«Утверждаю»
Генеральный директор
ООО «НТП«Горизонт»

Б.Б.Кузьменко

«25» мая 2018г.

Многоканальный тензометрический измерительный усилитель TSG-S01
8, 16, 32 канала
в защитном укрытии TSG-Shelter

Руководство по эксплуатации

МПГТ411618.022 РЭ

Москва 2018

Настоящее руководство по эксплуатации (далее по тексту - Руководство) содержит технические характеристики, описание устройства и принципа действия, а также сведения, необходимые для правильной эксплуатации многоканального тензометрического измерительного усилителя (далее «Тензостанции») **TSG-S01** в защитном кожухе.

Настоящее руководство является обязательным к применению. Перед началом эксплуатации многоканального тензометрического измерительного усилителя следует внимательно изучить настоящее руководство.

Настоящее руководство по эксплуатации является частью сопроводительной документации поставки. Допускается поставка тензометрического измерительного усилителя, укомплектованным одним руководством по эксплуатации.

1. Описание и принцип действия

1.1. **Назначение и область применения**

Тензостанции TSG-S01 предназначены для измерения электрических сигналов от датчиков различных физических величин, преобразования сигналов в цифровую форму и передачи измерительных данных по цифровым интерфейсам в компьютерные системы и имеет следующие возможности:

- измерение напряжений и деформаций в элементах строительных конструкций и деталях машин и механизмов с помощью тензометрических измерительных преобразователей (тензорезисторов), включенных по мостовой, полумостовой и четвертьмостовой схемам измерений;
- измерение температуры с помощью термопар, термопреобразователей;

Основными областями применения TSG-S01 является:

- построение систем мониторинга строительных конструкций;
- проведение исследований и испытаний узлов строительных конструкций и элементов механизмов.

1.2. **Информация для заказа**

Тензостанция TSG-S01 выпускается в 6 модификациях:

Таблица 1

Условное обозначение при заказе	Модельный ряд. Описание изделия	Количество измерительных каналов
TSG-S0-8	Измерительная тензометрическая станция цифровая. Выход RS-485. 8 измерительных каналов	8
TSG-S01-16	Измерительная тензометрическая станция цифровая. Выход RS-485. 16 измерительных каналов	16
TSG-S01-32	Измерительная тензометрическая станция цифровая. Выход RS-485. 32 измерительных канала	32
TSG-S01-8B	Измерительная тензометрическая станция цифровая. Выход RS-485. 8 измерительных каналов. Поддержка Bluetooth	8
TSG-S01-16B	Измерительная тензометрическая станция цифровая. Выход RS-485. 16 измерительных каналов. Поддержка Bluetooth	16
TSG-S01-32B	Измерительная тензометрическая станция цифровая. Выход RS-485. 32 измерительных канала. Поддержка Bluetooth	32

Изготовитель:
Общество с ограниченной ответственностью «Научно-техническое производственное предприятие «Горизонт» (ООО «НТП «Горизонт»),
129926 , Москва, 3-я Мытищинская, д.16 стр.14
Тел/факс +7(495)909-1284
E-mail: info@ntpgorizont.ru, сайт www.ntpgorizont.ru

1.3. **Метрологические и технические характеристики**

Таблица 2

1	Количество коммутируемых дифференциальных измерительных каналов	8/16/32
2	Количество коммутируемых каналов питания мостов	8/16/32
3	Схемы включения тензорезисторов:	мост, полумост, четвертьмост
4	Сопротивление тензорезисторов, включенных по схемам мост и полумост, Ом	50÷1000
5	Сопротивление тензорезисторов, включенных по схеме четвертьмос*, Ом	50, 100, 200, 400 120, 350, 700, 1000
6	Напряжение питания тензорезисторов, В	2÷3
7	Диапазон измерения, мкВ/В	±10000
8	Диапазон измерения (справочный) в единицах относительной деформации по схеме четвертьмост при чувствительности тензорезистора k=2, мкм/м	±20000
9	Основная относительная погрешность измерения***, мкВ/В	$\pm\left(2{,}5+0{,}0005\cdot\frac{\Delta V}{V}\right)$
10	Время измерения для каждого подключенного канала, мс, при схеме включения*: мост полумост четвертьмост	 120 240 480
11	Максимальная длина кабеля для подключения тензорезисторов, м	100
12	Тип кабеля для подключения тензорезисторов	FTP, кат. 5е, медь
13	Тип разъема для подключения тензорезисторов	клемма
14	Тип выходных интерфейсов	RS-485, Bluetooth**, USB
15	Диапазон рабочих температур, ^{0}C	+5 ÷ +40
	- при использовании защитной оболочки TSG-S-Shelter, ^{0}C	-40÷ +40
16	Питание	+4,8÷ +6.2 В, 0,3 А (разъем Mini-USB)
17	Габаритные размеры, мм	220x175x60
	- при использовании защитной оболочки TSG-S-Shelter, мм	300x200x180
18	Масса, кг	0,4
	- при использовании защитной оболочки TSG-S-Shelter,кг	1,6

Примечания:
* Конфигурируется при заказе.
** Для модификаций TSG-S01-XXB
***При длине кабеля до 10 м и использовании схем подключения тензорезисторов с термокомпенсацией и компенсацией сопротивления кабеля. $\frac{\Delta V}{V}$ – измеряемое отношение разности напряжения на плечах моста ΔV к напряжению питания моста V .

1.4. **Состав изделия и комплект поставки**

Комплект поставки измерителя приведен в таб.3

Таблица 3

П.п.	Наименование	Количество, шт.
1	Тензометрический измерительный усилитель	1
2	Защитная оболочка TSG-S-Shelter	1
3	Диск с программным обеспечением	1
4	Паспорт	1
5	Руководство по эксплуатации	1

1.5. **Устройство и принцип работы**

1.5.1 Принцип действия тензостанции TSG-S01 основан на измерении напряжения на плечах разбалансированного резисторного моста по отношению к напряжению питания моста. С помощью внутренней коммутации резисторный мост может быть образован из четырех внешних резисторов (подключение по схеме мост), двух внешних и двух внутренних резисторов (подключение по схеме полумост) или одного внешнего и трех внутренних резисторов (подключение по схеме четвертьмост).

1.5.2 Напряжение на плечах моста измеряется с помощью прецизионного 24-разрядного АЦП со встроенным драйвером и усилителем с программируемым усилением. Питание моста обеспечивается с помощью стабилизатора напряжения постоянного тока. При этом питающее напряжение моста в зависимости от схемы включения и сопротивления внешних резисторов находится в пределах от 2,0 до 3,0 В. Опорное напряжение АЦП всегда обеспечивается равным питающему напряжению, по отношению к которому производятся измерения. Коммутация входов АЦП, входов опорного напряжения АЦП, выхода стабилизатора и внутренних резисторов на разъемы станции осуществляется с помощью управляемых аналоговых ключей. Управление АЦП и ключами осуществляется с помощью 32-разрядного микроконтроллера, который принимает команды и передает результаты измерения терминалу (компьютеру).

1.5.3 Программа микроконтроллера обеспечивает реализацию следующих возможностей:

- коммутацию дифференциальных входов АЦП (измерительных и/или опорных) на внешние разъемы;
- коммутацию напряжения питания моста на внешние разъемы;
- коммутацию внутренних резисторов для подключения различных схем измерения;
- установку коэффициента усиления и частоты дискретизации АЦП;
- внутреннюю самокалибровку коэффициента усиления и смещения АЦП;
- внутреннюю самокалибровку смещения встроенного полумоста;
- измерение температуры и напряжения питания АЦП;
- переход станции в режим низкого энергопотребления с выходом из этого режима по нажатию кнопки.

1.5.4 Внешний вид электронного тензостанции в защитном кожухе представлен на рис.1.

