

ЭЛЕКТРОННЫЕ ПРОМЫШЛЕННЫЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ РЕШЕНИЯ

ОКП 668100

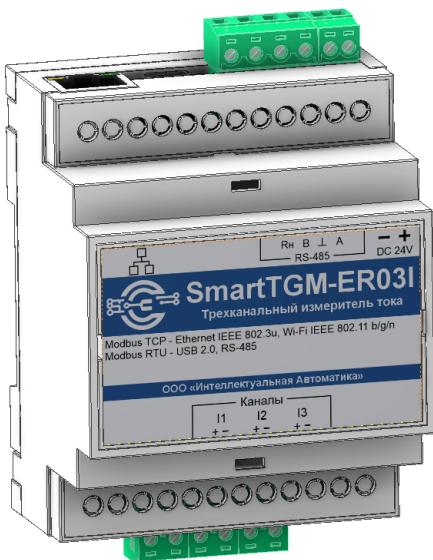
УТВЕРЖДАЮ
Генеральный директор
ООО «Интеллектуальная Автоматика»

_____ А.Б. Голенищев
«___» _____ 2025 г.

МОДУЛИ ВВОДА АНАЛОГОВЫХ СИГНАЛОВ

ТРЕХКАНАЛЬНЫЙ ИЗМЕРИТЕЛЬ ТОКА
SmartTGM-ER03I

Руководство по эксплуатации
74483379.426439.001 РЭ
Версия 1.1



г. Челябинск, 2025

Инв. № подп.	Подп. и дата	Взам. Инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

СОДЕРЖАНИЕ

1. ОПИСАНИЕ И РАБОТА	4
1.1. Назначение и область применения	4
1.2. Устройство и принцип действия	5
1.3. Технические характеристики	8
1.4. Маркировка и пломбирование	11
1.5. Комплект поставки	11
1.6. Форма заказа	13
2. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПО НАЗНАЧЕНИЮ	14
2.1. Эксплуатационные ограничения	14
2.2. Подготовка к использованию	14
2.3. Меры безопасности	15
2.4. Работа устройства	15
2.5. Обновление микропрограммы прибора	20
3. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ	23
3.1. Общие указания	23
3.2. Проверка работоспособности изделия	23
3.3. Текущий ремонт	23
4. ХРАНЕНИЕ И ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ	24
5. УТИЛИЗАЦИЯ	25
ЛИТЕРАТУРА	26
ПРИЛОЖЕНИЯ	27
Приложение А. Схемы электрических подключений	27
Приложение Б. Регистры Modbus прибора	29

Настоящее руководство по эксплуатации (далее по тексту – РЭ) предназначено для ознакомления обслуживающего персонала с устройством, принципом действия, настройкой, монтажом, подключением, эксплуатацией и техническим обслуживанием трехканального измерителя тока GOLENISHCHEV ELECTRONICS® SmartTGM-ER03I (далее по тексту – «прибор»). Оно включает в себя общие сведения, технические характеристики, описание конструкции, принцип работы и правила эксплуатации.

Эксплуатация изделия производится лицами, ознакомленными с принципом работы, конструкцией изделия и изучившими данное руководство.

Обслуживание изделия производится лицами, имеющими квалифицированную группу по электробезопасности не ниже второй.

Запрещается производить монтаж и демонтаж изделия при включенном электропитании изделия.

Предприятие-изготовитель оставляет за собой право производить не-принципиальные изменения, не ухудшающие технические характеристики изделия. Данные изменения могут быть не отражены в тексте настоящего документа.

Руководство актуально для прибора с версией микропрограммы «1.0».

Инв. № подп.	Подп. и дата	Взам. Инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	74483379.426439.001 РЭ	Лист
						3

1. ОПИСАНИЕ И РАБОТА

1.1. Назначение и область применения

Модули аналогового ввода предназначены для использования в распределенных системах сбора данных и системах управления в различных отраслях промышленности и лабораторных исследованиях. Модуль аналогового ввода «Трехканальный измеритель тока SmartTGM-ER03I» применяется совместно с программируемым логическим контроллером, либо с персональным компьютером, интегрированными в SCADA системы, для преобразования аналоговых сигналов (унифицированных токовых сигналов) от датчиков давления, температуры, уровнемеров, расходомеров и т.д. в цифровой код с последующей передачей измеренного значения по интерфейсам USB, RS-485 по протоколу Modbus RTU, и Ethernet, Wi-Fi по протоколу Modbus TCP (рисунок 1).

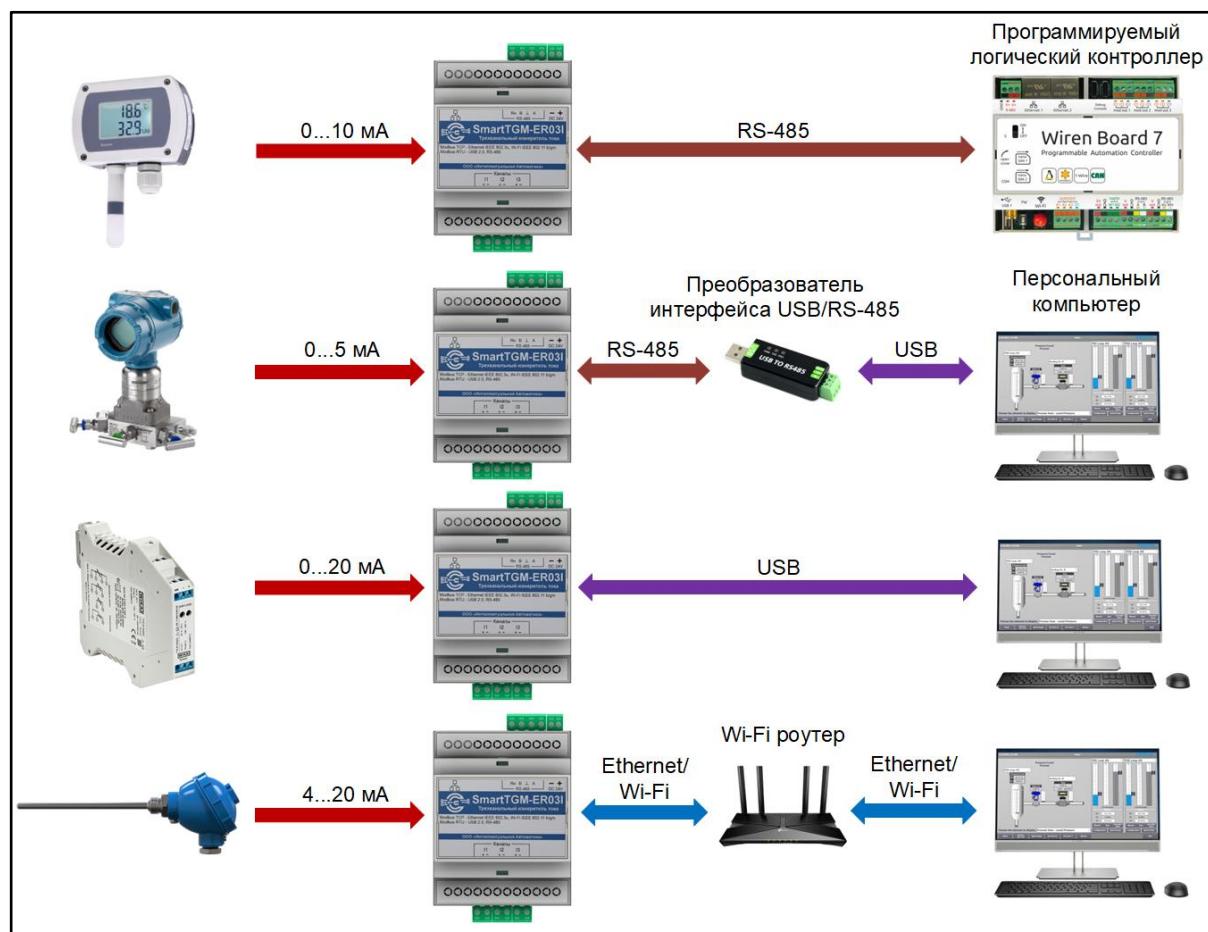


Рисунок 1 – Пример использования модуля с управляемым устройством
(ПК и ПЛК)

Инв. № подп.	Подп. и дата	Взам. Инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

74483379.426439.001 РЭ

Лист

4

Для конфигурирования трехканального измерительного модуля с ПК используется программа «SmartTGM-ER03I ModbusLogger», входящая в комплект поставки. Данную программу можно скачать на официальном сайте в свободном доступе [1].

