КОНТРОЛЛЕРЫ СБОРА ДАННЫХ МНОГОКАНАЛЬНЫЕ
ТЕНЗОМЕТРИЧЕСКИЕ

ZET 058

РУКОВОДСТВО ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ

ЭТМС.411168.008 РЭ

ООО «ЭТМС»

Содержание

Введение **4**
1 Описание контроллеров **5**
1.1 Назначение 5
1.2 Комплект поставки 5
1.3 Внешний вид контроллера 6
1.4 Маркировка панелей контроллеров 6
1.5 Схема разъемов 7
1.6 Схемы подключения тензодатчиков 9
2 Подготовка к работе **11**
2.1 Распаковывание 11
2.2 Правила эксплуатации 11
2.3 Меры безопасности 11
2.4 Рекомендации по защите от электромагнитных помех 12
2.5 Требования к компьютеру 13
2.6 Установка программного обеспечения ZETLAB 14
2.7 Запуск панели управления ZETLAB 14
2.8 Получение справочной информации 15
2.9 Настройка пользовательских директорий 15
2.10 Индикатор состояния подключенных устройств 17
2.11 Закрытие программ ZETLAB 18
2.12 Закрытие панели управления ZETLAB 18
3 Подключение контроллера к компьютеру по Ethernet **19**
3.1 Порядок подключения 19
3.2 Заводская настройка IP-адреса 19
3.3 Проверка IP-адреса контроллера 20
3.4 Настройка IP адреса контроллера 21
3.5 Настройка IP адреса компьютера 22
3.6 Активация подключения по Ethernet 24
4 Работа с контроллером **25**
4.1 Окно программы «Диспетчер устройств» 25
4.2 Установка частоты дискретизации 26
4.3 Настройка синхронизации по протоколу PTP 27
4.4 Автономная регистрация 28
4.5 Проверка доступного объема памяти и времени регистрации 30
4.6 Настройка измерительных каналов 31
4.7 Работа в стационарном режиме регистрации 41
4.8 Контроль и обработка регистрируемых сигналов 43
4.9 Работа в автономном режиме регистрации 44
4.10 Копирование и конвертирование данных 45
5 Возможные неисправности и способы их устранения **46**
6 Техническое обслуживание **47**
7 Правила хранения и транспортирования **48**

Приложение А Примеры настроек при подключении тензодатчиков 49
Пример 1. Подключение тензорезисторов по ¼-мостовой схеме 49
Пример 2. Подключение тензорезисторов по ½-мостовой схеме 53
Пример 3. Подключение тензорезисторов по мостовой схеме (питание постоянным напряжением) 57
Пример 4. Подключение тензорезисторов по мостовой схеме (питание переменным напряжением) 61
Пример 5. Подключение и настройка тензодатчика Dacell UU-K20 65
Приложение Б Варианты схем подключения и установки тензорезисторов 70
Приложение В Расчет главных напряжений и эквивалентного напряжения для плоского напряженного состояния 72

Введение

Настоящее руководство по эксплуатации предназначено для изучения принципа действия контроллеров сбора данных многоканальных тензометрических ZET 058 ЭТМС.411168.008 (далее по тексту контроллеры), содержит общие правила работы контроллеров, а также указания по установке, пуску, обслуживанию, эксплуатации, транспортированию и хранению.

К работе с контроллерами допускаются лица, имеющие квалификацию техника или инженера.

Распаковывание, установку, пуск, подготовку к работе может производить как пользователь, так и представитель организации, осуществляющей сервисное техническое обслуживание в рамках договора, заключенного при покупке контроллера.

На всех этапах эксплуатации контроллера необходимо руководствоваться документацией, поставляемой с контроллером.

Предприятие-изготовитель оставляет за собой право вносить в конструкцию и схему контроллеров изменения, не ухудшающие его технические характеристики, без коррекции эксплуатационно-технической документации.

1 Описание контроллеров

1.1 Назначение

Контроллеры сбора данных многоканальные тензометрические ZET 058 являются средством измерения параметров электрического сигнала и предназначены регистрации и анализа сигналов от датчиков (первичных преобразователей) статической и динамической деформации.

В комплекте с компьютером с операционной системой Windows и программным обеспечением ZETLAB контроллеры реализуют функции измерительных приборов: генератора, вольтметра постоянного и переменного тока, октавного, 1/3-октавного и узкополосного анализатора спектра, регистратора и др. (см. документ «*Программное обеспечение ZETLAB. Руководство оператора»*).

Контроллеры ZET 058 обеспечивают питание первичных преобразователей как постоянным, так и переменным напряжением, могут использоваться для сбора и обработки сигналов при статических или динамических измерениях.

Контроллеры могут быть использованы автономно или в составе автоматизированных стендов:

- В испытательных и контрольно-измерительных комплексах;
- В системах управления технологическими процессами;
- Для научно-технических исследований.

1.2 Комплект поставки

В комплект поставки контроллеров входит оборудование, приведенное в *Табл. 1.1*:

Табл. 1.1 Комплект поставки

Наименование	**Обозначение**	**Количество**
Контроллер сбора данных многоканальный ZET 058	ЭТМС.411168.008	1 шт.
Блок питания		1 шт.
Кабель Ethernet 2 м		1 шт.
Кабель клеммник-miniXLR 92M-502(5P)		1 комплект
Кабель BNC-miniXLR 92M-502(5P)		1 шт.
Заглушка 50 Ом		1 шт.
USB флеш-карта с ПО ZETLAB		1 шт.
Паспорт	ЭТМС.411168.008 ПС	1 экз.
Руководство по эксплуатации	ЭТМС.411168.008 РЭ	1 экз.

1.3 Внешний вид контроллера

На *Рис. 1.1* представлен внешний вид восьмиканального контроллера ZET 058.

Рис. 1.1 Внешний вид восьмиканального контроллера ZET 058

Примечание! *Путем совмещения контроллеров могут быть сформированы измерительные системы с количеством каналов до 128.*

1.4 Маркировка панелей контроллеров

На *Рис. 1.2* представлены лицевая панель контроллера ZET 058, а в таблице *Табл. 1.2* приведено назначение элементов панели.

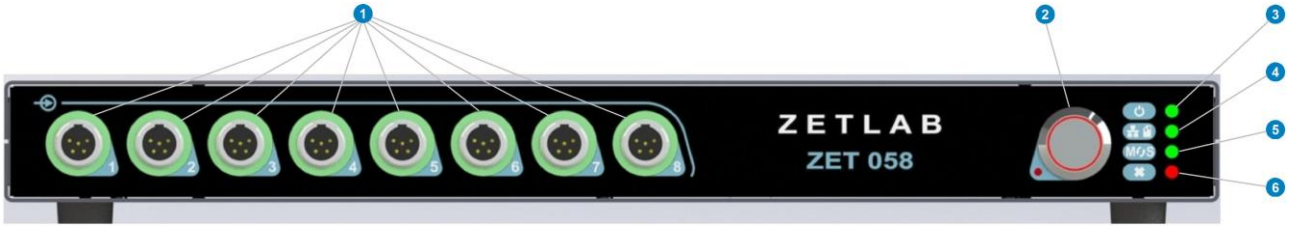


Рис. 1.2 Лицевая панель контроллера ZET 058

Табл. 1.2 Назначение элементов передней панели

№	Назначение
1	Входы измерительных каналов со встроенными индикаторами. Зеленый цвет индикатора – установлена схема подключения «Мост». Синий цвет индикатора – установлена схема подключения «Полумост» или «Четвертьмост».
2	Кнопка «Запуска/Остановки записи сигналов».
3	Индикатор состояния работы контроллера (включен/отключен). При включении контроллера индикатор загорается зеленым цветом
4	Индикатор режима работы контроллера. При работе контроллера с подключением к компьютеру (стационарный режим) индикатор горит зеленым цветом. При работе контроллера (записи регистрируемых сигналов на SD-карту) без подключения к компьютеру (автономный режим) индикатор мигает синим цветом
5	Индикатор синхронизации контроллера. При режиме синхронизации «Ведущий» индикатор горит зеленым цветом. При режиме синхронизации «Ведомый» индикатор горит синим цветом.
6	Индикатор ошибки. Загорается красным цветом при диагностировании ошибки или превышения допустимого уровня входного напряжения на измерительном канале.

На *Рис. 1.3* представлена задняя панель контроллера ZET 058, а в таблице *Табл. 1.3* приведено назначение элементов панели.

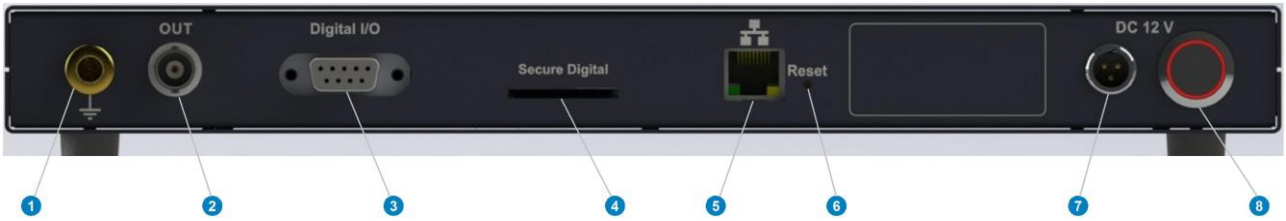


Рис. 1.3 Задняя панель контроллера ZET 058

Табл. 1.3 Назначение элементов задней панели

№	Назначение
1	Клемма заземления контролера.
2	Выход генератора.
3	Цифровой вход/выход.
4	Слот SD-карты для записи сигналов и файлов с расширением «*.log» в автономном режиме. Поддерживается SD-карта формата SD/SDHC до 32 Гб
5	Разъем для подключения контроллера к компьютеру по интерфейсу Ethernet 10/100.
6	Кнопка «Сброса» адреса порта Ethernet к заводским настройкам.
7	Разъем для подключения блока питания 12 В.
8	Кнопка «Включения/Отключения контроллера».

1.5 Схема разъемов

1.5.1 Схема кабеля Patch Cord UTP кат.5е

В *Табл. 1.4* представлено соответствие цветовой маркировки кабеля Patch Cord UTP кат.5е номерам контактов установленных на кабель разъемов RG54 (*TP8P8C)*. Кабель предназначен для подключения контроллеров к компьютеру (напрямую, либо с использованием коммутатора) по интерфейсу Ethernet.