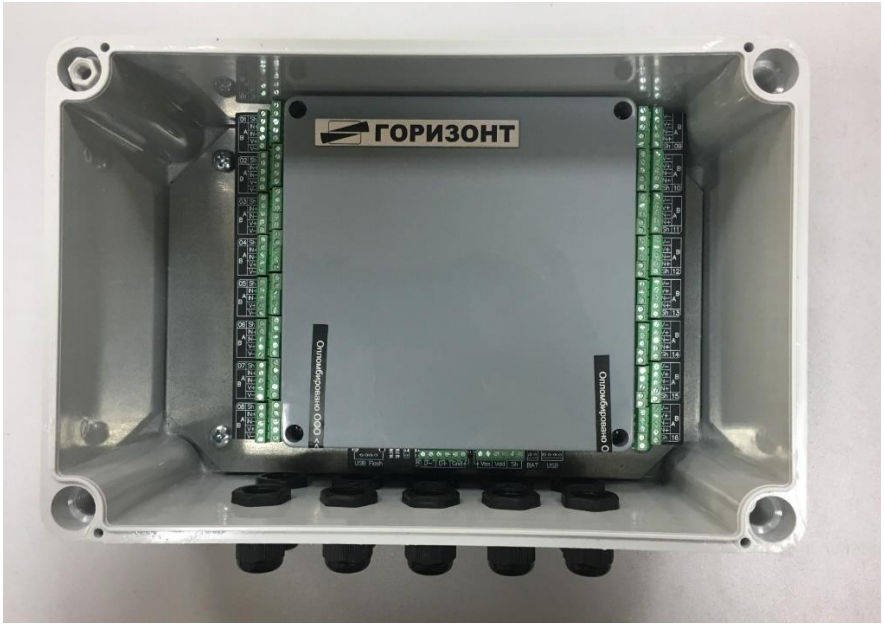


Рисунок 1 - Внешний вид тензостанции TSG-S01-32 в защитной TSG-S-Shelter

1.5.5 Ввод кабелей в защитное укрытие осуществляется через гермовводы. Тип гермовводов зависит от диаметра кабеля и определяется при заказе.

1.5.6 На рис.2 представлен общий вид тензостанции с обозначением клемм подключения.

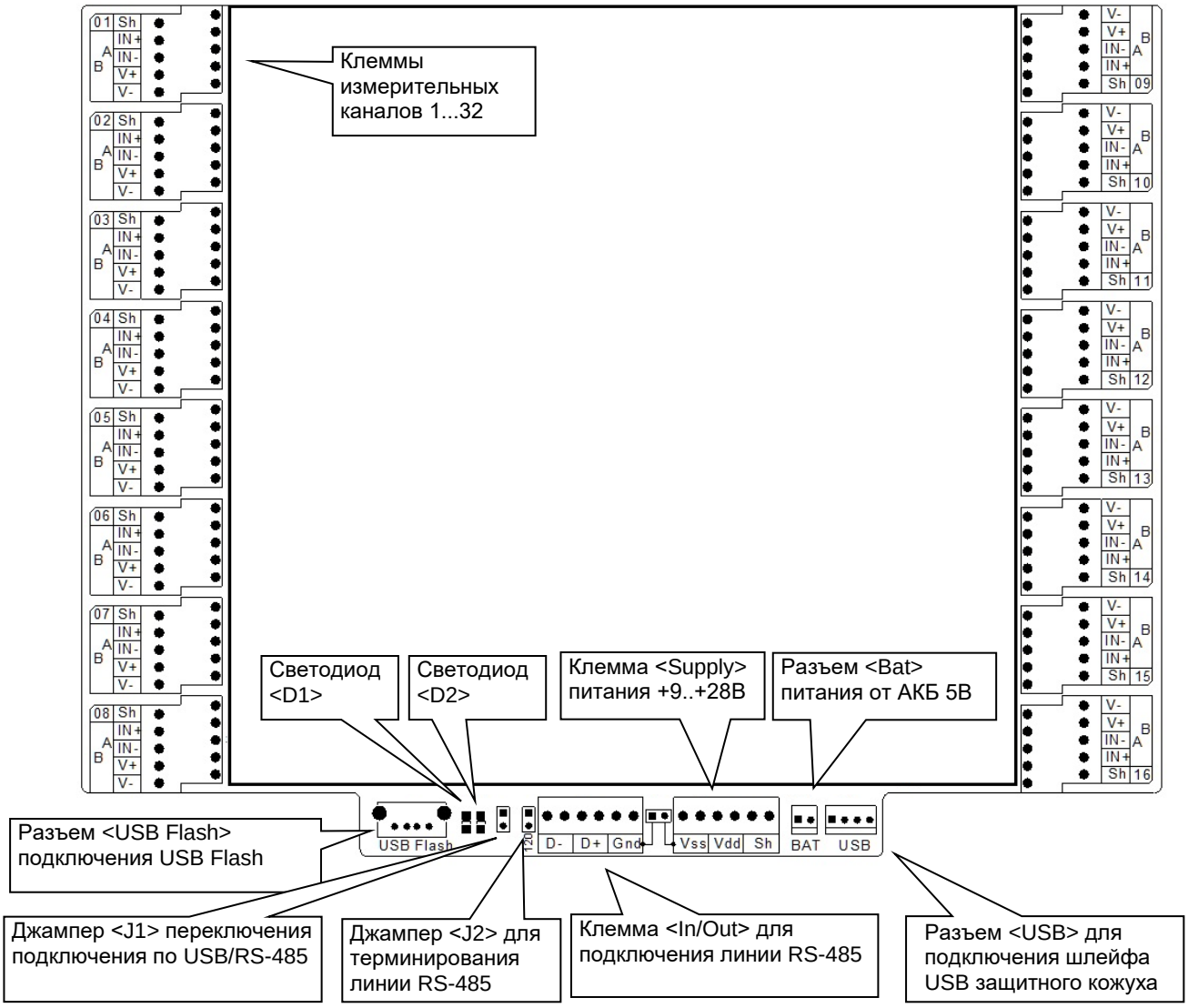


Рисунок 2 - Общий вид тензостанции

1.5.7 На боковых панелях электронного блока расположены 16 двухрядных клемм для подключения тензорезисторов, пронумерованные цифрами от 1 до 16. На каждой клемме коммутируется 2 измерительных канала.

1.5.8 На нижней панели расположены :

- разъем <USB Flash>, предназначен для подключения внешнего USB Flash накопителя;
- светодиод <D1>, <D2>;
- джампер-соединитель <J1> предназначен для переключения способа подключения по USB или RS-485;
- джампер-соединитель <J2> предназначен для терминирования линии RS-485;
- клемма <In/Out> линии RS-485;
- клемма <Supply> питания от источника питания +9..+24В;
- Разъем <Bat> для подключения АКБ 5В;
- Разъем <USB> для подключения шлейфа miniUSB для вывода на внешнюю панель защитного укрытия.

1. Подключение кабелей тензостанции

2.1 Питание тензостанции

2.1.1 Питание тензостанции может осуществляться напряжением 5В через USB и АКБ. Для этого достаточно подключить тензостаницию с помощью USB с помощью разъема <USB> к ПК или к АКБ 5В с помощью разъема <Bat>. При подаче питания загорается светодиод <D1>.

2.1.2 Тензостанция может быть запитана питанием +9..+28В через клемму <Supply>. Назначение контактов клеммы <Supply> представлено в таб. 3

Таблица 3

№ контакта (слева направо)	Обозначение	Назначение клеммы
1	Vss	Питание +9…+24В
2	Vss	Питание +9…+24В
3	Vdd	Питание, 0
4	Vdd	Питание, 0
5	Shd	Экран кабеля

2.1.3 Клеммы продублированы для организации питания по нескольким жилам с целью увеличения эффективного сечения кабеля при подключения питания с помощью тонких жил кабеля FTP при больших длинах линии.

2.1.4 Тензостанция может быть запитана питанием +5В через разъем <Bat>. Назначение контактов клеммы <Supply> представлено в таб. 4

Таблица 4

№ контакта (слева направо)	Назначение клеммы
1	Питание +5В
2	Питание 0

2.2 Подключение тензостанции по линии RS-485

2.2.1 Подключение линии RS-485 осуществляется по двухпроводной схеме с помощью клеммы <In/Out>. Назначение контактов представлено в таб. 5

Таблица 5

№ контакта (слева направо)	Обозначение	Назначение клеммы
1	D-	Инверсный вход/выход RS-485. Rx/Tx-
2	D-	Инверсный вход/выход RS-485. Rx/Tx-
3	D+	Неинверсный вход/выход RS-485. Rx/Tx+
4	D+	Неинверсный вход/выход RS-485. Rx/Tx+
5	Gnd	Экран кабеля

2.2.2 Клеммы продублированы для организации последовательного соединения по линии RS-485 нескольких тензостанций. Допускается подключение до 10 тензоментрических станций на одну измерительную линию.