1.2. Устройство и принцип действия

Конструктивно прибор предназначен для установки на DIN-рейку (рисунок 2).



Рисунок 2 – Внешний вид прибора

Прибор представляет собой микропроцессорное устройство с встроенным радиопередатчиком Wi-Fi/Bluetooth в пластиковом корпусе. Прибор состоит из корпуса, клеммных колодок и расположенной внутри корпуса платы устройства контроля, управления и индикации, на которой находятся основные разъемы, кнопки управления и индикаторы (рисунок 3). Версия микропрограммы «1.0» не имеет возможности подключения к беспроводной сети Wi-Fi. Использование беспроводной сети планируется добавить в следующих версиях микропрограммы.

Инв. № подп.	Подп. и дата	Взам. Инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

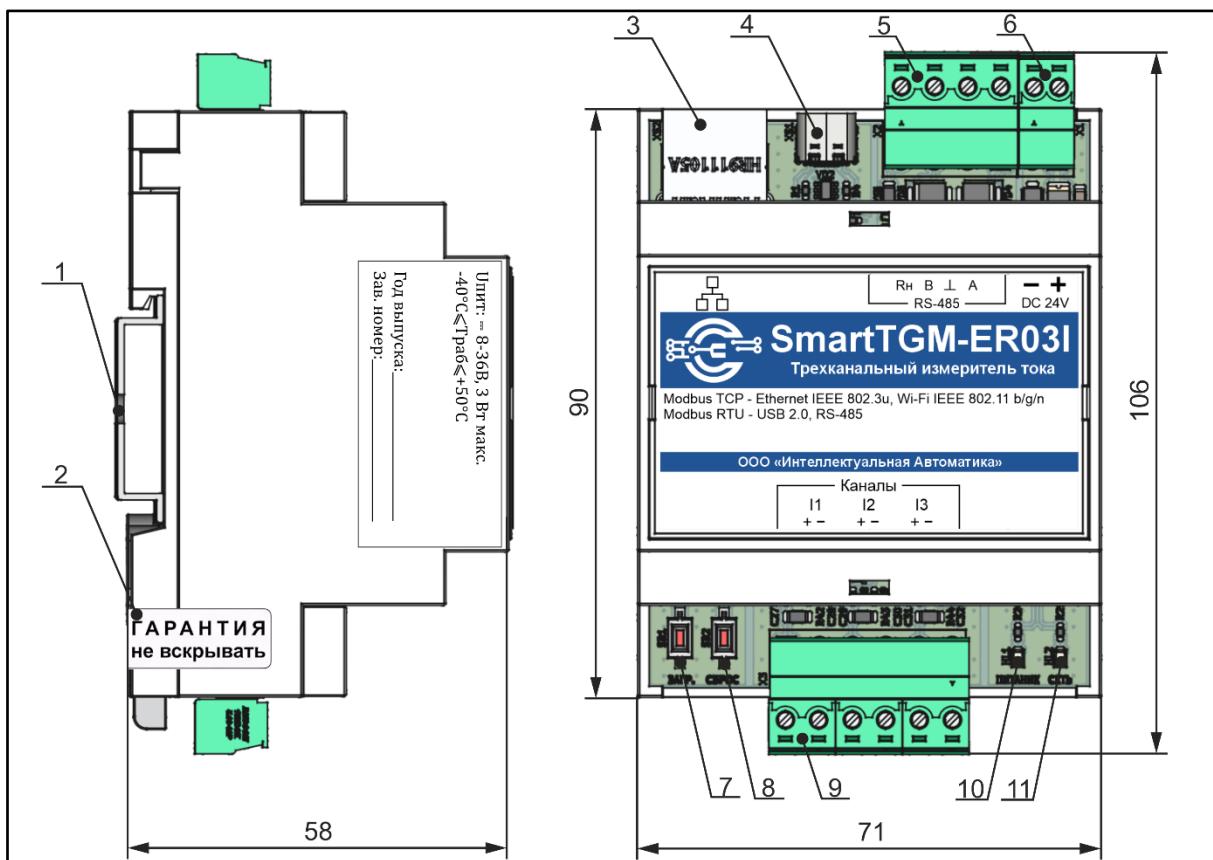


Рисунок 3 – Габаритные размеры и индикация прибора

(1 – DIN-рейка; 2 – гарантийная этикетка; 3 – разъем RJ45 для подключения интерфейса Ethernet 100 Мбит/с; 4 – разъем USB Type-C для подключения устройства к ПК и обновления микропрограммы прибора; 5 – разъем 15EDGK-5.08-04P для подключения интерфейса RS-485; 6 – разъем 15EDGK-3.81-02P для подключения напряжения питания; 7 – кнопка переключения режима загрузки микропрограммы прибора; 8 – кнопка сброса прибора (перезагрузки встроенного ПО); 9 – разъемы 15EDGK-5.08-02P каналов измерения для подключения датчиков; 10 – светодиод наличия напряжения питания; 11 – светодиод состояния подключения к беспроводной сети Wi-Fi)

Принцип работы изделия основан на сборе, хранении, обработке измеряемых значений тока с последующей передачей через цифровые интерфейсы связи (рисунок 4).

Изв. № полн.	Подп. и дата	Взам. Изв. №	Изв. № дубл.	Лист

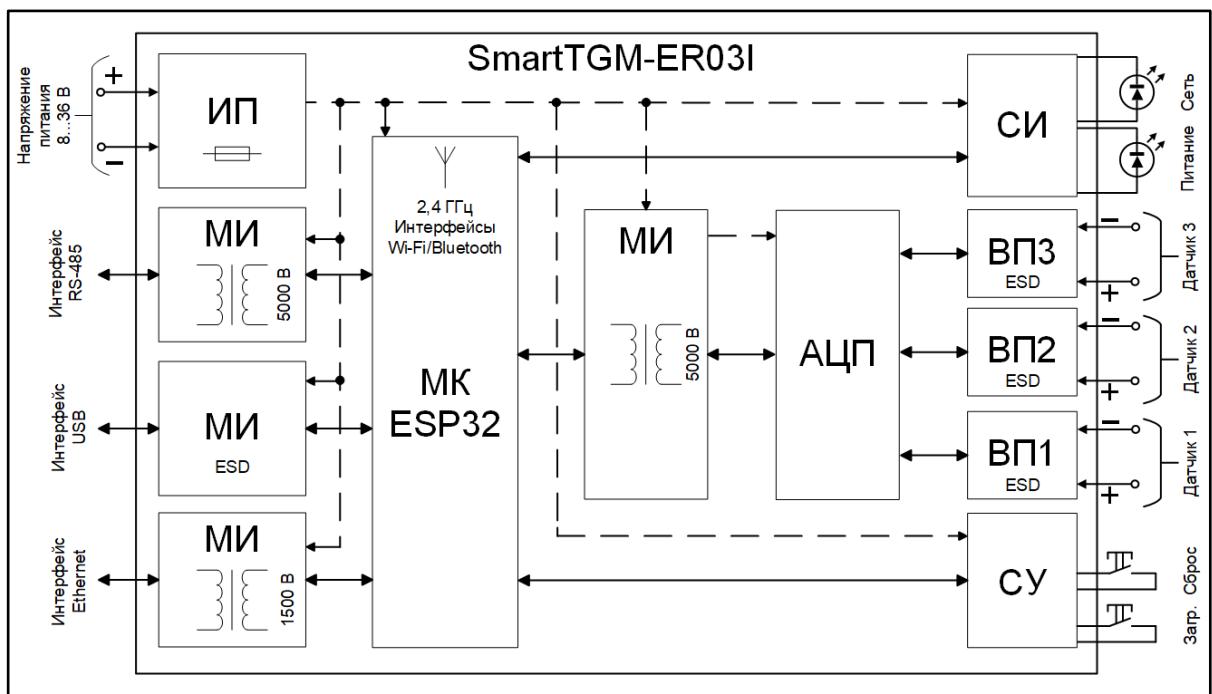


Рисунок 4 – Функциональная схема прибора

Источник питания (ИП) преобразует внешнее напряжение питания 8...36 В в стабилизированное напряжение постоянного тока, необходимое для питания микроконтроллера (МК), модулей интерфейсов (МИ) и аналоговой измерительной части. Источник питания имеет защиту от неправильного подключения. Микроконтроллер ESP32 на плате представлен в виде модуля с антенной диапазона 2,4 ГГц для беспроводной передачи данных по Wi-Fi и Bluetooth. Интерфейсы Ethernet, RS-485 и АЦП гальванически развязаны с микроконтроллером. Порт USB, входы для подключения датчиков имеют антистатическую защиту.