Табл. 1.4 Схема кабеля Patch Cord UTP кат.5е

Кабель Patch Cord UTP кат.5е (контроллер – компьютер)		
Контакты разъема RG-45 (первая сторона кабеля)	Цвет проводника витой пары	Контакты разъема RG-45 (вторая сторона кабеля)
1	Бело/оранжевый	1
2	Оранжевый	2
3	Бело/зеленый	3
4	Синий	4
5	Бело/синий	5
6	Зеленый	6
7	Бело/коричневый	7
8	Коричневый	8

1.5.2 Схема разъема Mini-XLR 92M-502 (3P)

В *Табл. 1.5* представлена схема разъема Mini-XLR 92M-502 (3P), предназначенного для подключения кабеля блока питания +12 В к разъему для подключения блока питания контроллера.

Табл. 1.5 Схема распайки разъема Mini-XLR 92M-502 (3P)

Разъем Mini-XLR 92M-502 (3P)	
Номер контакта	Назначение контакта
1	+12 В
2	Земля
3	Не используется

На *Рис. 1.4* представлен вид со стороны пайки ответной части разъема питания контроллера Mini-XLR 92M-502 (3P).

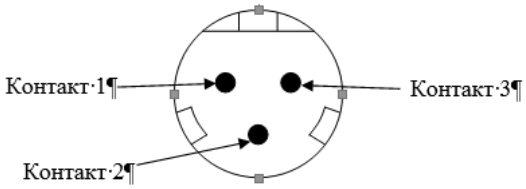


Рис. 1.4 Вид со стороны пайки разъема Mini-XLR 92M-502 (3P)

1.5.3 Схема разъема Mini-XLR 92M-502 (5P)

В *Табл. 1.6* представлена схема разъема Mini-XLR 92M-502 (5P), предназначенного для подключения к контроллерам ZET 058 первичных преобразователей.

Табл. 1.6 Схема распайки разъема Mini-XLR 92M-502 (5P)

Разъем Mini-XLR 92M-502 (5P)			
Номер контакта	Наименование	Назначение контакта	
1	SIG-	Вход «-»	Дифференциальный вход
2	SIG+	Вход «+»	
3	EXC+	Генератор	
4	EXC-	Земля	
5		Не используется	

На *Рис. 1.5* представлен вид со стороны пайки ответной части разъема контроллера ZET 058 Mini-XLR 92M-502 (5P), предназначенного для подключения первичных преобразователей.

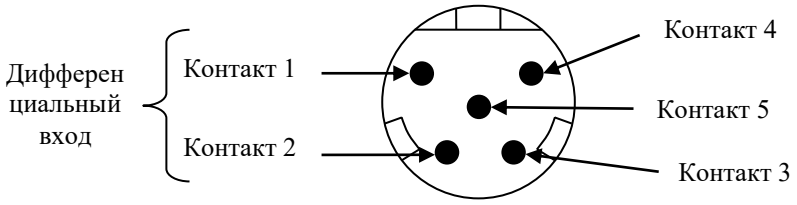


Рис. 1.5 Вид со стороны пайки разъема Mini-XLR 92M-502 (5P)

1.6 Схемы подключения тензодатчиков

В базовый комплект поставки контроллеров ZET 058 входит кабель клеммник-miniXLR, при помощи которого удобно подключать тензодатчики и тензорезисторы по мостовой, ½-мостовой и ¼-мостовой схемам. На *Рис. 1.6* изображена клеммная колодка с подключенными тензорезисторами.

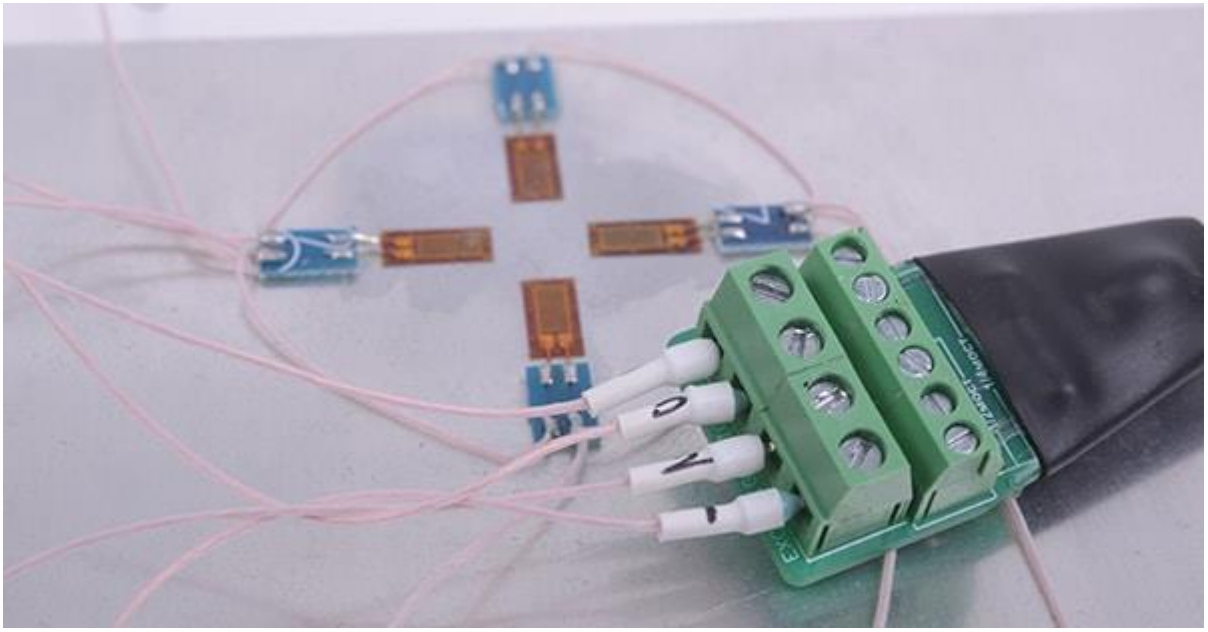


Рис. 1.6 Клеммная колодка с подключенными тензорезисторами

Схемы для подключения тензодатчиков к клеммным колодкам приведены ниже:

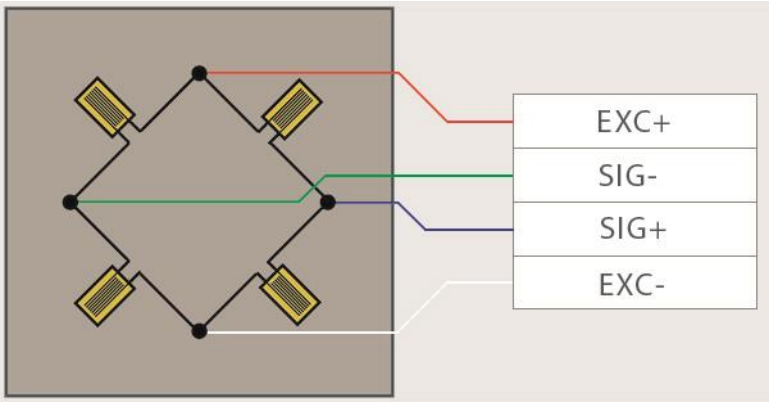


Рис. 1.7 Мостовая схема подключения тензорезисторов к клеммной колодке

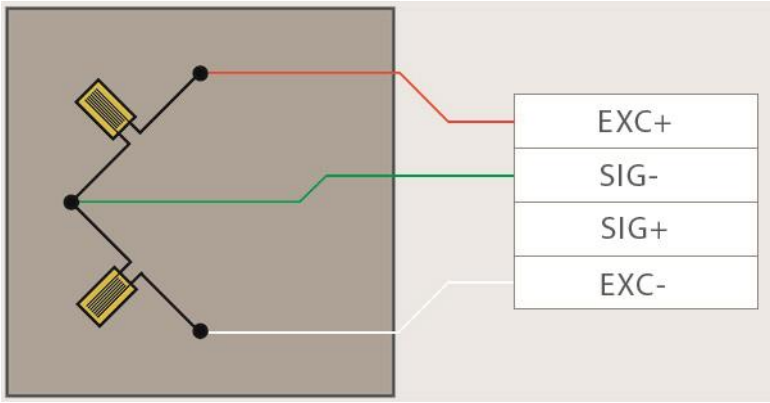


Рис. 1.8 ½-мостовая схема подключения тензорезисторов к клеммной колодке

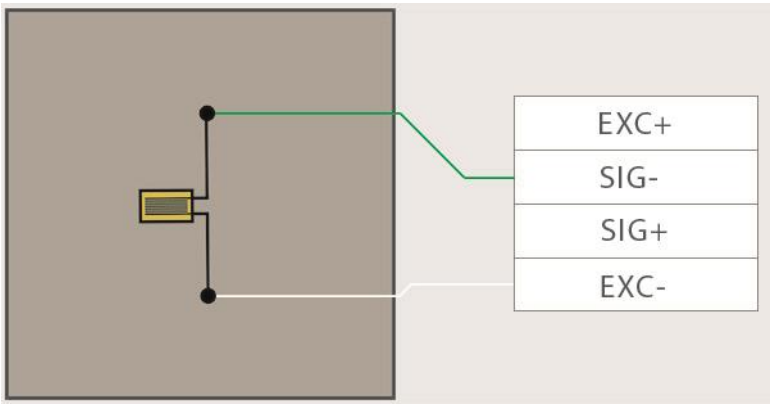


Рис. 1.9 ¼-мостовая схема подключения тензорезисторов к клеммной колодке

Примечание: *в ½ и ¼ мостовых схемах частотный диапазон измеряемых сигналов составляет 2 кГц при обеспечении точности ±0.5 %, для точности ±10 % - без ограничений.*

2 Подготовка к работе

2.1 Распаковывание

В случае транспортирования при отрицательной температуре, контроллер в упаковке необходимо выдержать в помещении при нормальных климатических условиях не менее 8 ч.

Распаковывание производить на горизонтальной, устойчивой поверхности, освобожденной от посторонних предметов.

При распаковывании произвести внешний осмотр контроллера, обратив внимание на отсутствие механических повреждений, а также проверить наличие эксплуатационной документации на контроллер.

2.2 Правила эксплуатации

Контроллер должен быть расположен на расстоянии не менее 1 м от нагревательных приборов.