2.2.3 Для терминирования линии на конце на последней тензостанции нужно установить джампер <J2>.

2.3 Подключение датчиков к измерительным каналам

2.3.1 Схемы подключения внешних тензорезисторов (тензодатчиков), которые поддерживает TSG-S01 приведены в таб. 6.

Таблица 6

Обозначение Схемы	Тип моста	Тип линии	Количество подключаемых тензорезисторов (для модификации с 32 каналами)	Примечание
1.4	Четвертьмост	4-х проводная	1x32	Термокомпенсация. Компенсация сопротивления кабеля, разъема и ключей. Необходимо подключение не менее одного термокомпенсирующего тензорезистора к любому из разъемов.
2.4	Полумост	4-х проводная	2x32	Термокомпенсация. Частичная компенсация сопротивления кабеля, разъема и ключей.

2.5	Полумост	5-и проводная	2x16	Термокомпенсация. Компенсация сопротивления кабеля, разъема и ключей.
4.4	Мост	4-х проводная	4x32	Термокомпенсация. Частичная компенсация сопротивления кабеля, разъема и ключей.
4.6	Мост	6-и проводная	4x16	Термокомпенсация. Компенсация сопротивления кабеля, разъема и ключей.

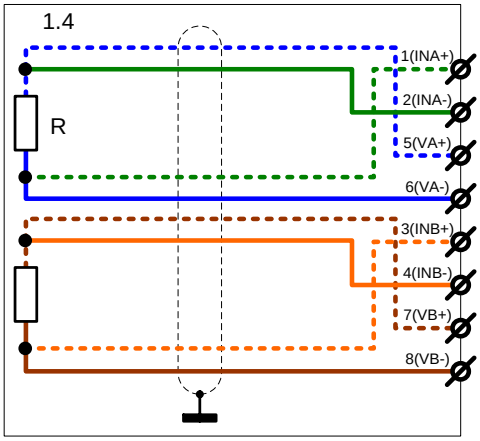
ВНИМАНИЕ: Рекомендуется использовать схемы включения 1.4, 2.5 и 4.6, которые обеспечивают наибольшую точность измерения

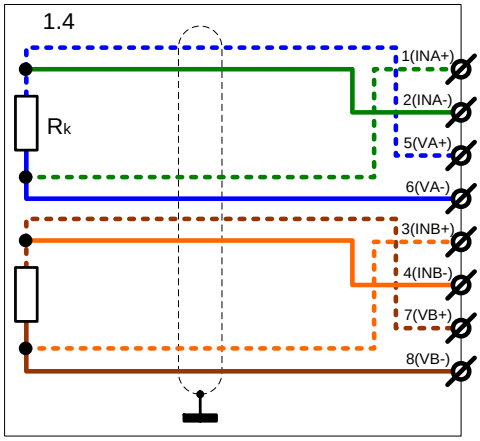
2.3.2 Тензорезисторы, и другие датчики с выходом по напряжению подключаются к тензостанции с помощью кабеля FTP категории 5е (рекомендуется использовать одножильный кабель). В случае использования многожильного кабеля рекомендуется использовать кабельные наконечники.
2.3.3 Подключение жил кабеля осуществляется с помощью клеем, расположенных на боковых панелях тензостанции. На другой конец кабеля распаиваются тензорезисторы. На каждый кабель могут быть распаяны две 4-х проводные схемы или одна 5-и/6-и проводная.
2.3.4 Схема монтажа кабеля приведена в таб. 5.

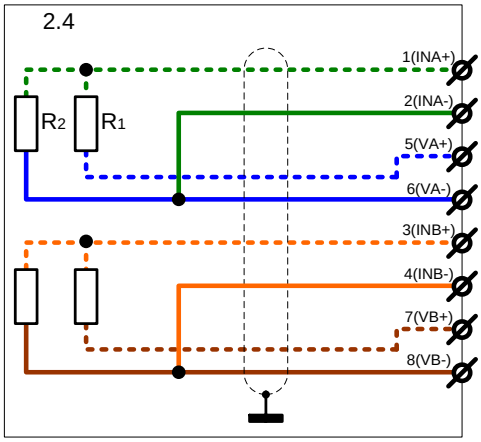
Таблица 5

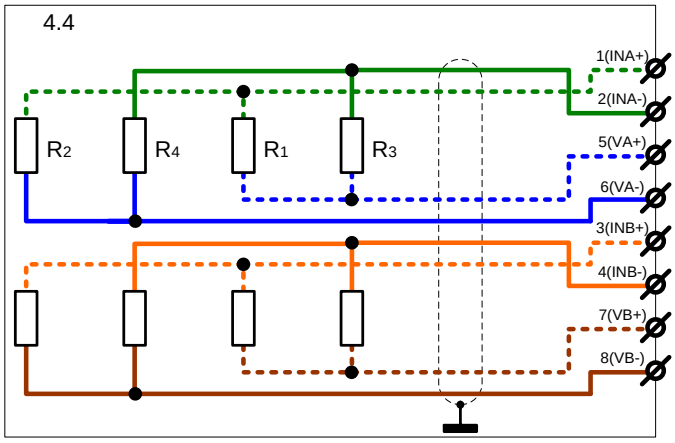
№ контакта	Обозначение	Цвет провода
1	IN(A)+	Зелено-белый
2	IN(A)-	Зеленый
3	IN(B)+	Оранжево-белый
4	IN(B)-	Оранжевый
5	V(A)+	Сине-белый
6	V(A)-	Синий
7	V(B)+	Коричнево-белый
8	V(B)-	Коричневый

2.3.5 Схемы распайки внешних тензорезисторов представлены на рис. 3. Схемы обозначены в соответствии с таб. 4.









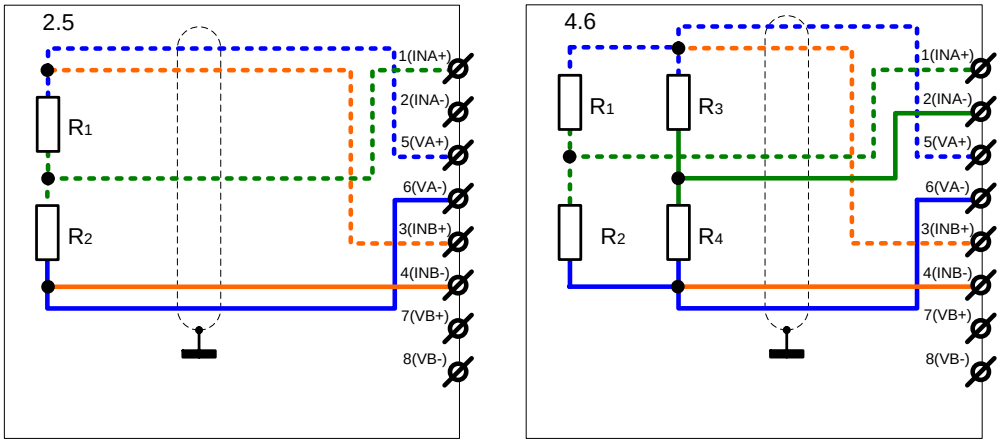


Рисунок 3 - Схемы распайки внешних тензорезисторов

2.3.6 Результатом измерения с помощью станции является относительное напряжение $\frac{\Delta V}{V}$, которое в зависимости от схемы включения соответствует следующим соотношениям сопротивлений подключенных резисторов:

Схема 1.4

$$\frac{\Delta V}{V} = \frac{1}{2}\frac{R - R_k}{R + R_k},$$

где

R – сопротивление измерительного тензорезистора;

R_k – сопротивление термокомпенсирующего тензорезистора, подключенного так же по схеме 1.4 ко второй половине кабеля или к другому разъему.

Схема 2.4

$$\frac{\Delta V}{V} = \frac{1}{2}\frac{R_1 - R_2}{R_1 + R_2} + v_2,$$

где

R_1 и R_2 – сопротивления тензорезисторов в полумосте;

v_2 – смещение результата измерения, связанное с влиянием сопротивления кабеля и контактного сопротивления разъема.