Входные преобразователи (ВП1-ВП3) обеспечивают преобразование значений входных токовых сигналов в напряжения, согласованные по диапазону с входным напряжением аналого-цифрового преобразователя (АЦП). АЦП преобразует измеренные значения напряжения с выходов ВП1-ВП3 в цифровой код, передаваемый в МК через последовательный интерфейс.

Схема индикации (СИ) индицирует наличие питания и состояние подключения к беспроводной сети Wi-Fi на светодиодах.

Инв. № подп.	Подп. и дата	Взам. Инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Схема управления (СУ) позволяет осуществлять перезагрузку устройства и обновление встроенной микропрограммы.

Микроконтроллер (МК) обеспечивает:

- 1) постоянное получение значений измерений с каналов АЦП;
- 2) расчет измеренных значений тока с установленной периодичностью и заданным усреднением, обновление полученных значений в регистрах Modbus;
- 3) хранение заданных настроек в энергонезависимой памяти;
- 4) управление модулями интерфейсов USB, RS-485, Ethernet, Wi-Fi; связь через МИ по интерфейсу USB и RS-485 (протокол Modbus RTU), а также по интерфейсу Ethernet и Wi-Fi (Modbus TCP);
- 5) подключение к беспроводной сети по Bluetooth через мобильное приложение.

Микроконтроллер расположен внутри модуля Espressif Systems ESP32-WROOM-32E. Модуль включает в себя тактовый генератор, антенну 2,4 ГГц, энергонезависимую память для хранения настраиваемых параметров и микропрограммы прибора. Для защиты от электромагнитного воздействия модуль закрыт металлическим экраном.

SmartTGM-ER03I содержит три идентичных измерительных гальванически связанных между собой канала (общий минус). Прибор имеет гальваническую развязку между входными измерительными цепями, линиями интерфейсов RS-485, Ethernet и источником питания.

1.3. Технические характеристики

Ниже приведены основные технические характеристики прибора (таблицы 1 – 3).

Инв. № подп.	Подп. и дата	Взам. Инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	74483379.426439.001 РЭ	Лист
						8

Таблица 1 – Технические характеристики прибора

Наименование	Значение
Питание	
Напряжение питания постоянного тока, В	8..36 (рекомендуемое 24)
Потребляемая мощность, Вт, не более	3
Программное обеспечение	
Версия ПО	1.0
Каналы измерения	
Количество каналов измерения тока	3
Период обновления измеренных значений (выбирается пользователем), с.	0,1...10,0
Усреднение измерений (размер выборки для усреднения показаний)	1...32
Входное сопротивление прибора при подключении источника унифицированного сигнала тока, Ом	50
Диапазон измерений канала, мА	0...23
Максимальное входное напряжение канала, мВ	2000
Поддерживаемые диапазоны унифицированных сигналов датчиков, мА	0...5, 0...10, 2...10, 4...20, 0...20
Метрологические характеристики	
Предел допускаемой основной приведенной погрешности, %	± 0,1
Пределы допускаемой дополнительной приведенной погрешности, вызванной изменением температуры окружающего воздуха от нормальной до любой температуры в пределах рабочего диапазона температур на каждые 10 °C, %	не более пределов допускаемой основной приведенной погрешности
Пределы допускаемой дополнительной погрешности, вызванной воздействием повышенной влажности, %	не более пределов допускаемой основной приведенной погрешности
Пределы допускаемой дополнительной погрешности, вызванной изменением напряжения питания в рабочем диапазоне, %	не более пределов допускаемой основной приведенной погрешности

Инв. № подп.	Подп. и дата	Взам. Инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Таблица 2 – Технические характеристики прибора (продолжение)

Метрологические характеристики			
Время установления, в течение которого измеренное значение входит в зону предела допускаемой основной приведенной погрешности, с (при значениях такта измерений 0,1 с и усреднения измерений 10), не более			1
Время установления рабочего режима, минут, не более			15
Интерфейс USB 2.0			
Протокол обмена данными			Modbus RTU
Скорость обмена данными, бит/с			9600
Длина связи, м, не более			3
Интерфейс RS-485			
Протокол обмена данными			Modbus RTU
Скорость обмена данными, бит/с			9600
Длина связи, м, не более			1200
Сопротивление встроенного терминирующего резистора, Ом			120
Интерфейс Ethernet 802.3u			
Протокол обмена данными			Modbus TCP
Скорость обмена данными, Мбит/с			150
Длина связи, м, не более			100
IP-адрес устройства			динамический
Имя хоста по умолчанию			SmartTGM-ER03I
Максимальное количество клиентов			1
Беспроводной интерфейс Wi-Fi 802.11 b/g/n (кроме версии микропрограммы «1.0»)			
Протокол обмена данными			Modbus TCP
Скорость обмена данными, Мбит/с			150
Длина связи, м, не более			240
Способы авторизации в сети			WPA2-PSK (через мобильное приложение с использованием Bluetooth)
IP-адрес устройства			динамический
Максимальное количество клиентов			1

Инв. № подп.	Подп. и дата	Взам. Инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Таблица 3 – Технические характеристики прибора (продолжение)

Конструкция	
Габаритные размеры прибора без установленных клеммных колодок, мм	91x71x58
Габаритные размеры прибора с установленными клеммными колодками, мм	106x71x58
Корпус	GAINTA INDUSTRIES D4MG
Способ монтажа	DIN-рейка
Масса, кг, не более	0,1
Степень защиты корпуса по ГОСТ 14254-2015	IP30
Надежность	
Средняя наработка на отказ, ч, не менее	50 000
Средний срок службы, лет	12
Защита от неправильного подключения контактов питания	есть
Напряжение изоляции (гальваническая развязка) интерфейсов	
Интерфейс RS-485, В	5000
Интерфейс Ethernet, В	1500
Интерфейс АЦП, В	5000

1.4. Маркировка и пломбирование

Маркировка с обозначением товарного знака и типа оборудования выполняется передней лицевой панели корпуса. Разъемы и другие элементы изделия маркированы в соответствии с их назначением. На боковой части корпуса выполняется маркировка с датой изготовления и заводским номером изделия. Корпус прибора пломбируется. Маркировка тары и упаковочного материала удовлетворяет требованиям ГОСТ 14192-96.

1.5. Комплект поставки

Упаковка изделия и эксплуатационной документации соответствует требованиям, предъявляемым ГОСТ 14192. В качестве упаковочной тары

Инв. № подп.	Подп. и дата	Взам. Инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	74483379.426439.001 РЭ	Лист
						11

применяется потребительская тара предприятия изготовителя. Упаковка изделия должна проводиться в закрытых вентилируемых помещениях при температуре от плюс 15 °С до плюс 40 °С и относительной влажности не более 80 % при отсутствии агрессивных примесей в окружающей среде. Составные части изделия укладываются в картонную коробку в полиэтиленовых запаянных пакетах («гриппер»). Для заполнения свободного пространства в упаковочную тару укладываются прокладки из гофрированного картона, пенопласта или пузырчатой пленки.

В качестве транспортной тары используются ящики фанерные или деревянные, коробки, ящики из гофрированного картона, пленка полимерная, бумага и другие упаковочные средства. Эксплуатационная документация должна быть уложена в потребительскую тару вместе с изделием. На верхний слой прокладочного материала укладывается товаросопроводительная документация: упаковочный лист и ведомость упаковки. На упаковочную тару наклеивается лист проверки упаковки, содержащий данные о шифре и номере изделия, фамилию упаковщика, дату упаковки, фамилию контролера ОТК, дату проверки. Лист подписывается упаковщиком и контролером ОТК, после чего ставится штамп ОТК.

К каждому изделию прилагается паспорт (таблица 4).

Таблица 4 – Комплект поставки прибора

Наименование	Обозначение	Количество	Примечание
Трехканальный измеритель тока SmartTGM-ER03I	74483379.426439.001	1	соответственно заказу
Паспорт изделия	74483379.426439.001 ПС	1	
Руководство по эксплуатации	74483379.426439.001 РЭ	1	
Колодка (2 контакта)	15EDGK-3.81-02P	1	
Колодка (2 контакта)	15EDGK-5.08-02P	3	
Колодка (4 контакта)	15EDGK-5.08-04P	1	
DIN-рейка	NS35\7,5		по заказу

Инв. № подп.	Подп. и дата	Взам. Инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	74483379.426439.001 РЭ	Лист
						12

1.6. Форма заказа

Обозначение при заказе:

Трехканальный измеритель тока GOLENISHCHEV ELECTRONICS
SmartTGM-ER03I

Пояснение к обозначениям:

- 1) SmartTGM – модель измерителей-преобразователей;
- 2) E – поддержка Ethernet;
- 3) R – поддержка интерфейса RS-485;
- 4) 03 – количество каналов измерения;
- 5) I – измеряемая величина (ток).