Кабели должны быть уложены аккуратно и без перегибов, соединители должны быть прикреплены к ответной части разъемов с помощью штатного крепления.

Контроллер не должен подвергаться воздействию прямых солнечных лучей.

Повторное включение контроллера должно проводиться не ранее, чем через 30 с после выключения.

При эксплуатации запрещается:

- Разбирать контроллер без согласования с заводом-изготовителем.
- Подключать внешние источники питания (аккумуляторы), либо сетевые адаптеры, не соответствующие входному напряжению питания контроллера.
- Подавать на входы контроллера сигналы, не соответствующие входным характеристикам контроллера.

2.3 Меры безопасности

К работе с контроллерами допускаются лица, изучившие данное руководство и имеющие допуск на право работы на электроустановках с напряжением до 1000 В.

При работе и ежедневном обслуживании контроллера необходимо соблюдать требования техники безопасности и следующие меры предосторожности:

- Не допускается подключение и отключение контроллера от сети во включенном состоянии;
- По окончании работы отключить контроллер от электросети (или полностью обесточить электросеть питания контроллера);
- Категорически запрещается работа с контроллерами, имеющими механические повреждения;

- Включение и выключение электропитания контроллера и составных устройств должно осуществляться только посредством штатного выключателя устройства.

Подключение и отключение от системы любого внешнего устройства, имеющего собственный источник питания, при включенном питании обоих устройств не допустимо.

2.4 Рекомендации по защите от электромагнитных помех

Надежность и достоверность показаний измерительных устройств зависит от их помехозащищённости по отношению к внешним и внутренним, случайным и регулярным электромагнитным помехам. Для обеспечения нормального функционирование измерительной системы в процессе эксплуатации необходимо применять одну из приведенных ниже схем заземления оборудования.

- Рекомендации по защите от электромагнитных помех при работе с оборудованием ZETLAB в комплекте с тензорезисторами для измерения деформационных процессов (*Рис. 2.1*):

1. Необходимо гальванически отвязать контроллер от компьютера и общей «Земли», выполнив подключение устройства по Ethernet.
2. Проводом заземления соединить контроллер и объект наблюдений: для этого необходимо соединить клемму заземления «⏚» контроллера, расположенную на задней панели устройства, с металлической деталью испытуемой конструкции (например, гайка или болт).
3. Соединить экран кабеля для подключения тензорезисторов с клеммой заземления «⏚» контроллеру.

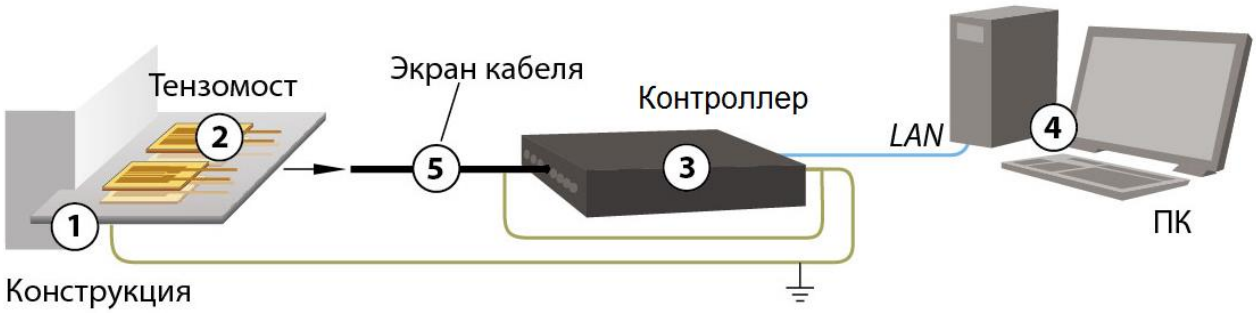


Рис. 2.1 Схема заземления при работе с контроллера с тензорезисторами

- Рекомендации по защите от электромагнитных помех при работе с оборудованием ZETLAB в комплекте с тензодатчиками для измерения деформационных процессов:

1. Необходимо гальванически отвязать контроллер от компьютера и общей «Земли», выполнив подключение устройства по Ethernet.

2. В случае, если корпус тензодатчика имеет электрический контакт с объектом наблюдений, необходимо соединить клемму заземления «⏚» контроллера с корпусом тензодатчика.

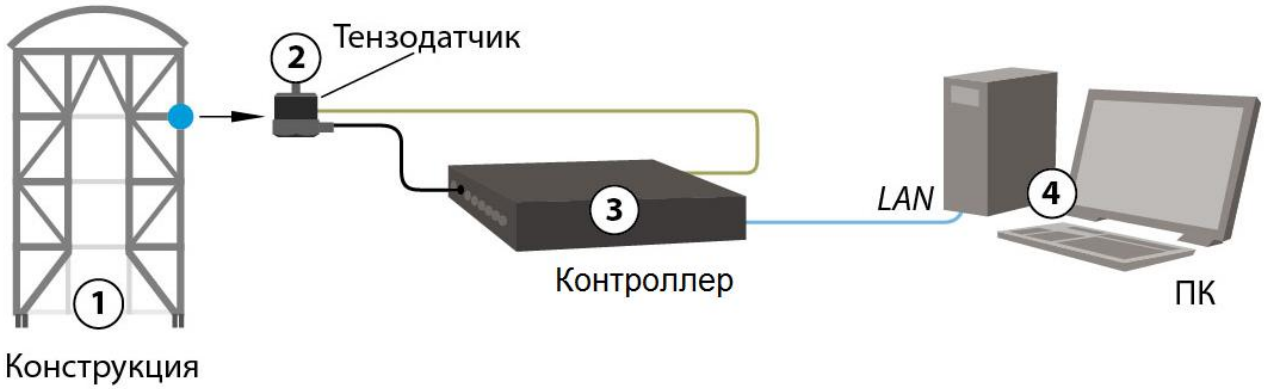


Рис. 2.2 Схема заземления при работе с контроллера с тензодатчиками

2.5 Требования к компьютеру

Программное обеспечение *ZETLAB* предназначено для использования на персональных компьютерах типа IBM PC Intel® Pentium®/Celeron®/ или совместимые с ними, работающих под управлением русскоязычной (локализованной), либо корректно русифицированной версии операционных систем:

- Microsoft® Windows® 7 32 разрядная с пакетом обновления SP1.
- Microsoft® Windows® 7 64 разрядная с пакетом обновления SP1.
- Microsoft® Windows® 8 32 разрядная.
- Microsoft® Windows® 8 64 разрядная.
- Microsoft® Windows® 8.1 32 разрядная.
- Microsoft® Windows® 8.1 64 разрядная.
- Microsoft® Windows® 10 32 разрядная.
- Microsoft® Windows® 10 64 разрядная.
- Microsoft® Windows® Server 2003.
- Microsoft® Windows® Server 2008 32 разрядная.
- Microsoft® Windows® Server 2008 64 разрядная с пакетом обновления SP2.
- Microsoft® Windows® Server 2008 R2 с пакетом обновления SP1.
- Microsoft® Windows® Server 2012 64 разрядная.
- Microsoft® Windows® Server 2012 R2 64 разрядная.

Конфигурация компьютера для установки и запуска программного обеспечения *ZETLAB* и драйверов устройств:

- Двухъядерный процессор или более;

- Тактовая частота процессора – не менее 1,6 ГГц;
- Оперативная память – не менее 4 Гб;
- Свободное место на жестком диске – не менее 20 Гб;
- Видеокарта с 3D-графическим ускорителем, поддержкой OpenGL, DirectX, не менее 128 Мб памяти;
- Разрешение экрана не менее 1600×900;
- Наличие манипулятора «мышь» или иного указательного устройства (сенсорный экран, трекбол (track ball), тачпад (TouchPad), графический планшет);
- Наличие стандартной клавиатуры или иного устройства ввода (сенсорный экран, графический планшет);
- Интерфейс USB 2.0 для установки программ.

2.6 Установка программного обеспечения ZETLAB

Для установки программного обеспечения *ZETLAB* необходимо запустить файл-установщик ZETLAB.msi (поставляется на USB флеш-карте) и следуя инструкциям, установить ПО *ZETLAB* в директорию C:\ZETLab.

2.7 Запуск панели управления ZETLAB

Для запуска панели управления *ZETLAB* необходимо активировать «ярлык» *ZETLAB* (Рис. *2.3*), расположенный на рабочем столе ОС Windows.

Рис. 2.3 Внешний вид «иконки» ZETLab

В верхней части экрана откроется панель управления *ZETLAB* (Рис. *2.4*).

Рис. 2.4 Панель управления ZETLAB

Панель управления *ZETLAB* разбита на разделы, что позволяет оперативно выбирать требуемые программы. Для выбора программы следует активировать название соответствующего раздела панели управления *ZETLAB* и из развернувшегося списка выбрать необходимую программу.

В списке рядом с названиями программ находятся графические пиктограммы, упрощающие поиск требуемой программы.

2.8 Получение справочной информации

В любой момент работы с программным обеспечением *ZETLAB* можно воспользоваться справочной информацией по работе с ним. Доступ к справочной информации организован по типу древовидной структуры (Рис. *2.5*).

Для доступа к справочной информации (находясь в окне той из программ, по которой необходимо получить справочную информацию) следует активировать на клавиатуре клавишу <F1>.

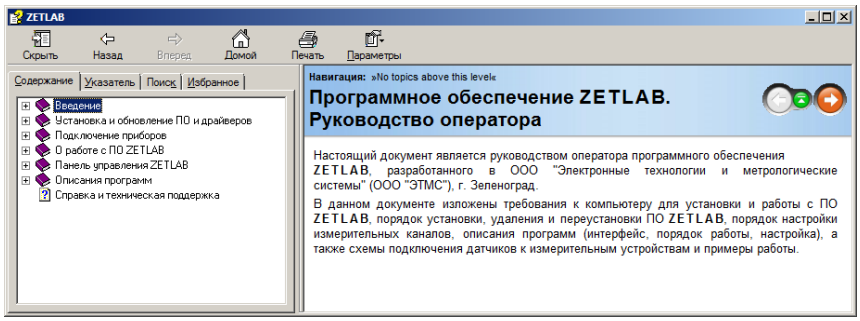


Рис. 2.5 Окно справочной информации

2.9 Настройка пользовательских директорий

Программному обеспечению *ZETLAB* требуется для работы несколько директорий на диске компьютера, при этом часть из директорий определяются программным обеспечением и не могут быть изменены пользователем, а часть из директорий доступны для изменения.