Схема 4.4

$$\frac{\Delta V}{V} = \frac{1}{2}\left(\frac{R_1 - R_2}{R_1 + R_2} - \frac{R_3 - R_4}{R_3 + R_4}\right)(1 - v_4),$$

где

R_1, R_2, R_3 и R_4 – сопротивления тензорезисторов в мосте;

v_4 – смещение результата измерения, связанное с влиянием сопротивления кабеля и контактного сопротивления разъема.

Схема 2.5

$$\frac{\Delta V}{V} = \frac{1}{2}\frac{R_1 - R_2}{R_1 + R_2},$$

где

R_1 и R_2 – сопротивления тензорезисторов в полумосте.

Схема 4.6

$$\frac{\Delta V}{V} = \frac{1}{2}\left(\frac{R_1 - R_2}{R_1 + R_2} - \frac{R_3 - R_4}{R_3 + R_4}\right),$$

где

R_1, R_2, R_3 и R_4 – сопротивления тензорезисторов в мосте.

2.3.7 Многоканальный измерительный усилитель TSG-S01 имеет встроенный прецизионный источник опорного напряжения. Это позволяет измерять сигналы других датчиков, которые имеют выход в виде напряжения или ЭДС и поддерживают питание от +3В. На рис. 4 представлены схемы, с помощью которых можно подключить до 32 термопар и до 32 датчиков температуры TMP36GT компании Analog Devices.

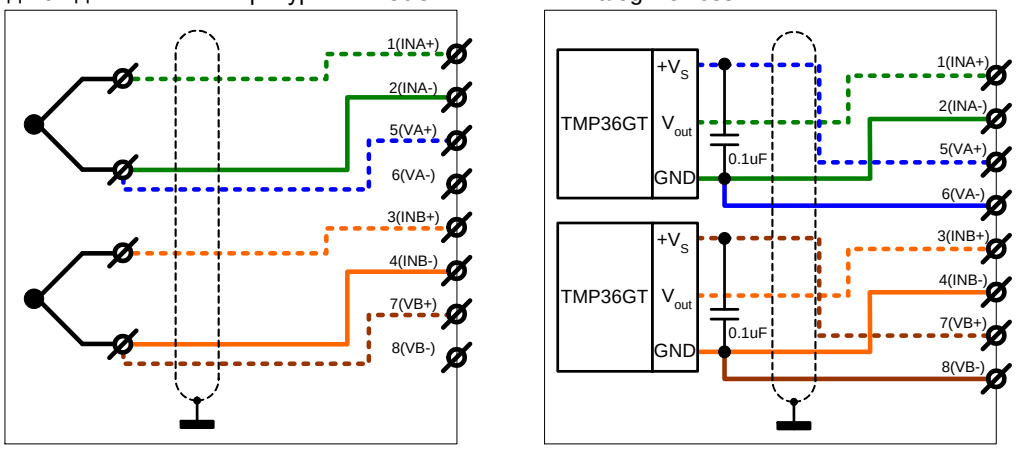


Рисунок 4 - Схемы подключения термопар и датчиков температуры TMP36GT

3 Подключение тензостанции к ПК

3.1 Подключение устройства по USB

3.1.1 Удалите джампер <J1>. Удаление джампера переключает тензостанцию в режим работы через USB.
3.1.2 Для подключения тензостанции по USB впервые необходимо установить драйвер последовательного интерфейса через USB. Для этого произведите установку драйвера MCP2221 Windows Driver, поставляемого на CD-диске в комплекте с тензостанцией.

ВНИМАНИЕ: Перед началом работы рекомендуется загрузить последние доступные версии ПО тензостанции с сайта производителя НТП Горизонт по адресу http://www.ntpgorizont.ru/biblioteka/documentation/

3.1.3 Подключите тензостанцию к ПК через USB. Должен загореться красный индикатор <D1>, обозначающий наличие питания тензостанции и зеленый индикатор <D2> обозначающий наличие обмена данными.
3.1.4. 7 Откройте **Диспетчер устройств Windows**. Убедитесь, что в перечне COM-портов появился USB Serial Port, как показано на рис. 4.

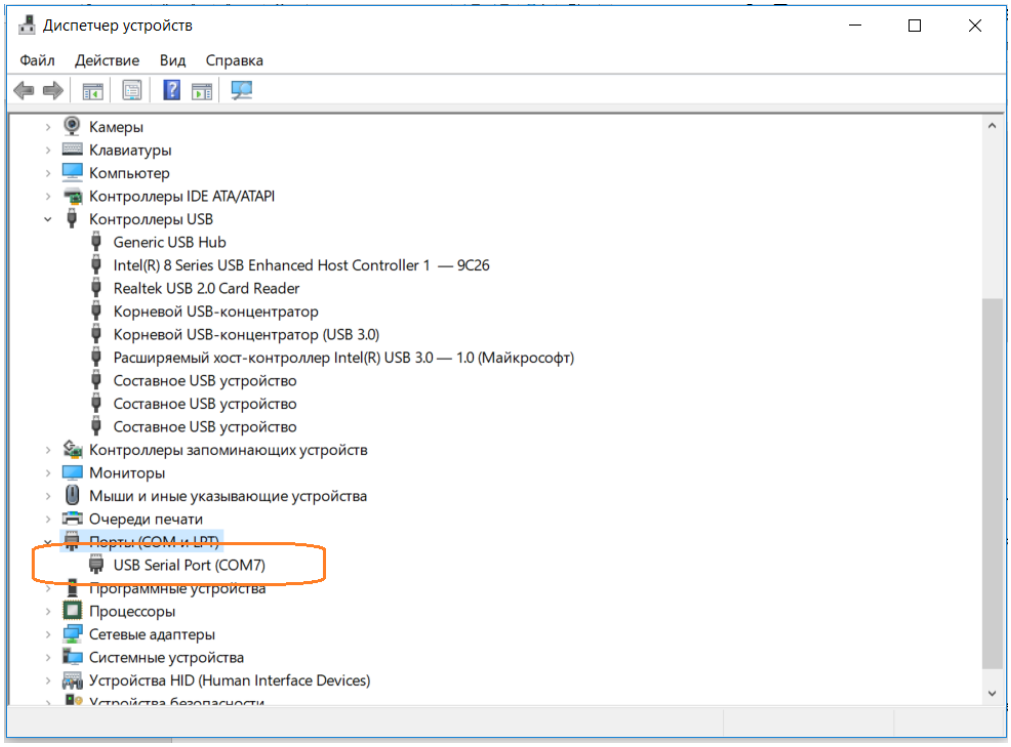


Рисунок 4 – Настройка подключения по USB

3.1.5 Запомните номер присвоенного COM-порта.

ВНИМАНИЕ: В силу особенности работы ОС Windows при повторном подключении устройства номер COM-порта подключения тензостанции может быть переназначен. Рекомендуем проверять присвоенный операционной системой номер COM-порта после каждого подключения тензостанции.

3.1.6 При установлении соединения после запуска программы TSGS01.exe загорится зеленый индикатор <J2>.

3.2 Подключение устройства по Bluetooth

3.2.1 Описание подключения тензостанции по Bluetooth представлено для ПК, имеющего встроенный Bluetooth-модуль. Описание представлено для ОС Windows10. В случае необходимости подключения тензостанции к ПК с внешним Bluetooth-адаптером, или с ОС, отличной от Windows10 необходимо обратиться в техническую поддержку НТП «Горизонт».
3.2.2 В нижнем правом углу рабочего стола ПК откройте службу настройки Bluetooth.
3.2.3 В открывшемся окне **Службы настройки Bluetooth** выберите «Добавление Bluetooth или другого устройства», как показано на рис. 5.