Инв. № подп.	Подп. и дата	Взам. Инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

74483379.426439.001 РЭ

Лист
13

2. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПО НАЗНАЧЕНИЮ

2.1. Эксплуатационные ограничения

Условия применения прибора должны соответствовать условиям С3 по ГОСТ Р 52931 для изделий исполнения УХЛ 3.1 15150. Окружающая среда должна быть невзрывоопасной, не содержащей токопроводящей пыли, агрессивных газов и паров в концентрациях, разрушающих материалы прибора, нетоксичной, не радиоактивной;

Приведены основные эксплуатационные параметры (таблица 5).

Таблица 5 – Условия эксплуатации прибора

Параметр	Значение
Температура окружающего воздуха, °С	-40...+50
Относительная влажность воздуха, %	5...95
Атмосферное давление, кПа	84...106,7
По устойчивости к климатическим воздействиям при эксплуатации соответствует группе исполнения, по ГОСТ Р 52931	С3
По устойчивости к механическим воздействиям при эксплуатации соответствует группе, по ГОСТ Р 52931	L3
Степень защиты от пыли и влаги, по ГОСТ 14254	IP30

2.2. Подготовка к использованию

Изделие полностью готово к использованию по завершению монтажных и пуско-наладочных работ. Монтаж датчиков с интерфейсом «токовая петля» осуществляется согласно схеме электрических подключений (приложение А, рисунок 1). Подключение прибора к ПК/ПЛК по интерфейсу RS-485 также выполняется согласно схеме электрических подключений (приложение А, рисунок 2). Устройство начинает работу сразу при подаче напряжения питания. Время инициализации программы прибора может составить до 5 с, после чего прибор начинает проводить измерения и обрабатывать поступающие запросы. При успешной инициализации ПО светодиод «СЕТЬ» выполнит три коротких мигания, длительностью 0,5 с каждое.

Инв. № подп.	Подп. и дата	Взам. Инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

74483379.426439.001 РЭ

Лист

14

2.3. Меры безопасности

К установке, настройке и техническому обслуживанию оборудования допускаются только лица с квалификационной группой по технике безопасности не ниже третьей, прошедшие соответствующее обучение и получившие удостоверение. Установка приборов должна проводиться в помещениях, соответствующих техническим характеристикам, указанным в настоящем руководстве. Крепление корпуса прибора должно осуществляться с учетом его конструктивных особенностей на DIN-рейку. Во время установки приборы не должны подвергаться вибрациям и ударам. Необходимо обеспечить подключение источника бесперебойного питания (ИБП) шкафа к сети 220В, 50Гц для блока питания прибора. Для этого в групповом щите должен быть предусмотрен однофазный автомат третьей категории электропитания с потребляемой мощностью 0,5 кВт. Металлический корпус шкафов должен быть заземлен, а клеммы «Земля» подключены к шине заземления. Защитное заземление электрооборудования должно выполняться в соответствии с требованиями ПУЭ, СП 76.13330.2016, ГОСТ 12.1.030 и технической документацией производителя, с сопротивлением не менее 4 Ом.

2.4. Работа устройства

Для работы с прибором необходимо знать Modbus RTU ID (по умолчанию значение 1). Связь с устройством осуществляется через соответствующий интерфейс по протоколу Modbus RTU, Modbus TCP. Рассмотрим пример работы устройства с открытым программным обеспечением QModMaster для ПК [2] (рисунок 5). Использование протоколов Modbus RTU и Modbus TCP позволяет интегрировать прибор в существующие приложения и системы технологического контроля.

Инв. № подп.	Подп. и дата	Взам. Инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата
--------------	--------------	--------------	--------------	--------------

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	74483379.426439.001 РЭ	Лист
						15

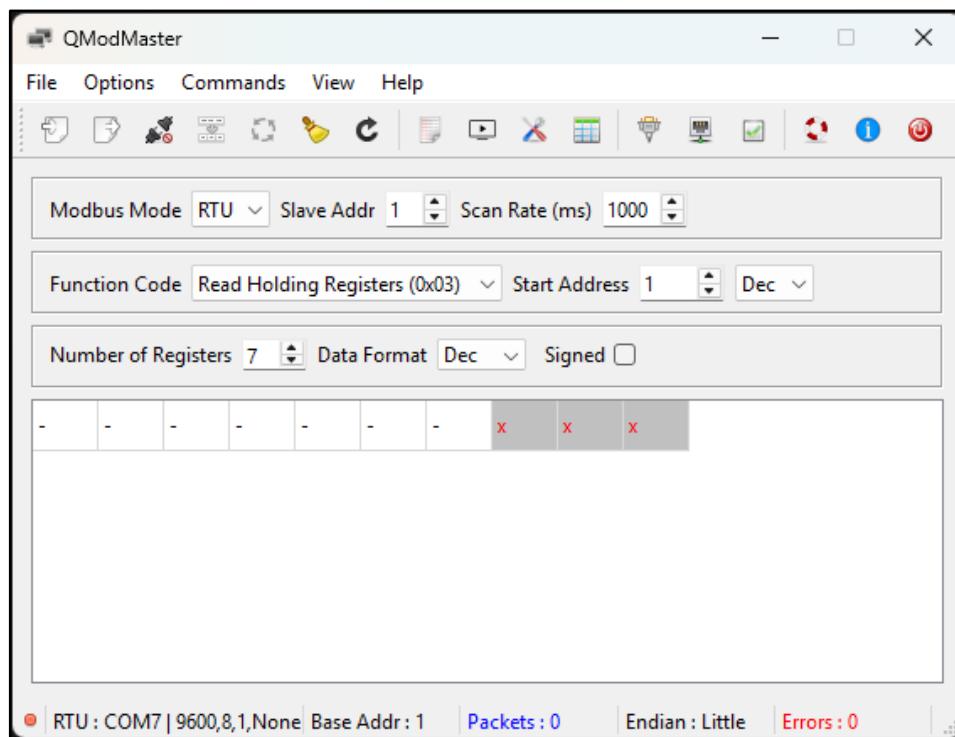


Рисунок 5 – Интерфейс программы QModMaster

При подключении к ПК через USB интерфейс в ОС Microsoft Windows необходимо найти устройство в диспетчере устройств (рисунок 6). Оно будет отображаться как последовательный COM-порт.

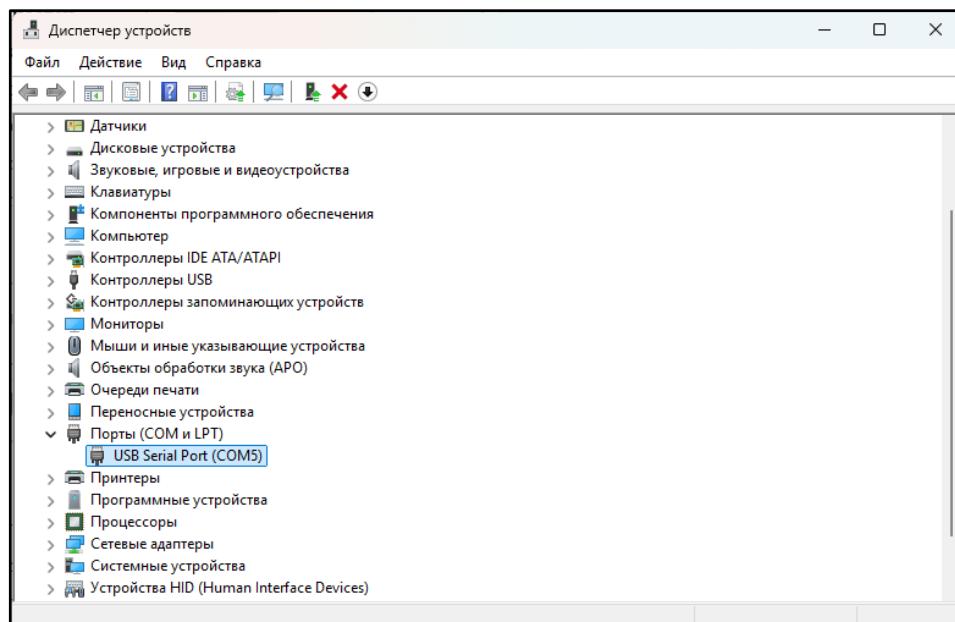


Рисунок 6 – Поиск устройства в диспетчере устройств ОС Microsoft Windows

Инв. № подп.	Подп. и дата	Взам. Инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

74483379.426439.001 РЭ

Лист

16

Зададим параметры подключения устройства (рисунок 7).

