункт №2) и нажмите кнопку Apply. Пониженное разрешение необходимо для повышения скорости перерасчетов	Выполниться изменение разрешения панорамного видеоизображения
3.2	С помощью параметров <b>Yaw, Pitch, Roll</b> и <b>FOV</b> установите виртуальную камеру таким образом, чтобы хорошо наблюдать стык <b>cam0</b> и <b>cam1</b>	Наблюдается стык кадров камер <b>cam0</b> и <b>cam1</b> в разрешении достаточном для контроля качества

			объединения
	3.3	Нажмите кнопку «auto» для камеры <b>cam1</b> . Должна выполняться калибровка между камерами <b>cam0</b> и <b>cam1</b>	По завершению калибровки иконка обработки исчезнет. Если калибровка удачная, то видеоизображение между

			камерам <b>cam0</b> и <b>cam1</b> совместиться с пиксельной точностью. В противном случае будет выдано сообщение о невозможности автоматической калибровки
	3.4	Выполнить ручную калибровку в случае, если автоматическая калибровка не выполнена или качество калибровки недостаточное (см. таблица №6 пункт №13)	Точная калибровка <b>cam0</b> и <b>cam1</b>
	3.5	Повторить пункты 3.1-3.4 для пар камер ( <b>cam1,cam2</b> ) и ( <b>cam2,cam3</b> )	Калибровка всех пар камер модуля камерного
4	Установите <b>Size</b> по ширине, который будет транслироваться потребителям		Установлена ширина панорамного видеоизображения
5	Выполните управление параметрами <b>Yaw</b> , <b>Pitch</b> , <b>Roll</b> и <b>FOV</b> таким образом, чтобы панорамное видеоизображение помещалось по ширине ровно в заданный размер <b>Size</b> по ширине		Установлены базовые оптические параметры виртуальной камеры
6	Выполните управление параметрами <b>Pitch</b> и <b>Size</b> по высоте таким образом, чтобы панорамное видеоизображение помещалось по высоте ровно в заданный размер <b>Size</b>		
7	Установите <b>Num bands steps</b> > 5 и <b>Blend border width</b> > 0,5 для обеспечения видимого качества объединения соседних видеоизображений		Обеспечена гладкая граница между соседними кадрами
8	Установите параметры <b>Distortion Pow</b> и <b>Distortion Force</b> таким образом, чтобы обеспечить баланс размера панорамного видеоизображения по высоте и линейности границ объектов		Настройка виртуальной камеры выполнена

### 3. СБОРКА РАЗРАБОТАННОГО ПРОГРАММНОГО СРЕДСТВА

#### 3.1. Общие сведения

Дистрибутив (поставляется на флеш-накопителе, отмечен синем скотчем) разработанного программного средства состоит из двух deb-пакетов (**OpenCV-4.7.0-x86\_64-libs.deb** и **bird-eye-1.0.0-Linux.deb**), которые должны быть установлены согласно инструкции (см. пункт 2.3).

Пакет **OpenCV-4.7.0-x86\_64-libs.deb** предназначен для установки всех библиотек OpenCV и все зависимостей с ними связанных, в том числе драйвера видеокарты. Пакет **bird-eye-1.0.0-Linux.deb** предназначен для установки разработанного программного средства, устанавливается в директорию **/opt/bird-eye**.