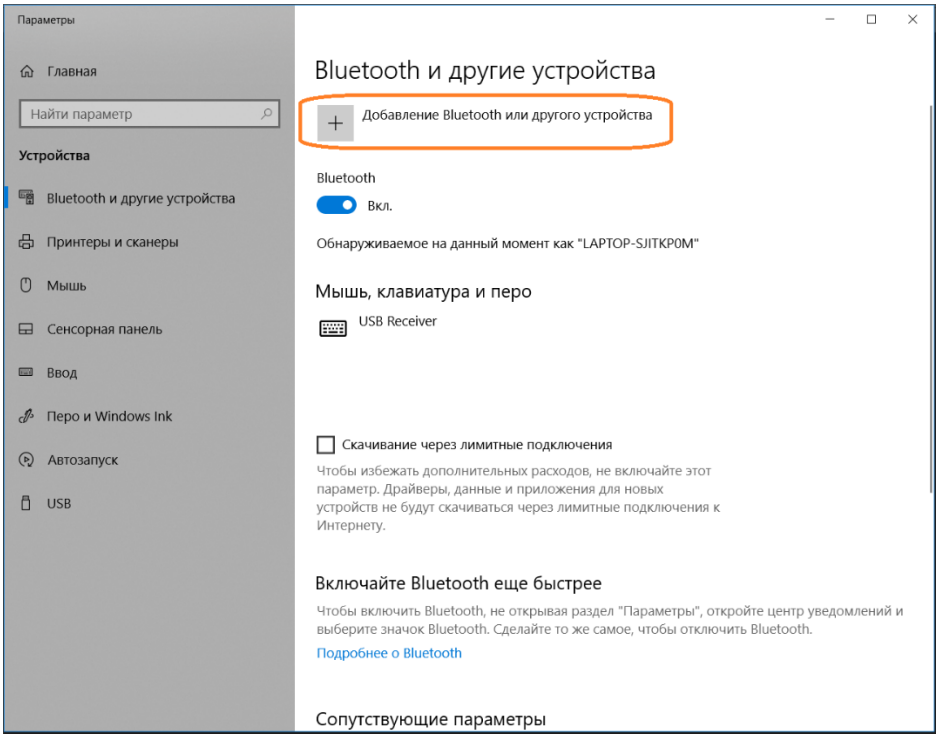


Рисунок 5 – Настройка подключения по Bluetooth

3.2.4 В возникшем окне выберите из списка тип устройства Bluetooth, в открывшемся списке устройств выберете устройство TSG-S.
3.2.5. Пароль для подключения устройства:

Название устройства	**TSG-S01 No XXX**
Пароль	**Admin**

3.2.6 После ввода пароля будет произведено подключение тензостанции к ПК.
3.2.7 Откройте **Диспетчер устройств Windows**. Убедитесь, что в перечне Bluetooth-устройств появилась тензостанция, а в перечне COM-портов появился Стандартный последовательный порт по соединению Bluetooth, как показано на рис. 6.

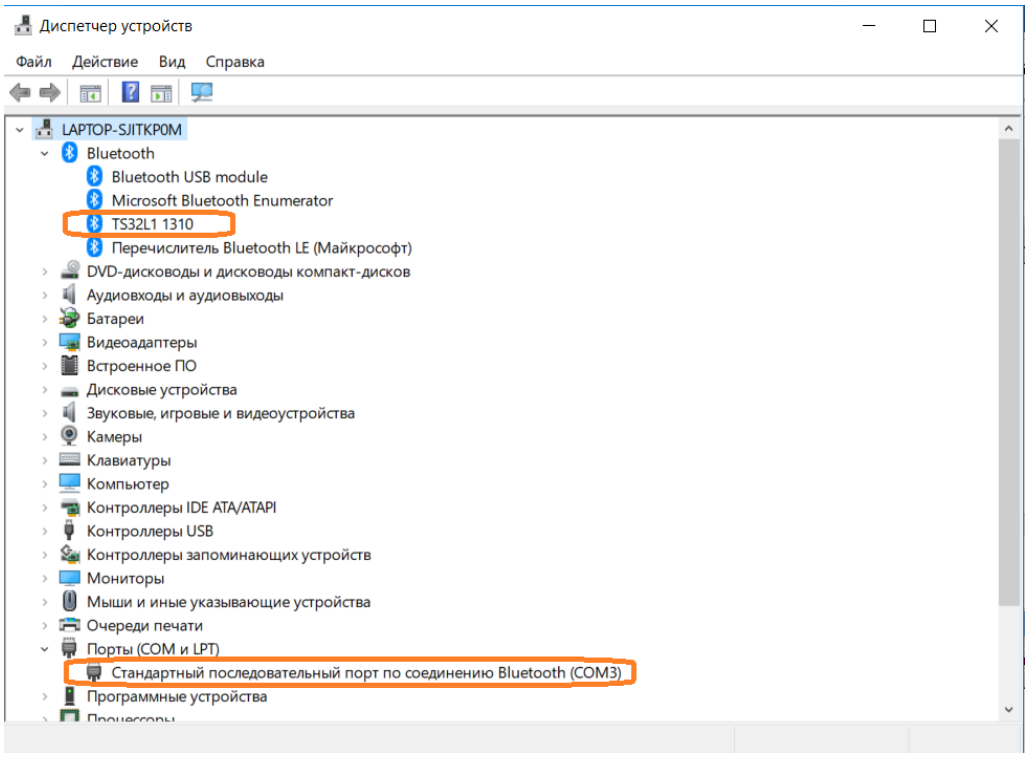


Рисунок 6 – Настройка подключения по Bluetooth

3.2.8 Запомните присвоенный номер COM-порта.

ВНИМАНИЕ: В силу особенности работы ОС Windows при повторном подключении устройства номер COM-порта подключения тензостанции может быть переназначен. Рекомендуем проверять присвоенный операционной системой номер COM-порта после каждого подключения тензостанции.

3.1.6 При установлении соединения после запуска программы TSGS01.exe загорится зеленый индикатор <J2>.

3.3 Подключение устройства по RS-485

3.3.1 Установите джампер <J1>. Установка джампера переключает тензостанцию в режим работы по линии RS-485.
3.3.2 Произвести настройку преобразователя интерфейсов в соответствии с инструкцией на применяемый преобразователь интерфейсов, установив следующие настройки соединения:

Тип линии	RS485 2 wire
Скорость соединения	115200 Бит/сек
Проверка четности	Нет

3.3.3 Откройте **Диспетчер устройств Windows**. Убедитесь, что в перечне COM-портов появилось соединение с преобразователем интерфейсов. Запомните присвоенный номер COM-порта.
3.3.4 При установлении соединения после запуска программы TSGS01.exe загорится зеленый индикатор <J2>.

ВНИМАНИЕ: В силу особенности работы ОС Windows при повторном подключении устройства номер COM-порта подключения тензостанции может быть переназначен. Рекомендуем проверять присвоенный операционной системой номер COM-порта после каждого подключения тензостанции.

4. Описание программного обеспечения

4.1. Установка и начало работы с ПО

4.1.1 Программное обеспечение тензостанции TSG-S01 предназначено для работы на ПК с операционной системой MS Windows 2000/XP/7/10 и предоставляет пользователю следующие возможности:

- настройку измерительных каналов станции для проведения измерений с помощью подключенных к станции тензорезисторов и/или других датчиков;
- проведение измерений;
- отображения результатов измерений в виде таблицы и диаграммы;
- сохранение настроек и результатов измерений в файлах PC.

4.1.2. Для установки программы необходимо скопировать исполняемый файл программы TSGS01.exe в любую директорию ПК.

ВНИМАНИЕ: Перед началом работы рекомендуется загрузить последние доступные версии ПО тензостанции с сайта производителя НТП Горизонт по адресу http://www.ntpgorizont.ru/biblioteka/documentation/

4.1.3. Запустите программу, нажав на исполняемый файл программы TSGS01.exe
4.1.4. После запуска исполняемого файла на экране ПК появляется главное окно программы, которое содержит стандартные заголовок, строку меню, панель инструментов и строку состояния.
4.1.5. В строке Меню выберите Измерение / Настройка канала.
4.1.6 В открывшемся окне выберите из списка присвоенный при установлении подключения номер COM-порта, как показано на рис.7.