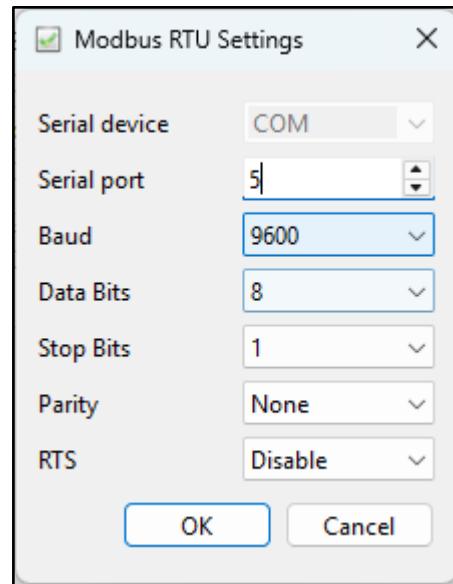


Рисунок 7 – Задание параметров подключения устройства к ПК через интерфейс USB

Подключим устройство, считаем параметры настроек (рисунок 8).

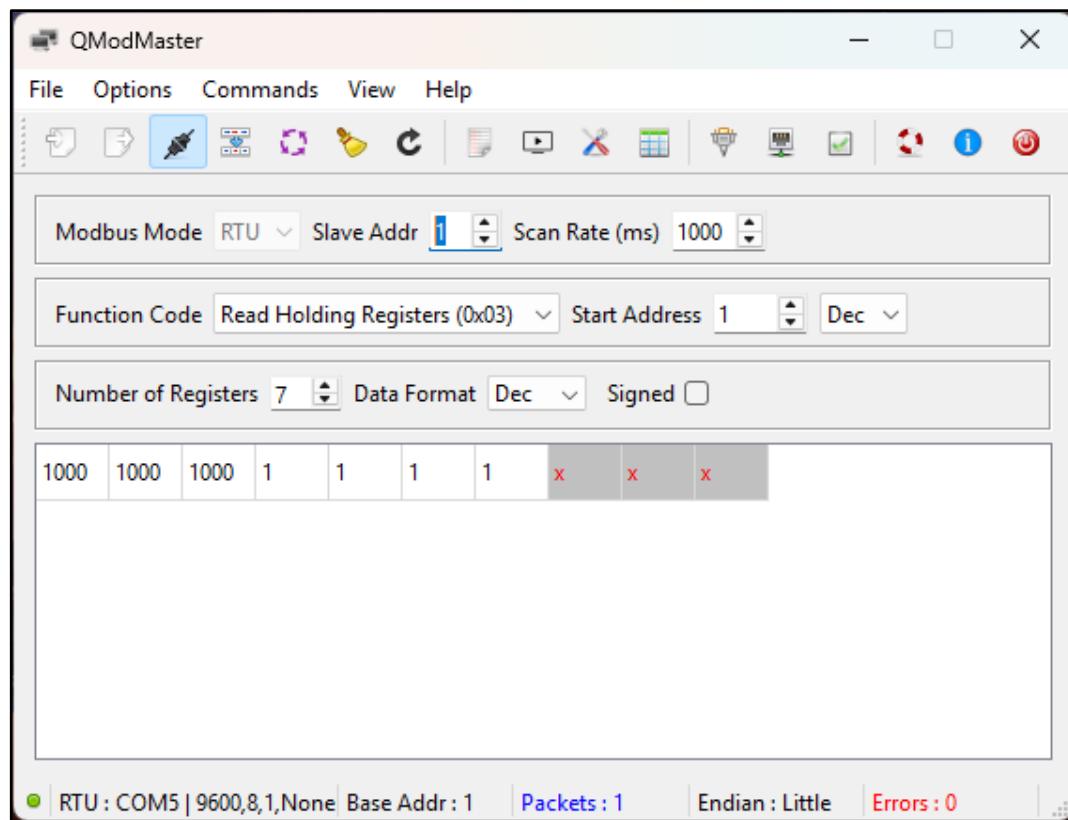


Рисунок 8 – Результат чтения Holding-регистров прибора

Инв. № подп.	Подп. и дата	Взам. Инв. №	Инв. № дубл.

Для работы по протоколу Modbus TCP устройство должно быть подключено к сети через интерфейс Ethernet/Wi-Fi [3], воспользуйтесь программой «SmartTGM-ER03I ModbusLogger». Для работы по протоколу Modbus TCP необходимо знать Modbus ID устройства, а также его IP-адрес. Узнать IP-адрес устройства можно с помощью приложения роутера, IP-сканера. Выполним настройку сетевого подключения (рисунок 9).

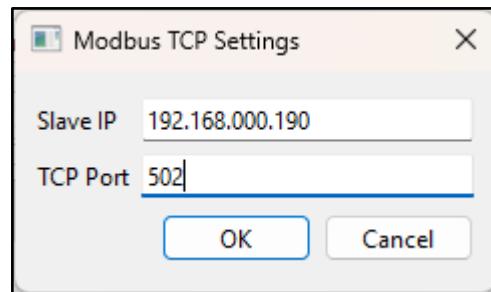


Рисунок 9 – Задание параметров подключения устройства к ПК через локальную сеть

Прочитаем измеренные значения тока (рисунок 10).

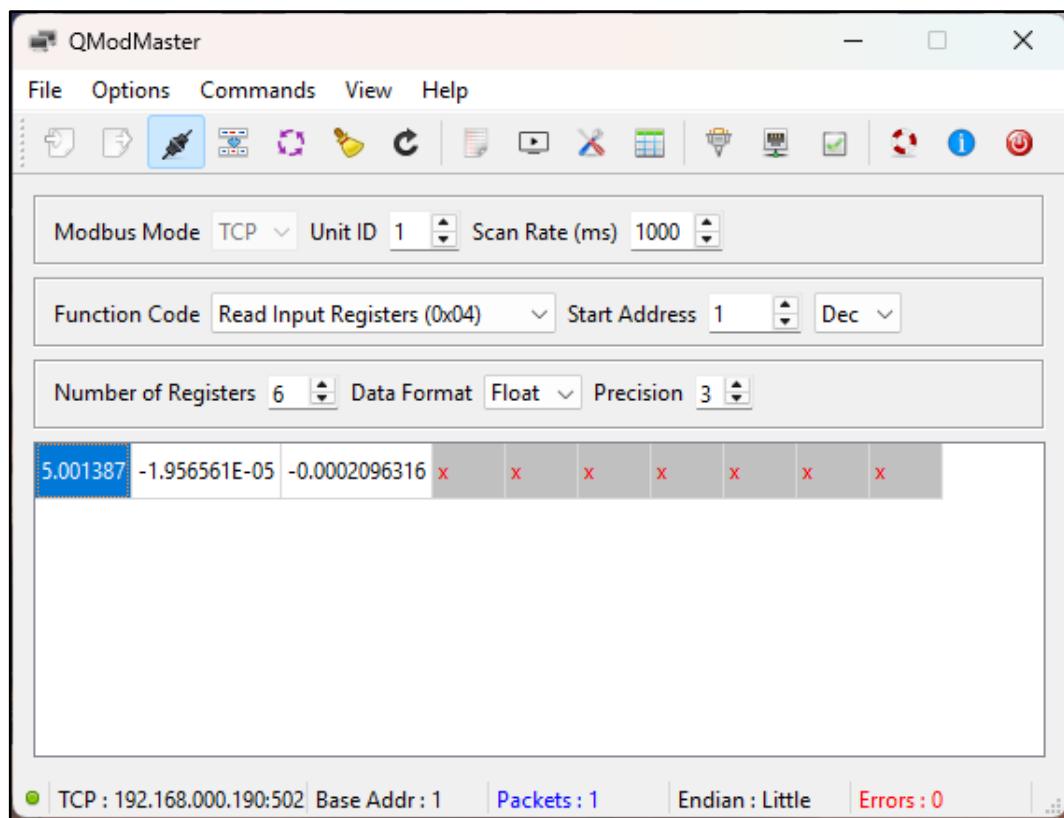


Рисунок 10 – Результат чтения Input-регистров измеренных значений тока по протоколу Modbus TCP

Инв. № подп.	Подп. и дата	Взам. Инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

74483379.426439.001 РЭ

Лист

18

Измеренное значение тока можно по следующей формуле преобразовывать в величину, измеряемую датчиком (1):

$$P = \frac{I_{\text{вх}} - I_{\min}}{I_{\max} - I_{\min}} (P_{\max} - P_{\min}) + P_{\min} \quad (1)$$

P – измеряемая датчиком величина (ед. изм.), $I_{\text{вх}}$ – измеренное значение тока на канале (mA), I_{\min} – нижняя граница диапазона выходного тока датчика (mA), I_{\max} – верхняя граница диапазона выходного тока датчика (mA), P_{\min} – нижняя граница диапазона измерений величины датчиком (ед. изм.), P_{\max} – верхняя граница диапазона измерений величины датчиком (ед. изм.).