Для изменения доступны директории, в которых будут располагаться сигналы, сжатые сигналы, результаты обработки и файлы конфигурации.

Для определения пользовательских директорий на диске компьютера следует создать (в случае отсутствия необходимых) пользовательские директории, после чего в программном обеспечении настроить пути конфигурации к ним.

Для настройки путей конфигурации, в «Панели управления *ZETLAB*» (Рис. *2.4*) необходимо активировать раздел с логотипом *«ZETLAB» (на панели слева)* и в открывшемся окне «Главное меню панели управления» (Рис. *2.6*) активировать панель «Пути конфигурации пользователя».

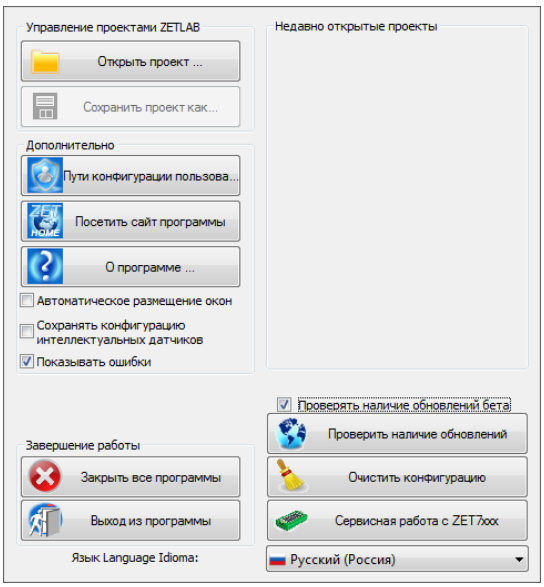


Рис. 2.6 Главное меню панели управления ZETLAB

В открывшемся окне «Настройка путей конфигурации» (Рис. *2.7*) для каждой определяемой пользователем директории последовательно активировать панель «...», соответствующую виду сохраняемых данных (сигналы, сжатые сигналы, результаты обработки, файлы конфигурации) и в открывшемся окне «Выбор директории» назначить требуемый путь конфигурации, после чего активировать «Применить».

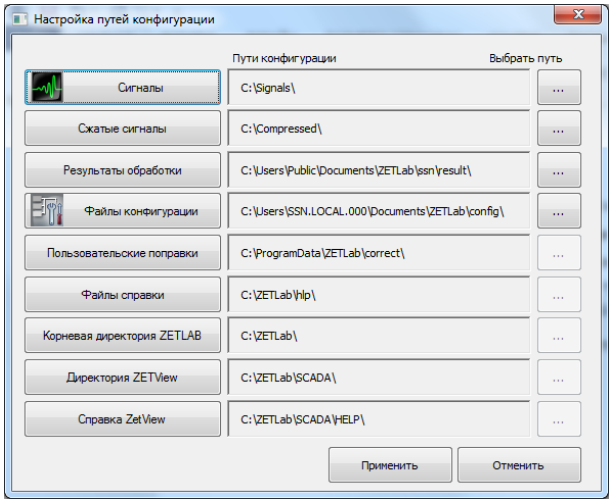


Рис. 2.7 Окно «Настройка путей конфигурации»

2.10 Индикатор состояния подключенных устройств

Индикатор состояния подключенных устройств расположен справа на панели *ZETLAB*.

В зависимости от результатов непрерывной диагностики состояния подключенных аппаратных средств производства ООО «ЭТМС» индикатор может находиться в одном из трех состояний индикации:

- штатный режим;
- предупреждение;
- ошибка.

Индикатор находится в состоянии *Штатный режим* в случае, если программное обеспечение не диагностирует каких-либо нарушений в работе аппаратных средств и конфигурирования настроек программного обеспечения.

В случаях, когда программное обеспечение диагностирует некритичные нарушения в работе одного или несколько устройств либо конфигурации настроек, индикатор переводится в состояние «*Предупреждение*», а в случаях критичных нарушений – в состояние «*Ошибка*».

Для перехода к информации о причинах диагностируемых нарушений необходимо активировать панель с символом индикатора состояние подключенных устройств, при этом откроется соответствующее окно с описанием вида зарегистрированной ошибки (Рис. *2.8*).

Внимание! *Прежде чем продолжить работу с программным обеспечением ZETLAB следует принять меры по устранению причин, приводящих к диагностируемой ошибке.*

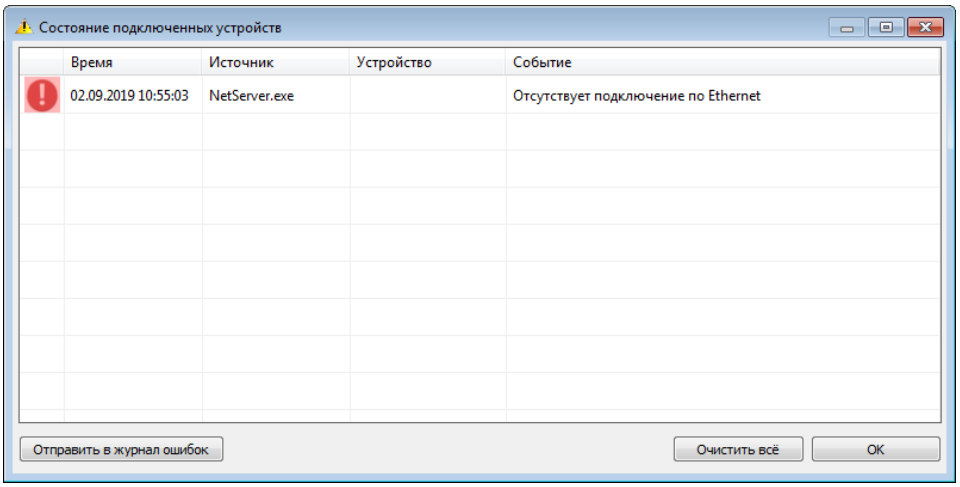


Рис. 2.8 Окно «Состояние подключенных устройств»

Для получения дополнительной информации вызовите правой кнопкой манипулятора «мышь» панель меню (Рис. *2.9*) и активируйте строку «Помощь».

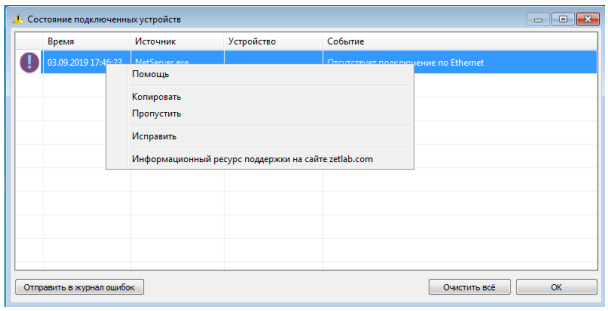


Рис. 2.9 Окно «Состояние подключенных устройств» с панелью меню

В открывшемся справочном окне (Рис. *2.10*) воспользуйтесь информацией о необходимых мерах по устранению диагностируемой ошибки.

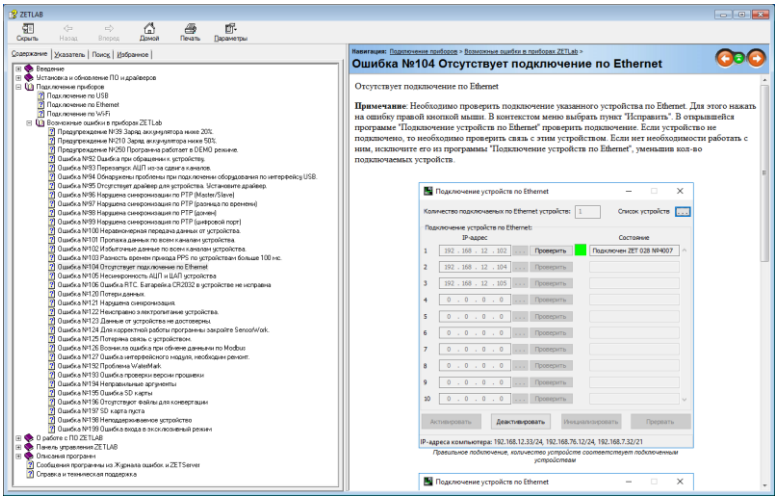


Рис. 2.10 Окно справочной информации

Если причина диагностированного нарушения была связана с периодом настройки или с этапом подключения аппаратуры и в настоящий момент уже устранена, то после активации кнопки «Очистить все» в окне «Состояние подключенных устройств» (Рис. *2.8*) индикатор состояния подключенных устройств перейдет в состояние «*Штатный режим» (*отсутствие ошибок). Если причина возникновения ошибки не была устранена индикатор состояния подключенных устройств вновь начнет индицировать состояние *«Ошибка».*

2.11 Закрытие программ ZETLAB

Для закрытия сразу всех программ, запущенных с помощью панели *ZETLAB* необходимо в окне «Главное меню панели управления» (Рис. *2.6*) активировать кнопку *«Закрыть все программы»* при этом сама панель *ZETLAB* остается активной.

2.12 Закрытие панели управления ZETLAB

Для закрытия панели управления *ZETLAB* необходимо в окне «Главное меню панели управления» (Рис. *2.6*) активировать кнопку *«Выход из программы»* при этом происходит закрытие как самой панели управления *ZETLAB*, так и всех запущенных программ ZETLAB.

3 Подключение контроллера к компьютеру по Ethernet

3.1 Порядок подключения

При первом подключении контроллера необходимо настроить Ethernet порты на компьютере и контроллере таким образом, чтобы значения IP-адресов и масок определяло их отношение к единой подсети. Для этого перенастраивают, либо IP-адрес Ethernet порта контроллера на подсеть порта компьютера, либо IP-адрес Ethernet порта компьютера на подсеть порта контроллера.

Примечание: *при необходимости проверка IP-адреса контроллера выполняется согласно разделу 3.3.*

Настройку IP-адреса Ethernet порта контроллера следует выполнять в соответствии с разделом 3.4.

Настройку IP-адреса Ethernet порта компьютера следует выполнять в соответствии с разделом 3.5.

После того, как IP-адреса Ethernet портов компьютера и контроллера расположены в единой подсети, необходимо, руководствуясь разделом 3.6, выполнить активацию Ethernet канала контроллера, после чего контроллер будет полностью готов к работе.