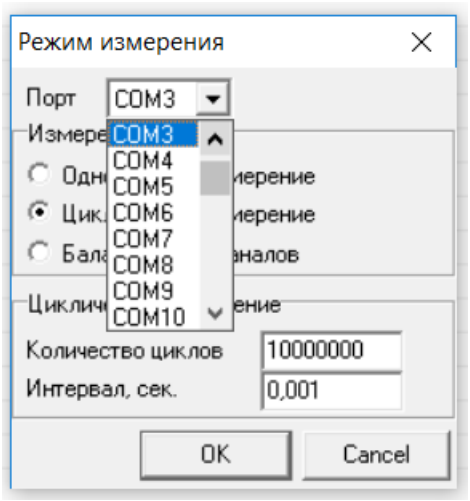
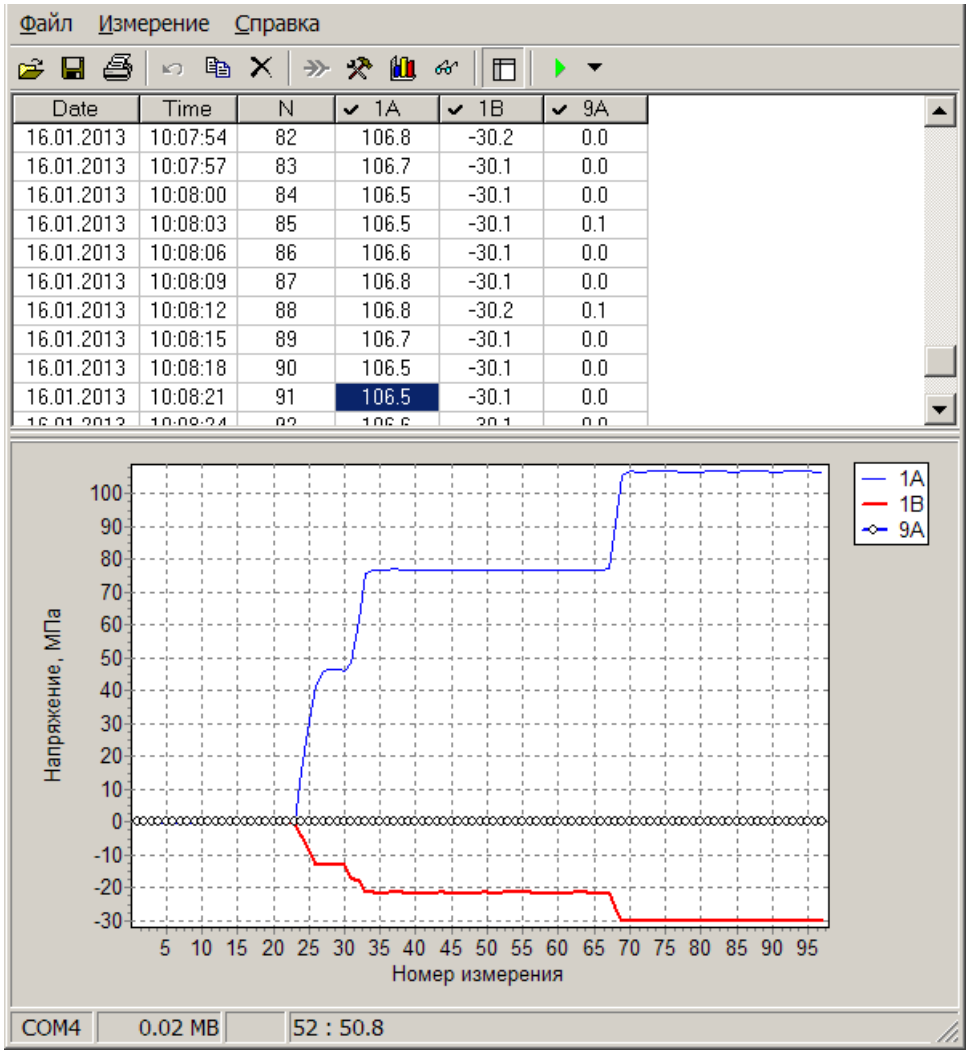


Рисунок 7. Настойка COM-пота

4.1.7 В рабочей области окна расположены либо таблица и диаграмма результатов измерений (рис.8), либо таблица настроек каналов станции (рис.9).



Date	Time	N	1A	1B	9A
16.01.2013	10:07:54	82	106.8	-30.2	0.0
16.01.2013	10:07:57	83	106.7	-30.1	0.0
16.01.2013	10:08:00	84	106.5	-30.1	0.0
16.01.2013	10:08:03	85	106.5	-30.1	0.1
16.01.2013	10:08:06	86	106.6	-30.1	0.0
16.01.2013	10:08:09	87	106.8	-30.1	0.0
16.01.2013	10:08:12	88	106.8	-30.2	0.1
16.01.2013	10:08:15	89	106.7	-30.1	0.0
16.01.2013	10:08:18	90	106.5	-30.1	0.0
16.01.2013	10:08:21	91	106.5	-30.1	0.0

Рисунок 8 - Рабочее окно программы с таблицей и диаграммой результатов измерений.

4.2. Настройка программы для проведения измерений с помощью тензорезисторов

4.2.1. Настройка программы для проведения измерений с помощью подключенных к станции тензорезисторов осуществляется в режиме отображения таблицы настроек каналов станции (рис. 9), для этого в панели инструментов нажмите кнопку .

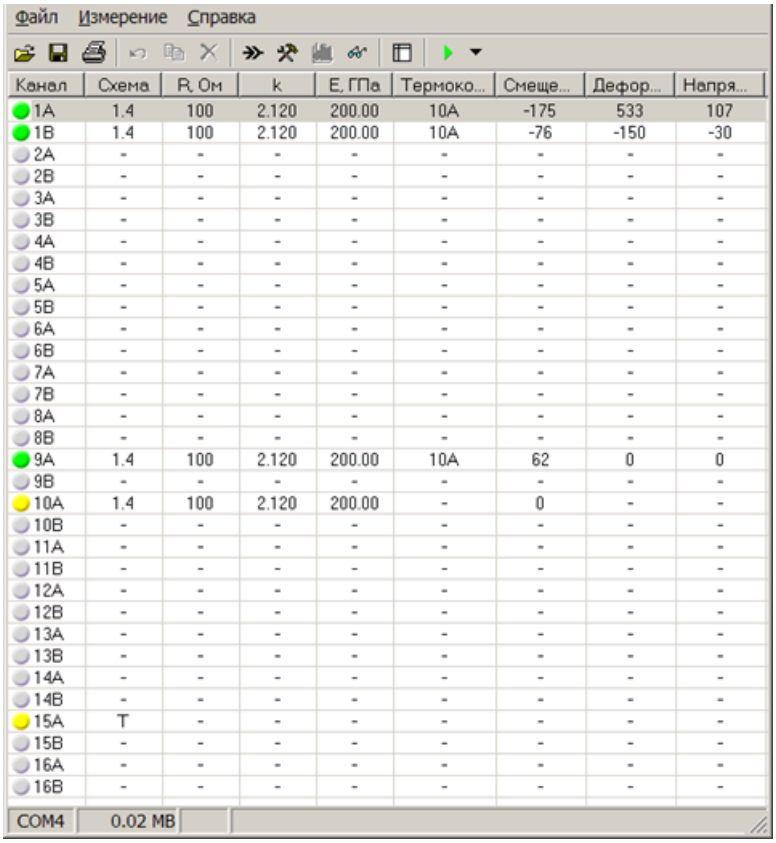


Рисунок 9 - Рабочее окно программы с таблицей настроек каналов станции

4.2.2 В зависимости от модификации тензостанции Таблица содержит 8/16/32 строки и следующие колонки:
Канал – условное обозначение канала станции. Цифра в обозначении соответствует номеру разъема станции, к которому подключены тензорезисторы, буква А обозначает зеленую (измерительную) и синюю (питающую) витые пары кабеля, а буква В – оранжевую (измерительную) и коричневую (питающую) витые пары. Слева от обозначения канала расположен индикатор состояния канала. При настройке индикатор имеет серый цвет, если канал не подключен, желтый – если канал подключен, но не должен опрашиваться при измерении, зеленый – если канал должен опрашиваться при измерении.
Схема – условное обозначение схемы включения тензорезисторов в соответствии с п. 1.5.6 Руководства по эксплуатации. Схемы включения 2.5 и 4.6, в которых используется больше 2-х витых пар кабеля, могут быть подключены только к каналу А, т.к. при этом используются витые пары канала В.
R – номинальное сопротивление тензорезистора, включенного по схеме 1.4 (четвертьмост, 4-х проводная линия). Для других схем измерения этот параметр не используется и не отображается.
k – коэффициент, с помощью которого рассчитываются деформации. При подключении к каналу одного активного тензорезистора этот коэффициент соответствует паспортному коэффициенту чувствительности тензорезистора.
E – коэффициент, с помощью которого рассчитываются напряжения. При подключении к каналу одного активного тензорезистора, наклеенного вдоль оси одноосного нагружения, этот коэффициент соответствует модулю Юнга.
Термокомпенсация – канал станции, к которому по схеме 1.4 подключен термокомпенсирующий резистор. Используется только для активных тензорезисторов, включенных по схеме 1.4 (четвертьмост, 4-х проводная линия). При измерении активный и термокомпенсирующий тензорезисторы соединяются в эквивалент полумоста. Цвет индикатора для канала с термокомпенсирующим резистором должен быть желтым.