Рассмотрим пример измерения температуры датчиком с токовым выходом 4...20 mA (для измеренного значения тока 11,9 mA), диапазон измерений которого $-30\dots+55^{\circ}\text{C}$ (2).:

$$T = \frac{11,9 \text{ mA} - 4 \text{ mA}}{20 \text{ mA} - 4 \text{ mA}} (55^{\circ}\text{C} - (-30^{\circ}\text{C})) + (-30^{\circ}\text{C}) = 12,0^{\circ}\text{C} \quad (2)$$

Таким образом, можно выполнить конвертирование измеренного значения тока датчика в измеряемую им величину.

Для работы с устройством приведены основные адреса регистров и настраиваемые параметры (приложение Б, таблицы 1–3).

Схема индикации представляет собой два светодиода: «ПИТАНИЕ» красного цвета и «СЕТЬ» (беспроводное подключение) синего цвета. Режимы индикации приведены ниже (таблица 6). В версии микропрограммы «1.0» светодиод «СЕТЬ» не используется.

Таблица 6 – Режимы индикации прибора

Состояние модуля		Светодиод «ПИТАНИЕ»	Светодиод «СЕТЬ»
SmartTGM-ER03I выключен		выключен	выключен
SmartTGM-ER03I включен, беспроводная сеть выключена		красный	выключен
SmartTGM-ER03I включен, беспроводная сеть включена и идет поиск беспроводной сети		красный	мигающий синий
SmartTGM-ER03I включен, беспроводная сеть включена и подключена к точке доступа		красный	синий

Инв. № подп.	Подп. и дата	Взам. Инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

2.5. Обновление микропрограммы прибора

Перевод прибора в режим загрузки: при включенном приборе зажимаем кнопку «ЗАГРУЗКА», не отпуская ее делаем короткое нажатие кнопки «СБРОС», после чего отпускаем кнопку «ЗАГРУЗКА» [4]. Прибор переведен в режим работы ПО.

Обновление микропрограммы прибора осуществляется с помощью программного обеспечения для микроконтроллеров ESP32 Espressif Systems Flash Download Tool, для работы которой требуется ПК с установленной операционной системой Microsoft Windows [5]. Программа является портативной (установка не требуется), скачиваем ее с официального сайта и распаковываем архив (рисунок 11).

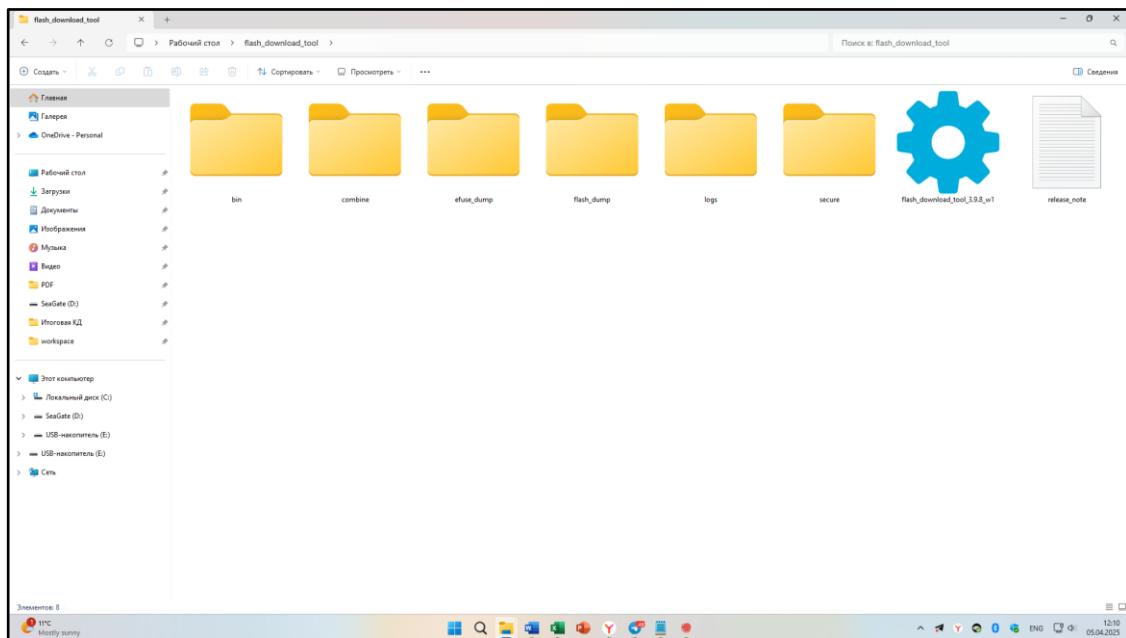


Рисунок 11 – Распакованный архив с утилитой для загрузки микропрограммы в ESP32

Запустим исполняемый файл программы. Программа открывается в двух окнах: графический интерфейс для указания настроек загрузки, а также консоль для отображения ошибок и состояния загрузки. Укажем параметры загрузки микропрограммы прибора (рисунок 12). Жмем ОК.

Инв. № подп.	Подп. и дата	Взам. Инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	74483379.426439.001 РЭ	Лист
						20

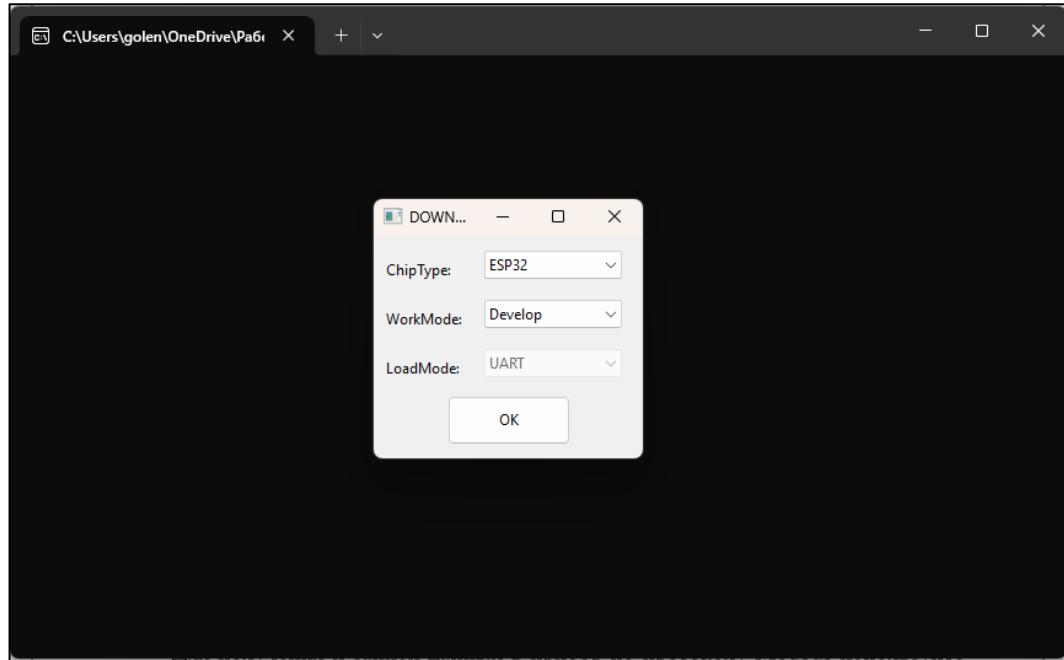


Рисунок 12 – Открытое окно программы

Скачиваем с официального репозитория актуальную версию микропрограммы прибора. Выберем в программе файл с расширением *.bin микропрограммы, настроим параметры загрузки, выберем COM-порт (посмотреть можно в диспетчере задач прибор), жмем старт. Для файла программы адрес 0x10000 (рисунок 13).