Примечание: *при использовании одновременно нескольких контроллеров необходимо использовать Ethernet свитч, обеспечивающий необходимое число Ethernet портов для подключения. При этом подключенные Ethernet порты контроллеров и компьютера должны относиться к единой подсети и не иметь при этом одинаковых IP-адресов.*

3.2 Заводская настройка IP-адреса

Заводской настройкой для контроллера является IP-адрес – 192.168.0.100 с маской подсети 255.255.255.0.

Нажатие и удержание не менее 10 секунд кнопки «Reset» на задней панели контроллера приведет к сбросу IP-адреса контроллера к заводской настройке.

3.3 Проверка IP-адреса контроллера

Для проверки IP-адреса контроллера на панели *ZETLAB* в меню «Сетевые программы» активируйте программу «Подключение устройств по Ethernet» при этом откроется окно программы (*Рис. 3.1*).

Рис. 3.1 Окно «Подключение устройств по Ethernet»

Если в компьютере, к которому подключается контроллер, несколько сетевых адаптеров, то через меню «Адаптеры» можно выбрать конкретный сетевой адаптер, к которому подключен контроллер (*Рис. 3.2*).

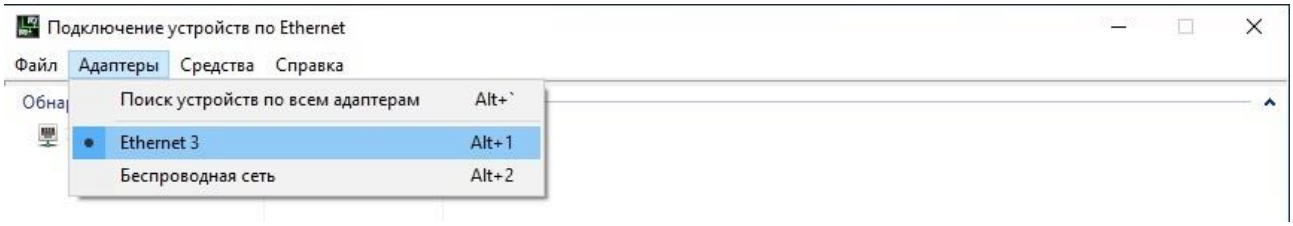


Рис. 3.2 Выбор сетевого адаптера контроллера

Для просмотра текущего IP-адреса контроллера следует навести курсор мышки на наименование контроллера и считать значение IP-адреса контроллера (*Рис. 3.3*).

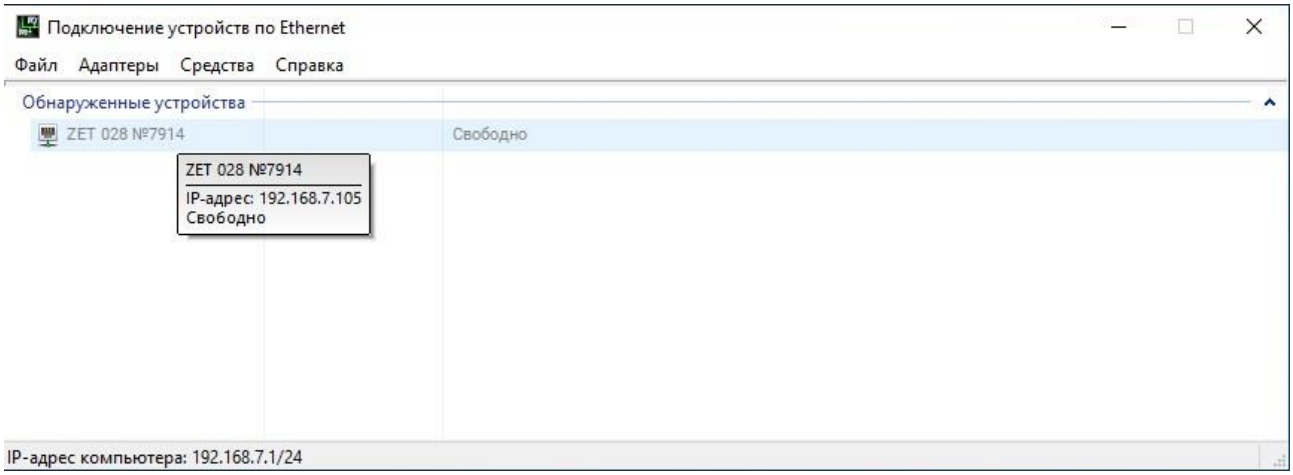


Рис. 3.3 Просмотр IP-адреса контроллера

3.4 Настройка IP адреса контроллера

Для смены IP-адреса контроллера следует щелчком правой клавишей мыши по наименованию контроллера вызвать контекстное меню и выбрать функцию «Сменить IP-адрес» (*Рис. 3.4*).

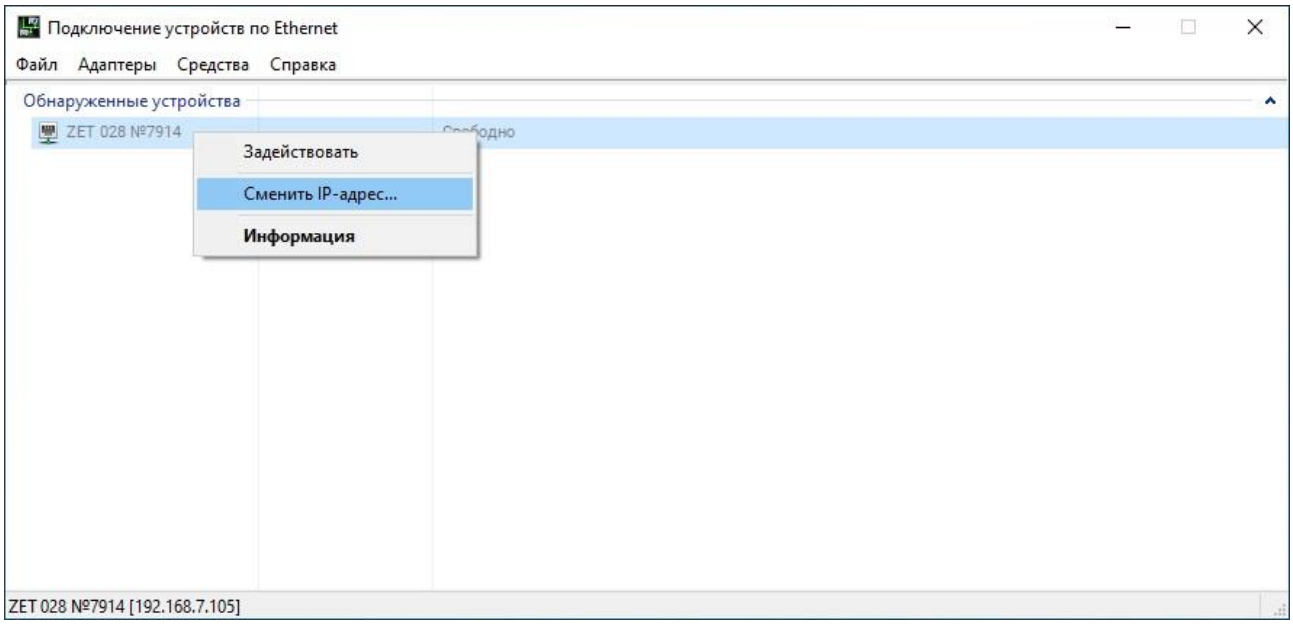


Рис. 3.4 Вызов функции смены IP-адреса контроллера

В открывшемся окне «Сменить IP-адрес» в строке «Новый IP-адрес» установить новый сетевой адрес и маску подсети контроллера, после чего нажать кнопку «Ок» (*Рис. 3.5*).

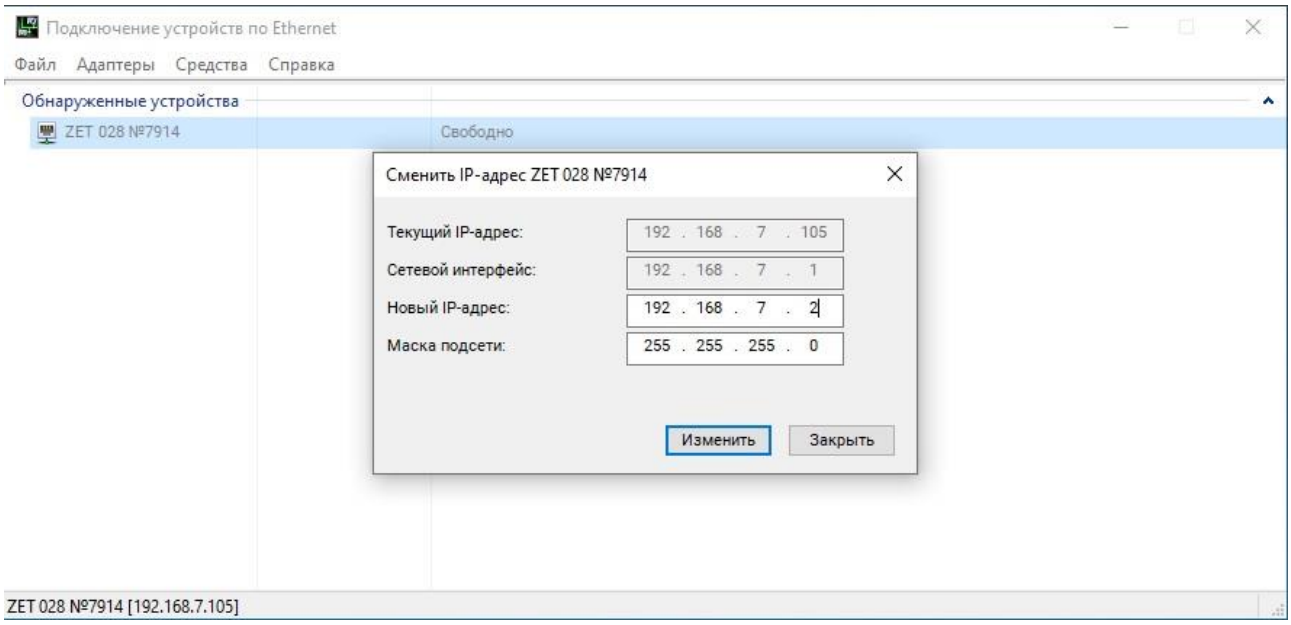


Рис. 3.5 Смена IP-адреса контроллера

3.5 Настройка IP адреса компьютера

Для настройки IP-адреса Ethernet порта компьютера следует открыть окно «Сетевые подключения» из состава программ операционной системы *Windows* (*Рис. 3.6*) и активировать двойным кликом мыши иконку, соответствующую настраиваемому на компьютере сетевому порту Ethernet, при этом откроется окно «Состояние-Ethernet» (*Рис. 3.6*) выбранного порта.