Смещение нуля, мкВ/В – начальное относительное электрическое напряжение $\frac{\Delta V_0}{V}$ на плечах моста. Смещение нуля измеряется при проведении балансировки моста (см. ниже).
Деформация – результат измерения ε, который автоматически рассчитывается по формуле:

$$\varepsilon = \frac{4}{k}\left(\frac{\Delta V}{V} - \frac{\Delta V_0}{V}\right), \qquad (2.1)$$

где

$\frac{\Delta V}{V}$ - относительное напряжение на плечах моста (см. п. 4.6 Руководства по эксплуатации);

$\frac{\Delta V_0}{V}$ - смещение нуля;

k - коэффициент k.

Напряжение – результат измерения σ, который автоматически рассчитывается по формуле:

$$\sigma = \frac{\varepsilon E}{1000}, \qquad (2.2)$$

где
E - коэффициент Е.

4.2.3 Для настройки любого из каналов необходимо выделить соответствующую строку таблицы и выполнить команду меню Измерение|Настройка канала… (или нажать клавишу <F5>, или выделить строку двойным щелчком мыши). При этом должно появиться окно настройки канала (рисунок 10), которое позволяет задать необходимые параметры канала измерения в соответствии с таблицей. Флажок <Включить в цикл измерения> определяет следует ли опрашивать подключенный канал при измерении. Кроме схем измерения для тензорезисторов, окно позволяет выбрать схемы измерения для некоторых других датчиков (термопар, датчиков температуры, линейных потенциометров и т.п.). При необходимости информацию о поддержке и описание подключения таких датчиков можно получить у разработчика по запросу.

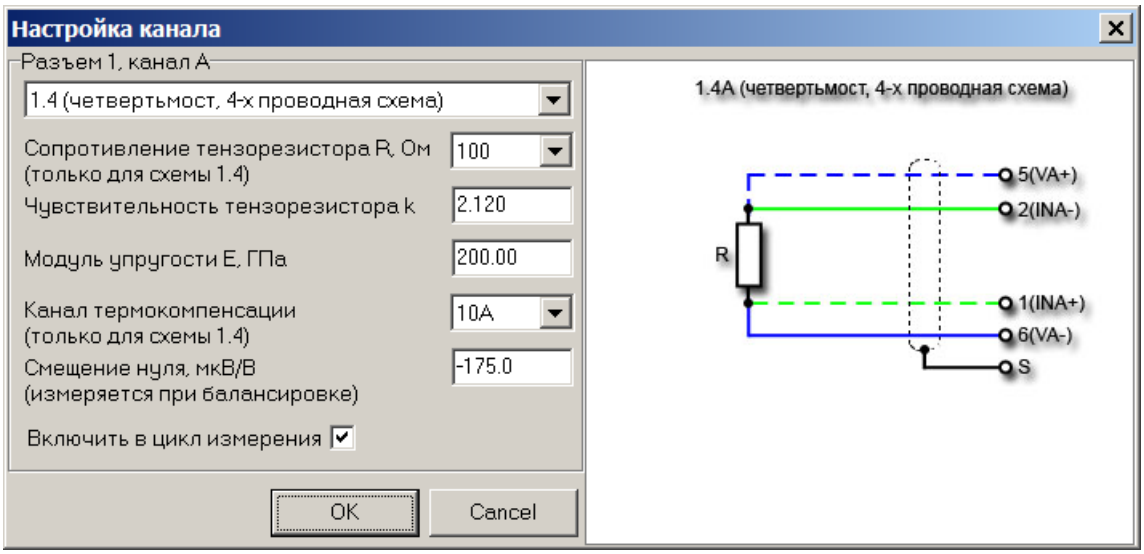


Рисунок 10 - Окно настройки канала.

4.3. Проведение измерений с помощью тензорезисторов

4.3.1. Для выбора режима измерения необходимо выполнить команду Меню Измерение/Режим измерения… или нажать клавишу <F6>. При этом должно появиться окно выбора режима измерения (рисунок 11).

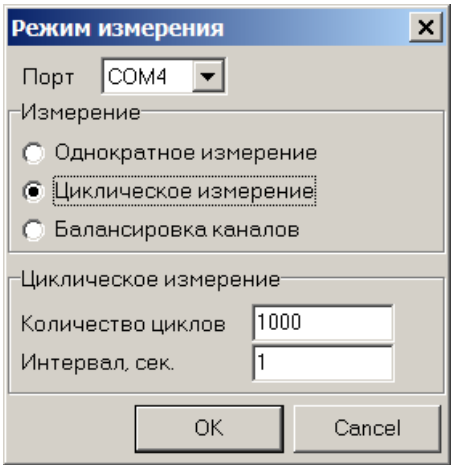


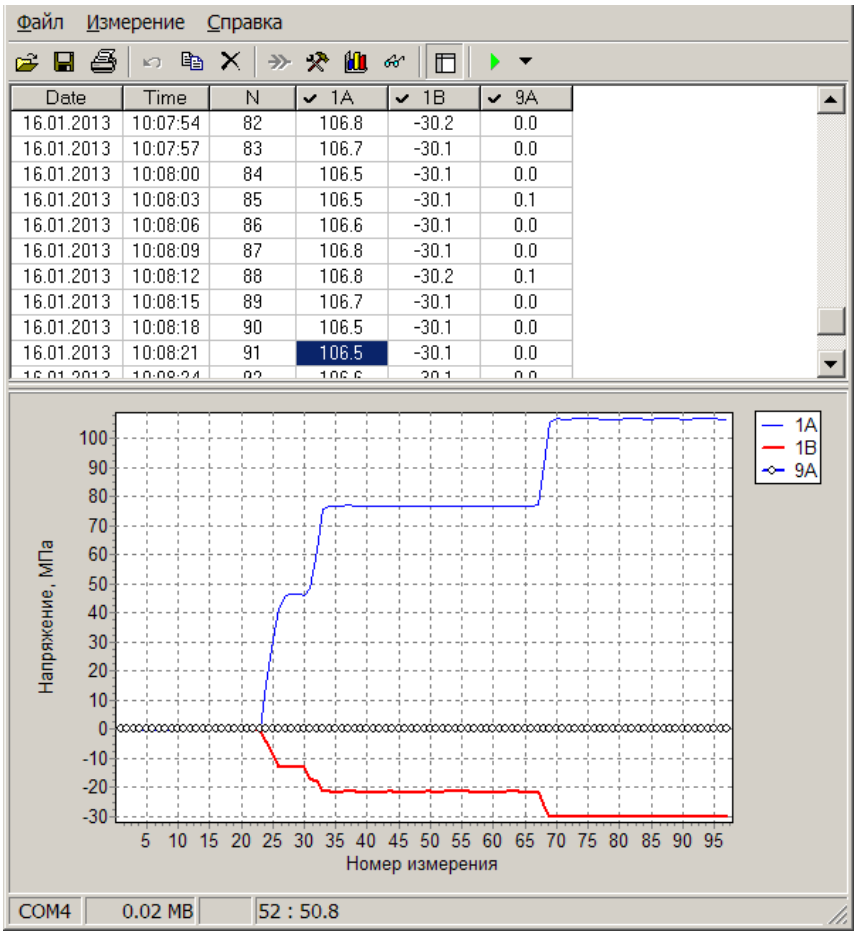
Рисунок 11- Окно выбора режима измерения.

4.3.2 В этом окне можно выбрать следующие параметры режима измерения:
Порт – порт беспроводного соединения, который был установлен при настройке Bluetooth-соединения.
Однократное измерение – однократное измерение для каждого включенного в цикл измерения канала.