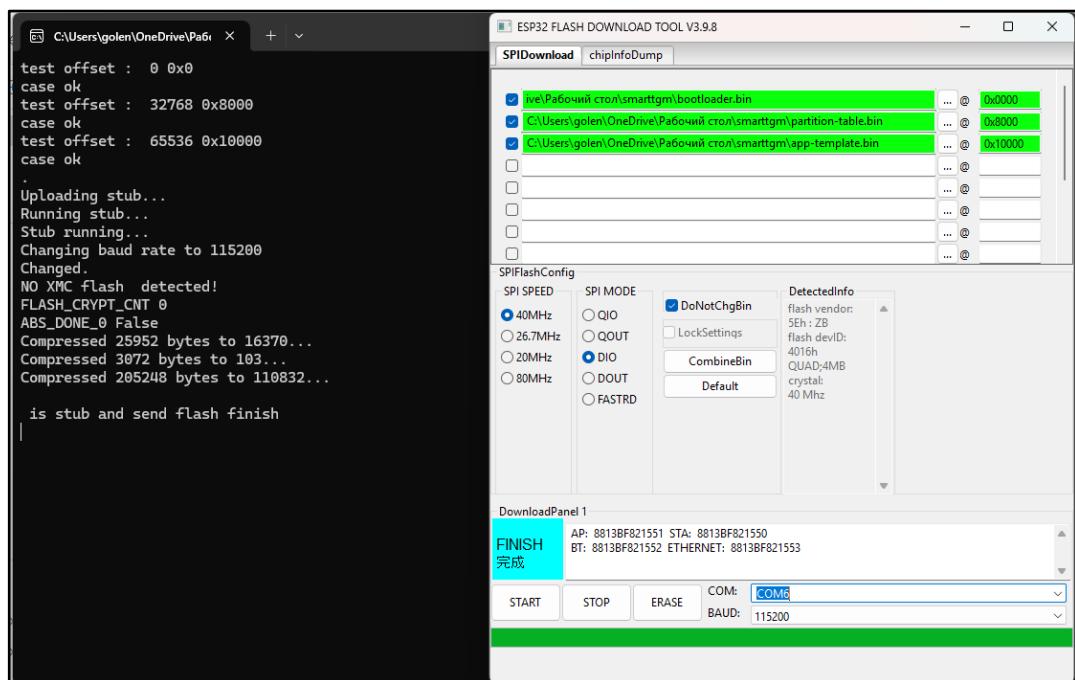


Рисунок 13 – Настройки загрузки и успешное обновление микропрограммы прибора

Инв. № подп.	Подп. и дата	Взам. Инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

После завершения загрузки необходимо нажать кнопку «СБРОС», прибор готов к работе.

Примечание: при обновлении приложения без нажатия кнопки «ERASE» в Espressif Systems Flash Download Tool текущие параметры в регистрах Holding сохраняются. При полном стирании FLASH-памяти устройства после обновления ПО устанавливаются в регистры Holding значения по умолчанию.

Инв. № подп.	Подп. и дата	Взам. Инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

74483379.426439.001 РЭ

3. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ

3.1. Общие указания

Рекомендуется периодическое дистанционное наблюдение за работоспособностью изделия посредством совместимого ПО.

Рекомендуется периодически проводить внешний осмотр изделия и проверку состояния соединительных кабелей и контактов. Не допускается окисления металлических деталей изделия.

При внешнем осмотре рекомендуется проверить отсутствие механических повреждений корпуса и разъемов, отсутствие прорывов и порезов на соединительных кабелях, надежность крепления изделия. При необходимости затянуть винтовые соединения, устранить повреждения кабелей.

3.2. Проверка работоспособности изделия

При проверке работоспособности изделия проверяется качество связи с устройствами контроля и правильность управления подключенными устройствами. Критерием качества связи является отсутствие потерь при передаче данных. Если результаты проверки неудовлетворительны, необходимо определить причину неисправности (поврежденные кабеля или контакты, отказ изделия и пр.) и принять меры по устранению неисправности.

3.3. Текущий ремонт

Ремонт изделия производится на предприятии-изготовителе в период гарантийного срока эксплуатации.

Инв. № подп.	Подп. и дата	Взам. Инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	74483379.426439.001 РЭ	Лист
						23

4. ХРАНЕНИЕ И ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ

Условия хранения должны соответствовать условиям 3 (С) по ГОСТ 15150-69 для изделий исполнения группы УХЛ 3.1.

Хранение изделия необходимо осуществлять в закрытых складских помещениях в упаковке предприятия-изготовителя при температуре от минус 30 °С до плюс 60 °С и относительной влажности воздуха от 5 до 95 % (без конденсации влаги).

В помещении не должно быть токопроводящей пыли, кислот, щелочей и других агрессивных веществ.

Изделие может транспортироваться всеми видами крытых транспортных средств в соответствии с правилами, действующими на данном виде транспорта.

Транспортировка проводится в упаковке предприятия – изготовителя или таре, исключающей механические повреждения составных частей изделия.

Во время транспортировки тара изделия должна быть защищена от воздействия атмосферных осадков, ударов и толчков.

Инв. № подп.	Подп. и дата	Взам. Инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	74483379.426439.001 РЭ	Лист
						24

5. УТИЛИЗАЦИЯ

Утилизация (переплавка, захоронение, перепродажа) производится в порядке, установленном Законами РФ от 22 августа 2004 г. № 122-ФЗ «Об охране атмосферного воздуха», от 10 января 2003 г. № 15-ФЗ «Об отходах производства и потребления», а также другими российскими и региональными нормами, актами, правилами, распоряжениями и пр., принятymi во исполнение указанных законов.

Инв. № подп.	Подп. и дата	Взам. Инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	74483379.426439.001 РЭ	Лист
						25

ЛИТЕРАТУРА

1. GOLENISHCHEV ELECTRONICS – Главная страница. [Электронный ресурс]. ООО «Интеллектуальная Автоматика», 2025. URL: <https://golenishchev-electronics.ru/> (дата обращения 30.11.2025 г.).
2. QModMaster Main - Modbus TCP, RTU Master Software. [Электронный ресурс]. Slashdot Media, 2025. URL: <https://sourceforge.net/p/qmodmaster/code/ci/default/tree/> (дата обращения 30.06.2025 г.).
3. Подключение к беспроводной сети Wi-Fi устройств на базе микроконтроллеров ESP32. [Электронный ресурс]. ООО «Интеллектуальная Автоматика», 2025. URL: <https://wiki.golenishchev-electronics.ru/smarttgm/wifi-provisioning-connection-esp32> (дата обращения 30.11.2025 г.).
4. Обновление микропрограммы приборов на базе микроконтроллеров ESP32. [Электронный ресурс]. ООО «Интеллектуальная Автоматика», 2025. URL: <https://wiki.golenishchev-electronics.ru/smarttgm/update-ci-software> (дата обращения 30.11.2025 г.).
5. Flash Download Tool User Guide – ESP32. [Электронный ресурс]. Espressif Systems, 2025. URL: https://docs.espressif.com/projects/esp-test-tools/en/latest/esp32/production_stage/tools/flash_download_tool.html (дата обращения 30.06.2025 г.).

Инв. № подп.	Подп. и дата	Взам. Инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	74483379.426439.001 РЭ	Лист
						26

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение А. Схемы электрических подключений