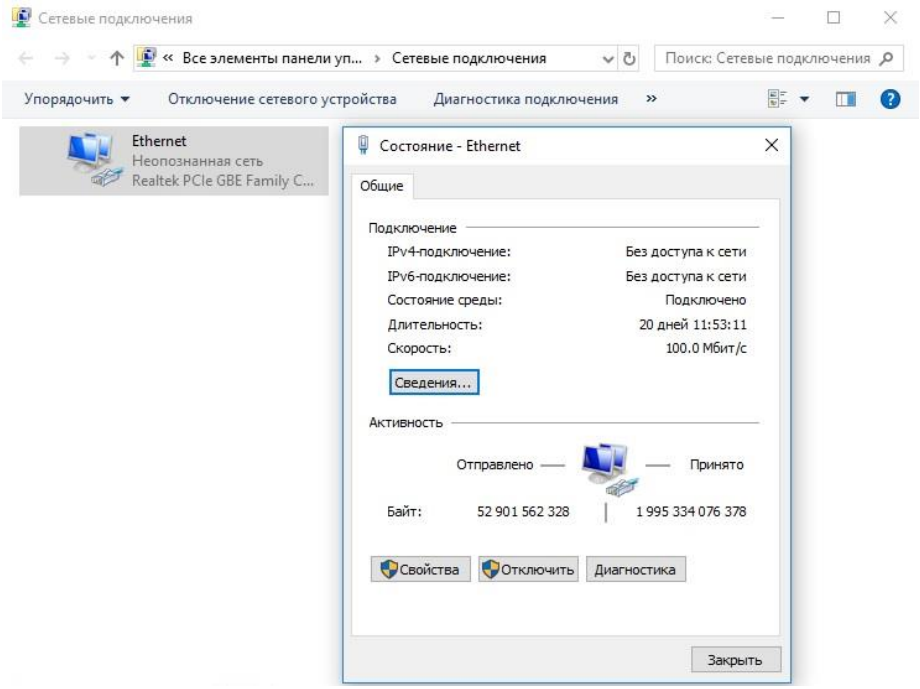


Рис. 3.6 Окно «Состояние Ethernet»

В окне «Состояние-Ethernet» следует активировать панель *«Свойства»* и в открывшемся окне «Ethernet свойства» (*Рис. 3.7*) «выделив» строчку «IP версии 4(TCP/IPv4)» (как показано на рисунке) активировать панель «Свойства».

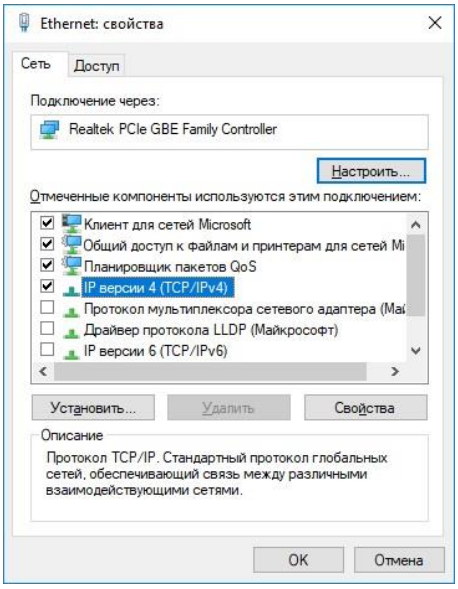


Рис. 3.7 Окно «Свойства»

В открывшемся окне «Свойства: IP версии 4 (TCP/IPv4)» назначить IP-адрес и маску Ethernet порта компьютера.

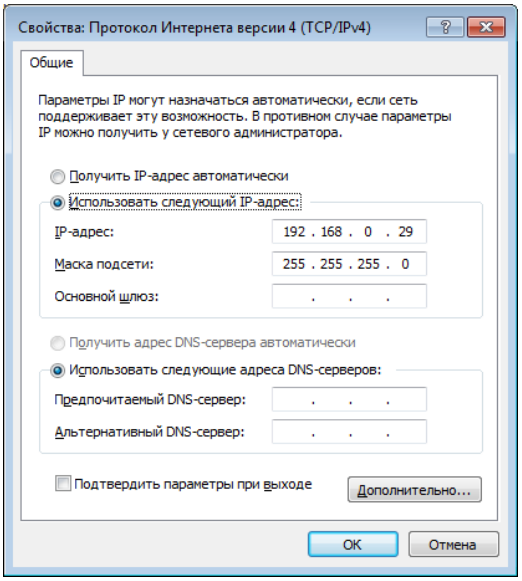


Рис. 3.8 Окно «Свойства: IP версии 4 (TCP/IPv4)»

Примечание: *В контроллерах по умолчанию используется маска «255.255.255.0», определяющая подсеть класса С (в примере адрес сети 192.168.0.xxx, где xxx IP-адреса узлов в диапазоне от 1 до 254 (в данном примере у порта контроллера 100 и у порта компьютера 29).*

3.6 Активация подключения по Ethernet

Для активации подключения по Ethernet каналу необходимо, чтобы IP-адреса Ethernet портов контроллера и компьютера относились к единой подсети. При необходимости перенастройте IP-адрес порта контроллера или компьютера, согласно разделам 3.4 или 3.5.

Для подключения контроллера к компьютеру следует в программе «Подключение устройств по Ethernet» щелчком правой клавишей мыши по наименованию контроллера вызвать контекстное меню и выбрать функцию «Задействовать» (*Рис. 3.9*).

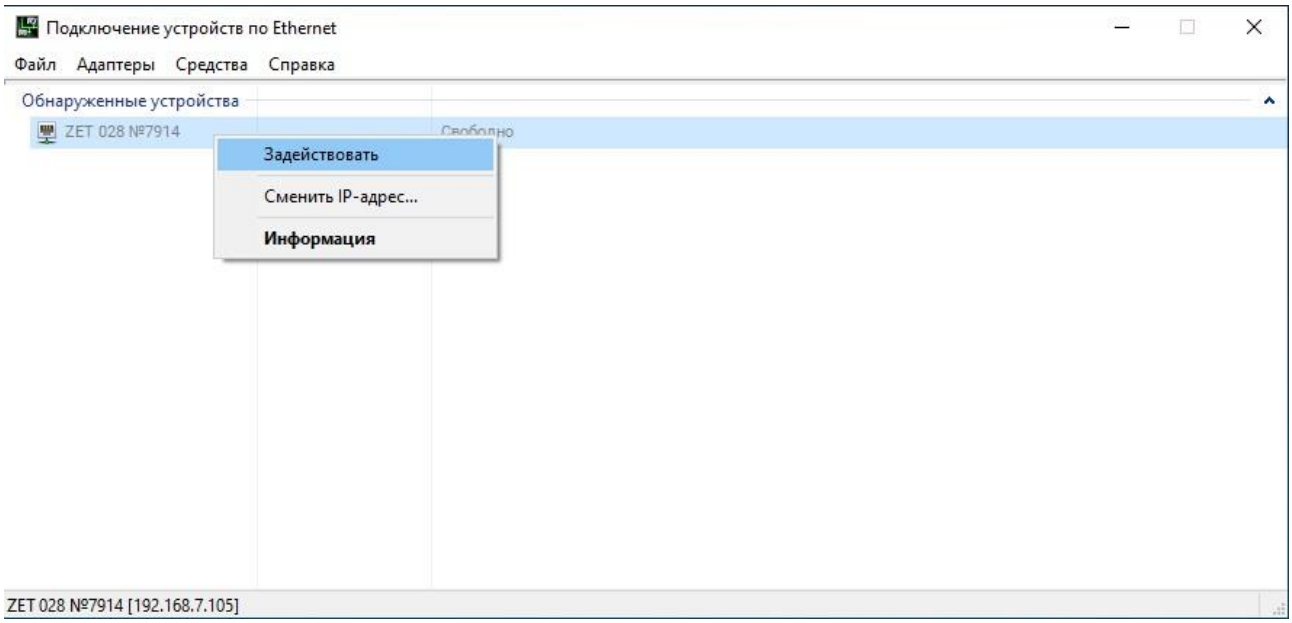


Рис. 3.9 Задействование контроллера

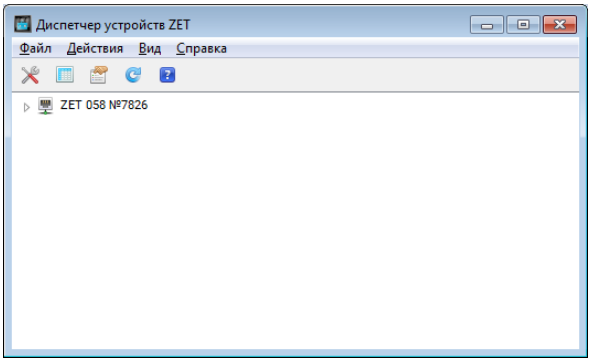
В окне «Подключение устройств по Ethernet» убедиться, что состояние задействованного контроллера изменилось на «Устройство подключено» (*Рис. 3.10*).

Рис. 3.10 Состояние «Устройство подключено»

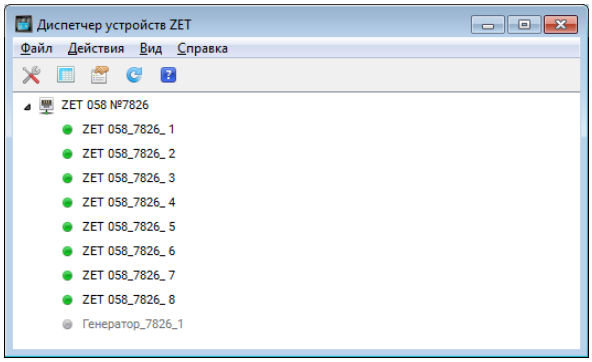
4 Работа с контроллером

4.1 Окно программы «Диспетчер устройств»

Для перехода к программе в разделе «Сервисные», расположенном на панели ZETLAB (*Рис. 2.4*), выбрать программу «Диспетчер устройств» (*Рис. 4.1*).