Циклическое измерение – многократное измерение для каждого включенного в цикл измерения канала через заданный интервал времени.
Балансировка каналов – однократное измерение смещения нуля для каждого включенного в цикл измерения канала. Такое смещение в основном связано с допустимыми отклонениями сопротивления тензорезисторов от номинального сопротивления и деформацией тензорезисторов при наклейке и затвердевании клея. Балансировка, как правило, проводится при некоторых начальных условиях (например, на ненагруженной конструкции), при которых должно быть получено нулевое значение результата измерения.
Количество циклов – количество циклов измерения при циклическом измерении.
Интервал – интервал времени при циклическом измерении. Если этот интервал установлен меньше времени, которое необходимо для опроса каждого включенного в цикл измерения канала, то время между началами измерительных циклов соответственно увеличивается.
4.3.3 Для проведения измерений необходимо выполнить команду Меню Измерение/Начать измерение… или нажать клавишу <F9>. При этом начнется процесс измерения в соответствии с выбранным режимом измерения. Некоторые команды меню, от которых зависит результат, блокируются, а вместо команды Измерение/Начать измерение… появляется команда Измерение/Остановить измерение.
4.3.4 Для досрочного прекращения измерений необходимо выполнить команду Меню Измерение/Остановить измерение или нажать клавишу <F9>.

4.4 Просмотр результатов измерений

4.4.1 Для просмотра результатов измерений необходимо переключить рабочее окно программы в режим отображения таблицы и диаграммы результатов измерений, для этого в панели инструментов нажмите кнопку .



Date	Time	N	1A	1B	9A
16.01.2013	10:07:54	82	106.8	-30.2	0.0
16.01.2013	10:07:57	83	106.7	-30.1	0.0
16.01.2013	10:08:00	84	106.5	-30.1	0.0
16.01.2013	10:08:03	85	106.5	-30.1	0.1
16.01.2013	10:08:06	86	106.6	-30.1	0.0
16.01.2013	10:08:09	87	106.8	-30.1	0.0
16.01.2013	10:08:12	88	106.8	-30.2	0.1
16.01.2013	10:08:15	89	106.7	-30.1	0.0
16.01.2013	10:08:18	90	106.5	-30.1	0.0
16.01.2013	10:08:21	91	106.5	-30.1	0.0

Рисунок 12 - Рабочее окно программы с таблицей и диаграммой результатов измерений.

4.4.2 Каждая строка таблицы может содержать дату измерения (Date), время измерения (Time), порядковый номер измерения (N) и результат измерения для каждого включенного в цикл измерения канала. Прямоугольная область таблицы может быть выделена с помощью мыши и отредактирована с использованием следующих команд меню, контекстного меню или панели инструментов:
Выделить все – выделить все ячейки таблицы.
Копировать – копировать ячейки таблицы в буфер обмена для последующей вставки в окно текстового редактора или таблицу программы Excel.
Удалить – удалить/очистить выделенные ячейки.
Отменить удаление – отменить удаление.

4.4.3 Результаты измерений каналов, обозначения которых в заголовках колонок таблицы отмечены флажком, отображаются в виде графиков на диаграмме. Для быстрой установки/сброса флажков необходимо щелкнуть мышью соответствующий заголовок.

4.4.4 Для настройки параметров отображения результатов измерений на диаграмме необходимо выполнить команду меню Измерение/Параметры диаграммы. При этом должно появиться окно для выбора параметров диаграммы (рисунок 13). С помощью этого окна можно выбрать масштаб графиков, расположение легенды, свойства линий и маркеров для каждого канала.

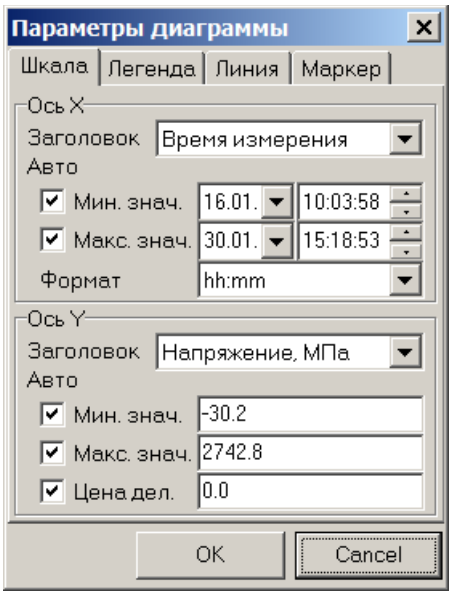


Рисунок 13 - Окно выбора параметров диаграммы.

4.5 Сохранение результатов измерений

4.5.1. Для сохранения результатов измерений и настроек каналов необходимо выполнить команду Меню Файл/Сохранить…. При этом должно появиться стандартное окно для выбора файла с расширением *.tss, в котором должны быть сохранены текущие настройки и результаты измерений. При выходе из программы текущие настройки и результаты измерений сохраняются автоматически в файле TSG-S01.tss.

4.5.2. Для загрузки сохраненных настроек каналов и результатов измерений необходимо выполнить команду Меню Файл/Отрыть….

4.6 Полезные советы

4.6.1. В таблицах настроек и измерений используйте правую кнопку мыши для вызова выпадающего контекстного меню, с помощью которого можно выполнить основные команды.

4.6.2. В таблице настроек используйте двойной щелчок мыши для отображения окна настройки канала.

4.6.3. На диаграмме используйте двойной щелчок или правую кнопку мыши для отображения окна выбора параметров диаграммы.

4.6.4. Если строка/строки таблицы результатов выделены целиком, то при выполнении команды Удалить эти строки будут удалены, если – частично, то выделенные ячейки будут только очищены. В частности, если выделены все ячейки таблицы, то при выполнении команды Удалить будет очищена вся таблица.

4.6.5. Случайное удаление или очистку ячеек таблицы можно отменить с помощью команды Отменить удаление.

4.6.6. Если выделить несколько ячеек в одном столбце таблицы с результатами измерений, то в стоке состояния программы отобразится количество выделенных ячеек, среднее значение и стандартное отклонение измерений;

4.6.7. Чтобы выделить столбец таблицы с результатами измерений целиком удерживая клавишу <Shift> щелкните мышью в заголовке столбца.

4.6.8. Если курсор мыши расположен в области диаграммы, то в строке состояния программы отобразятся его координаты на диаграмме.

4.6.9. Для быстрого нахождения ячейки таблицы измерений, которой соответствует точка графика на диаграмме, подведите курсор к этой точке (изображение курсора при этом должно измениться с “крестика” на “руку”) и нажмите левую клавишу мыши. Если повторить эту операцию для другой точки этого же графика удерживая клавишу <Shift>, то в таблице буду выделены все ячейки между двумя точками на графике.

4.6.10. Для быстрого изменения масштаба диаграммы выполните последовательно следующие действия: нажмите и удерживайте клавишу <Shift>, нажмите левую кнопку мыши и удерживая ее выделите на диаграмме прямоугольную область, отпустите клавишу <Shift>, отпустите кнопку мыши. Если движение мыши осуществлялось вправо, то масштаб будет увеличен в соответствии с выделенной областью, если влево – уменьшен.

4.6.11. Для сдвига графиков на диаграмме проведите аналогичные действия удерживая клавишу <Ctrl>, вместо <Shift>.

4.6.12. Если на диаграмме удерживая клавишу <Shift> выполнить двойной щелчок мышью, то произойдет автоматическое масштабирование.

4.6.13. Для получения увеличенного содержания ячейки таблицы измерений используйте команду панели инструментов . При этом должно появиться окно с изменяемым размером, содержащее текст выделенной ячейки или результат последнего измерения канала с выделенной ячейкой.
4.6.14. Изменить количество знаков после запятой в таблице измерений и, если необходимо, ширину столбцов можно в закладке Легенда окна выбора параметров диаграммы. Изменение количества знаков после запятой не влияет на точность результатов измерения, которые сохраняются программой в файлах с расширением *.tss, т.к. в этом случае для действительных чисел всегда используется бинарное 8-байтное представление. Однако, при копировании результатов измерений в буфер обмена копируется только текст ячеек. В этом случае недостаточное количество знаков после запятой может привести к частичной потере информации.