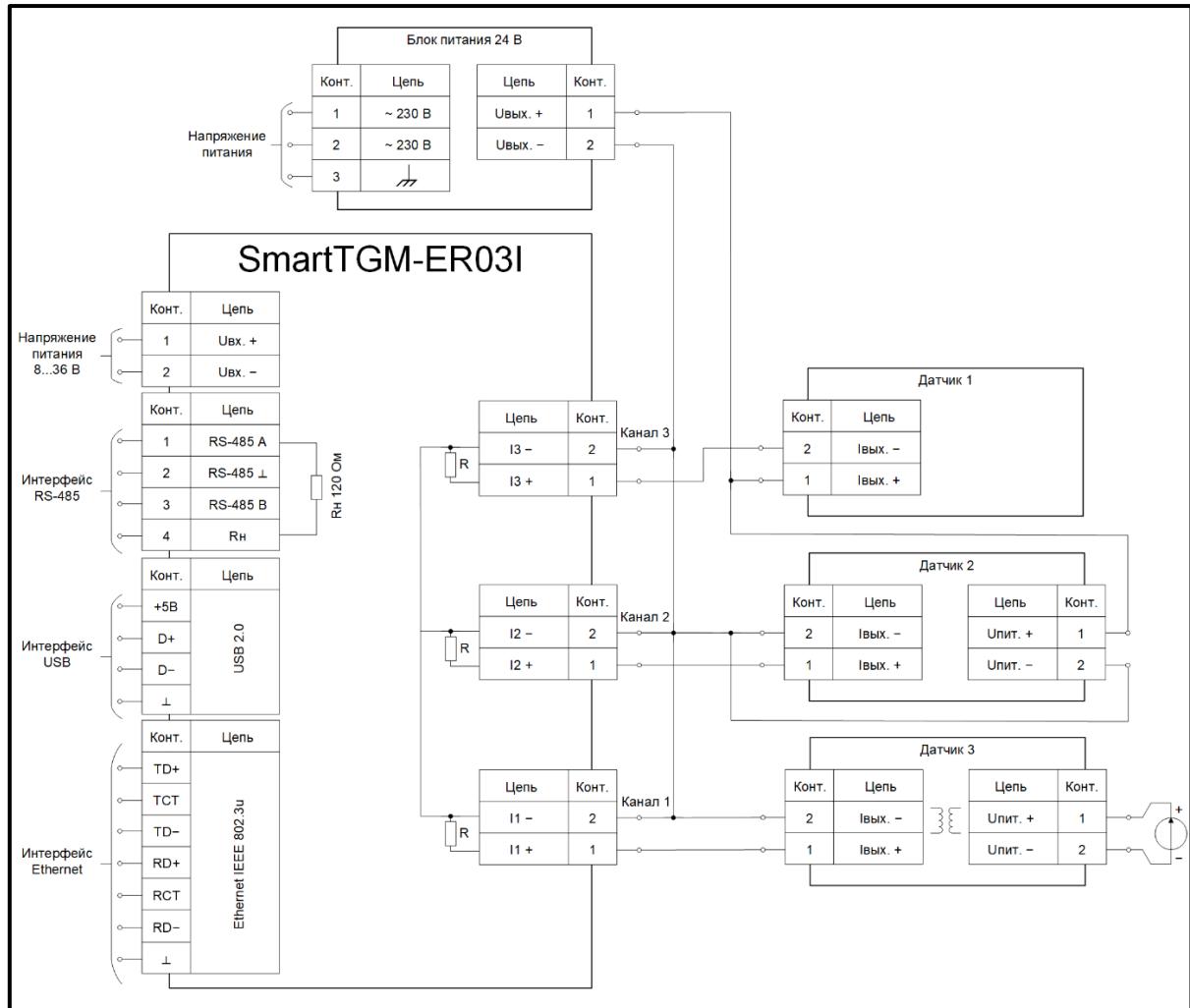


Рисунок 1 – Схема подключения каналов измерения прибора к датчикам

Примечание: датчик 1 имеет пассивный токовый выход, датчик 2 имеет активный токовый выход (общая земля питания и выходного сигнала), датчик 3 имеет активный токовый выход и гальваническую развязку (питается от отдельного источника питания).

Инв. № подп.	Подп. и дата	Взам. Инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Окончание приложения А

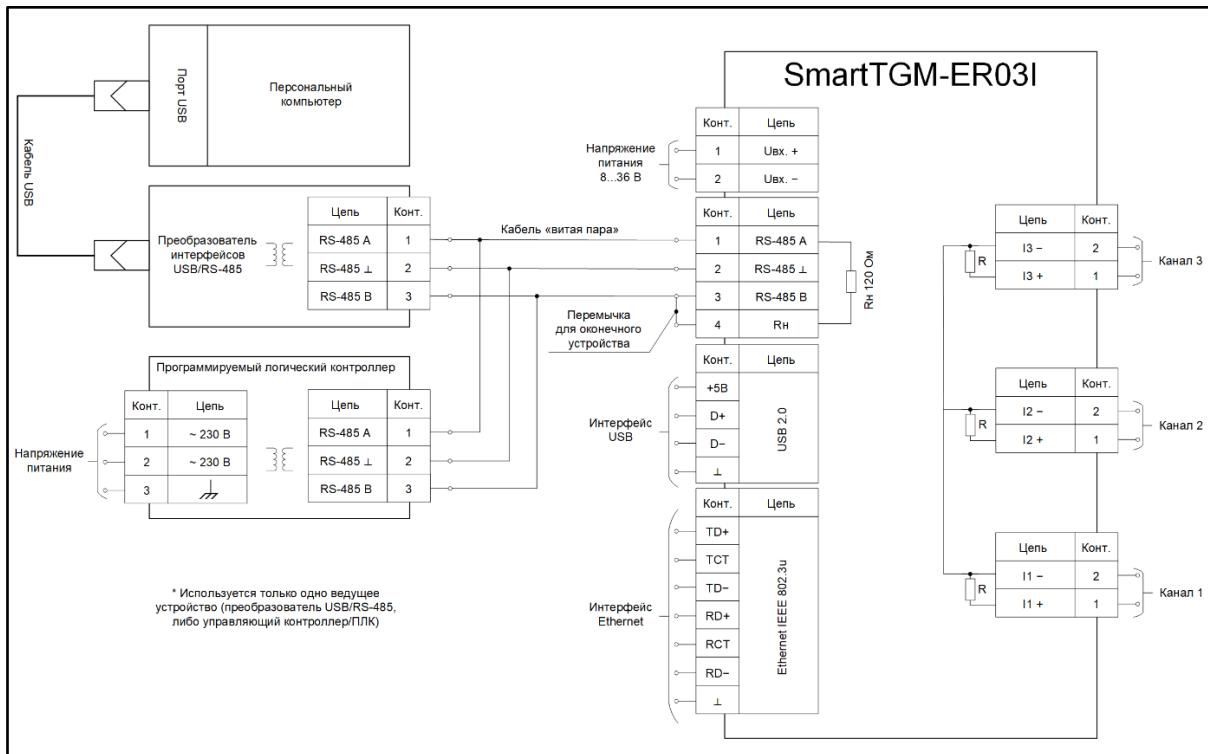


Рисунок 2 – Схема подключения прибора по интерфейсу RS-485
к ведущему устройству

Примечание: для подключения к ведущему ПК рекомендуется использование преобразователя интерфейсов USB/RS-485 с гальванической развязкой, при подключении прибора как ведомого устройства требуется замкнуть перемычку контактов 3 и 4 разъема интерфейса RS-485 для использования встроенного терминирующего резистора. Ведущее устройство на шине может быть только одно.

Инв. № подп.	Подп. и дата	Взам. Инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Приложение Б. Регистры Modbus прибора

Результаты измерений тока хранятся в оперативной памяти устройства (таблица 1). При нормальной работе устройство выдает текущие показания измеренного тока каждого канала, в случае выхода из строя измерительной части в регистрах каждого канала устанавливается значение –22 мА.

Таблица 1 – Карта регистров Input прибора в режиме Modbus slave

Адрес	Количество регистров	Регистр	Тип данных	Описание
0x00	2	Значение измеренного тока канала 1	fp32	Значение измеренного тока (мА). Порядок little-endian.
0x02	2	Значение измеренного тока канала 2	fp32	Значение измеренного тока (мА). Порядок little-endian.
0x04	2	Значение измеренного тока канала 3	fp32	Значение измеренного тока (мА). Порядок little-endian.

Основные настраиваемые параметры хранятся в энергонезависимой памяти (таблицы 2, 3). При передаче новых параметров обновленные значения сразу записываются в энергонезависимую память. После обновления Modbus ID необходимо выполнить переподключение прибора к ведущему устройству.

Таблица 2 – Карта регистров Holding прибора в режиме Modbus slave

Адрес	Количество регистров	Регистр	Тип данных	Описание
0x00	1	Период обновления показаний канала 1 в регистрах	uint16_t	Период обновления измеренного значения тока (мс), диапазон значений: 100-10000. По умолчанию 1000.
0x01	1	Период обновления показаний канала 2 в регистрах	uint16_t	Период обновления измеренного значения тока (мс), диапазон значений: 100-10000. По умолчанию 1000.
0x02	1	Период обновления показаний канала 3 в регистрах	uint16_t	Период обновления измеренного значения тока (мс), диапазон значений: 100-10000. По умолчанию 1000.

Инв. № подп.	Подп. и дата	Взам. Инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Окончание приложения Б

Таблица 3 – Карта регистров Holding прибора в режиме Modbus slave
(продолжение)

Адрес	Количе-ство реги-стров	Регистр	Тип данных	Описание
0x03	1	Параметр усреднения показаний канала 1	uint16_t	Размер выборки показаний АЦП, диапазон значений: 1-32. По умолчанию 1.
0x04	1	Параметр усреднения показаний канала 2	uint16_t	Размер выборки показаний АЦП, диапазон значений: 1-32. По умолчанию 1.
0x05	1	Параметр усреднения показаний канала 3	uint16_t	Размер выборки показаний АЦП, диапазон значений: 1-32. По умолчанию 1.
0x06	1	Modbus ID прибора	uint16_t	Modbus ID устройства. По умолчанию 1, диапазон значений: 1-127. По умолчанию 1.

Инв. № подп.	Подп. и дата	Взам. Инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	74483379.426439.001 РЭ	Лист
						30

Лист регистрации изменений