Список каналов скрыт

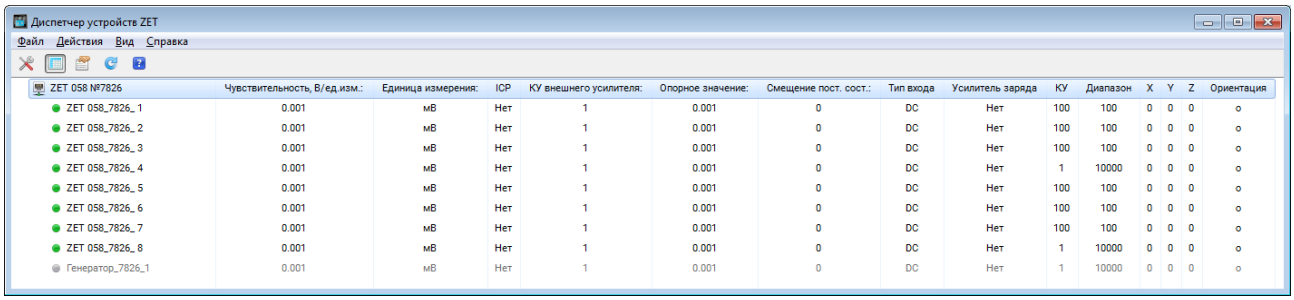


Список каналов раскрыт

Рис. 4.1 Окно программы Диспетчер устройств

Раскрытие и скрытие измерительных каналов из списка выполнять путем активации символов «▷» и «◢» соответственно.

При необходимости можно перевести окно «Диспетчер устройств» в режим подробного просмотра свойств каналов (*Рис. 4.2*), активировав символ «».



ZET 058 №7826	Чувствительность, В/ед.изм.:	Единица измерения:	ICP	КУ внешнего усилителя:	Опорное значение:	Смещение пост. сост.:	Тип входа	Усилитель заряда	КУ	Диапазон	X	Y	Z	Ориентация
ZET 058_7826_ 1	0.001	мВ	Нет	1	0.001	0	DC	Нет	100	100	0	0	0	o
ZET 058_7826_ 2	0.001	мВ	Нет	1	0.001	0	DC	Нет	100	100	0	0	0	o
ZET 058_7826_ 3	0.001	мВ	Нет	1	0.001	0	DC	Нет	100	100	0	0	0	o
ZET 058_7826_ 4	0.001	мВ	Нет	1	0.001	0	DC	Нет	1	10000	0	0	0	o
ZET 058_7826_ 5	0.001	мВ	Нет	1	0.001	0	DC	Нет	100	100	0	0	0	o
ZET 058_7826_ 6	0.001	мВ	Нет	1	0.001	0	DC	Нет	100	100	0	0	0	o
ZET 058_7826_ 7	0.001	мВ	Нет	1	0.001	0	DC	Нет	100	100	0	0	0	o
ZET 058_7826_ 8	0.001	мВ	Нет	1	0.001	0	DC	Нет	1	10000	0	0	0	o
Генератор_7826_1	0.001	мВ	Нет	1	0.001	0	DC	Нет	1	10000	0	0	0	o

Рис. 4.2 Окно программы Диспетчер устройств

4.2 Установка частоты дискретизации

Для установки частоты дискретизации в разделе «Сервисные», расположенном на панели ZETLAB (*Рис. 2.4*), следует выбрать программу «Диспетчер устройств» (*Рис. 4.1*).

Двойным нажатием по идентификатору контроллера в окне программы «Диспетчер устройств» активировать окно «Свойства», в котором выбрать вкладку «Частота дискретизации» (*Рис. 4.3*).

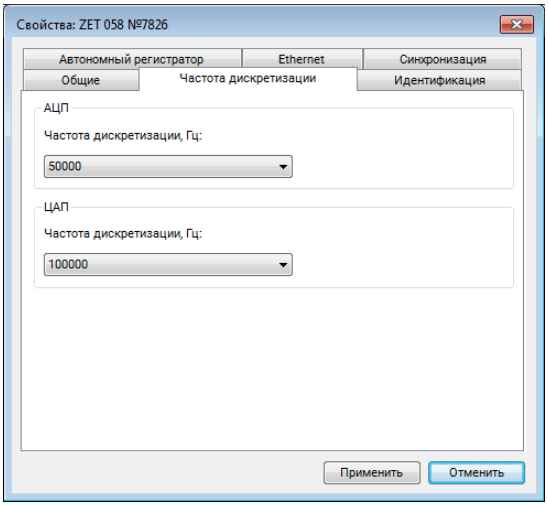


Рис. 4.3 Вкладка «Частота дискретизации» окна Свойства

Установить частоту дискретизации для входов контроллера, для чего в поле «АЦП» активировать указатель на выпадающий список и выбрать из списка требуемое значение частоты дискретизации.

Установить частоту дискретизации для выхода генератора контроллера, для чего в поле «ЦАП» активировать указатель на выпадающий список и выбрать из списка требуемое значение частоты дискретизации.

Для сохранения внесенных изменений активировать кнопку «Применить», для выхода из окна без внесения изменений активировать кнопку «Отменить».

Примечание: *в ½ и ¼ мостовых схемах частотный диапазон измеряемых сигналов составляет 2 кГц при обеспечении точности ±0.5 %, для точности ±10 % - без ограничений.*

4.3 Настройка синхронизации по протоколу PTP[1]

Данная настройка выполняется для тех случаев, когда необходимо обеспечить одновременную синхронную работу для нескольких контроллеров.

В разделе «Сервисные», расположенном на панели ZETLAB (*Рис. 2.4*), выбрать программу «Диспетчер устройств» (*Рис. 4.1*).

Двойным нажатием по идентификатору контроллера в окне программы «Диспетчер устройств» активировать окно «Свойства», в котором выбрать вкладку «Синхронизация» (*Рис. 4.4*).

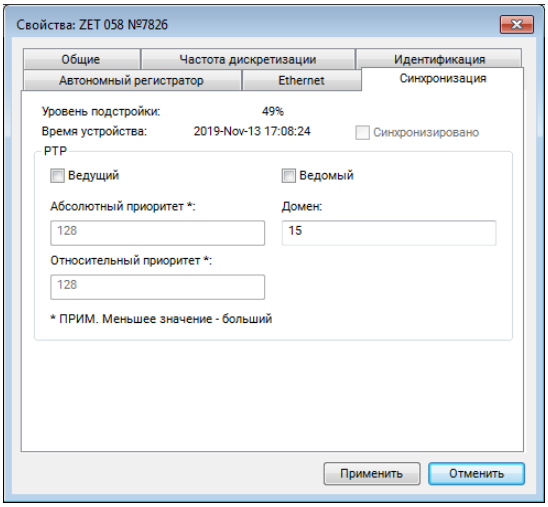


Рис. 4.4 Вкладка «Синхронизация» окна Свойства

Для контроллера, который будет задействован в качестве мастера синхронизации по протоколу PTP установите флаг «Ведущий», а для контроллеров, которые будут подстраиваться под мастера синхронизации, установите флаг «Ведомый».

Примечание: *Источником синхронизации в контроллерах, выбранных в качестве мастеров синхронизации, является встроенный кварцевый генератор.*

В поле «Домен» (допустимое значение от 0 до 127) укажите номер группы для которой (в подсети Ethernet) будет организована синхронизация по протоколу PTP между устройствами. Таким образом можно организовать в подсети Ethernet несколько независимо синхронизируемых групп.

Внимание! *Указывайте в поле «Домен» одинаковые значения для устройств, объединяемых в общую группу синхронизации по протоколу PTP*

В полях «Абсолютный приоритет» и «Относительный приоритет» при необходимости задайте приоритеты (допустимое значение от 0 до 255), которые будут учитываться протоколом PTP в выборе мастера синхронизации при наличии нескольких мастеров.

[1] Синхронизация по PTP обеспечивается для устройств, настроенных для работы в единой подсети Ethernet

4.4 Автономная регистрация[2]

Управления информацией, регистрируемой в режиме автономной работы выполняется через вкладку «Автономный регистратор».

Для перехода к вкладке «Автономный регистратор» в разделе «Сервисные», расположенном на панели ZETLAB (*Рис. 2.4*), необходимо выбрать программу «Диспетчер устройств» (*Рис. 4.1*).

Двойным нажатием по идентификатору устройства в окне программы «Диспетчер устройств» активировать окно «Свойства», в котором выбрать вкладку «Автономный регистратор» (*Рис. 4.5*).

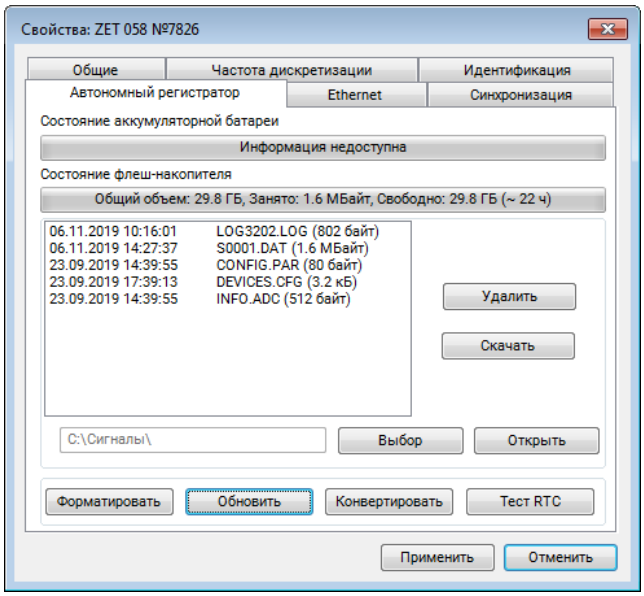


Рис. 4.5 Вкладка Автономный регистратор окна Свойства

Кнопка «Удалить» предназначена для выборочного удаления файлов из карты памяти. Для удаления файла следует выделить его в списке, после чего активировать кнопку «Удалить».

Внимание! *Своевременно удаляйте файлы из энергонезависимой памяти (SD) контроллера для обеспечения достаточной длительности автономной регистрации.*

Примечание: *При каждом сеансе автономной записи сигналы записываются в файлы с размером, не превышающим 128 МБ, при этом количество созданных в процессе сеанса автономной регистрации файлов определяется длительностью проведения автономной регистрации, а также частотой преобразования АЦП и количеством одновременно регистрируемых (включенных) каналов контроллера.*

Кнопка «Скачать» предназначена для выборочного скачивания текстовых («*.log») файлов из карты памяти.

[2] Данная опция доступна только для контроллеров, оснащенных энергонезависимой памятью SD, а также имеющих лицензию «Энергонезависимая память SD»

Кнопка «Выбор» предназначена для выбора директории[3] сохранения скачиваемых файлов, а кнопка «Открыть» для перехода к директории.

Кнопка «Форматировать» предназначена для форматирования карты памяти.

Кнопка «Обновить» позволяет обновлять список зарегистрированных файлов не выходя из вкладки «Автономный регистратор».

Кнопка «Конвертировать» активирует программу конвертирования и сохранения в памяти[4] (на жесткий диск) компьютера зарегистрированных сигналов.

Кнопка «Тест RTC» проверяет исправность встроенной батареи.

Внимание! *В случае неуспешного прохождения теста RTC, контроллер необходимо отправить на предприятие изготовитель для замены баратеи*

[3] Только для скачивания файлов с расширением «*.log»
[4] Директории для сохранения определяются в соответствии с разделом 2.9

4.5 Проверка доступного объема памяти и времени регистрации

Для проверки доступного объема памяти и времени регистрации в разделе «Сервисные», расположенном на панели ZETLAB (*Рис. 2.4*), выбрать программу «Диспетчер устройств» (*Рис. 4.1*).

Двойным нажатием по идентификатору устройства в окне программы «Диспетчер устройств» активировать окно «Свойства», в котором выбрать вкладку «Общие» (*Рис. 4.5*).

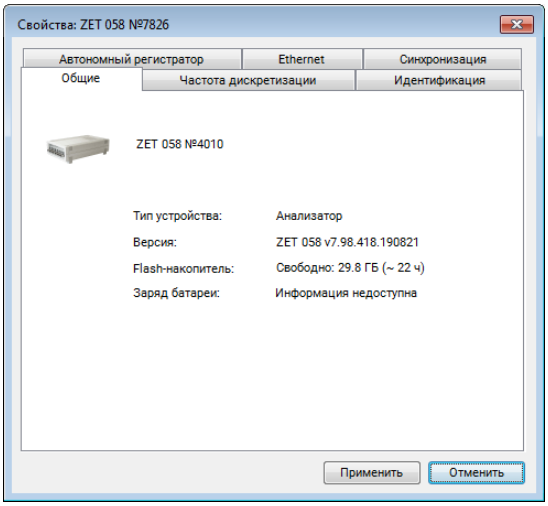


Рис. 4.6 Вкладка Общие окна Свойства

В строках «Автономная регистрация» приведены доступные объем и время непрерывной записи для автономного режима, а в строке «Компьютер. Диск x:» - для стационарного режима.

Примечание: *Время записи определяется объемом доступной памяти и объемом регистрируемой в единицу времени информации, который в свою очередь зависит от частоты дискретизации, а также количества включенных (регистрируемых) измерительных каналов.*

4.6 Настройка измерительных каналов

4.6.1 Включение и отключение измерительных каналов

Для включения и отключения измерительных каналов в разделе «Сервисные», расположенном на панели ZETLAB (*Рис. 2.4*), выбрать программу «Диспетчер устройств» (*Рис. 4.1*) и раскрыть список измерительных каналов.

Символ ● зеленого цвета перед названием измерительно канала означает, что выбрана схема подключения «Мост», символ ● синего цвета означает что выбрана схема подключения «Полумост» или «Четвертьмост», а символ ● серого цвета - отключенное состояние измерительного канала.

Для отключения измерительного канала следует выделить идентификатор включенного измерительного канала, после чего, нажав правую кнопку манипулятора «мышь», открыть выпадающее окно (*Рис. 4.7*), в котором активировать поле «Отключить»[5].

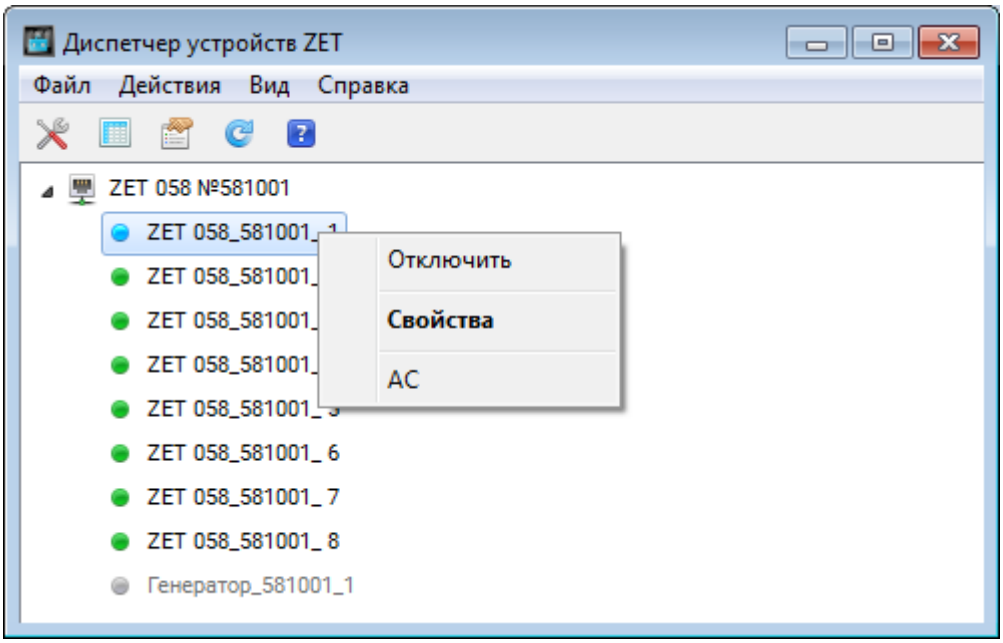


Рис. 4.7 Окно Диспетчер устройств с выпадающим окном по выделенному измерительному каналу

Включения измерительного канала выполняется аналогично отключению, но при включении необходимо выделить идентификатор отключенного канала и в выпадающем окне (*Рис. 4.7*) активировать поле «Включить».

[5] Включение и выключение измерительного канала может быть также выполнено установкой и снятием флажка в поле «Состояние» окна «Свойство» (*Рис. 4.8*)

4.6.2 Окно «Свойства»

В разделе «Сервисные», расположенном на панели ZETLAB, выбрать программу «Диспетчер устройств» (*Рис. 4.1*) и раскрыть список измерительных каналов.

Для открытия окна «Свойства» (*Рис. 4.8*) выделить идентификатор измерительного канала после чего, нажав правую кнопку манипулятора «мышь», открыть выпадающее окно (*Рис. 4.7*), в котором активировать поле «Свойства»[6].

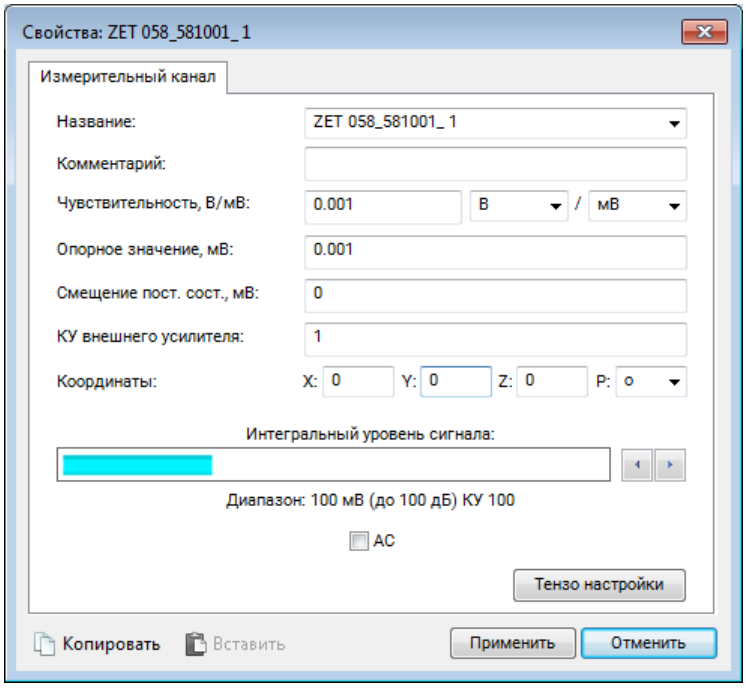


Рис. 4.8 Окно Свойства

Примечание: *Параметры измерительных каналов настраиваются индивидуально для каждого измерительного канала*

<u>Внимание!</u> *Настройки параметров измерительных каналов сохраняются в памяти контроллера. При первом подключении контроллера к компьютеру, параметры измерительных каналов определяются заводскими (инициализирующими) настройками*

[6] Альтернативным способом открытия окна «Свойства» является активация двойным кликом идентификатора включенного измерительного канала

4.6.3 Назначение имени измерительному каналу

Контроллер ZET 058 является универсальным измерительным устройством и позволяет подключать к своим входам датчики различных типов, измеряющие различные физические величины, что вызывает необходимость в идентификации измерительных каналов.

Примечание: *назначение измерительным каналам уникальных имен, характеризующих в том числе типы первичных преобразователей обеспечивает удобство идентификации измерительных каналов при проведении последующих измерений с использованием программного обеспечения ZETLAB*

Для назначения имени измерительному каналу следует перейти к окну «Свойства» (см. раздел 4.6.2).

Если к измерительному каналу контроллера подключается датчик, информация о котором уже добавлена в базу данных, следует перейти в поле «Название» и, активировав указатель на выпадающий список (*Рис. 4.9*), выбрать из списка тип подключаемого датчика, при этом поля параметров окна «Свойства» будут автоматически заполнены.

Внимание! *При выборе типа подключаемого датчика из списка «Название», в поле «Чувствительность» устанавливается среднее значение для данного типа датчиков. Следует в вручную откорректировать значение в поле «Чувствительность» так, чтобы оно соответствовало значению, указанному в паспорте или в свидетельстве о поверке на датчик.*

При желании измените (путем ввода с клавиатуры) название измерительного канала на удобное вам.

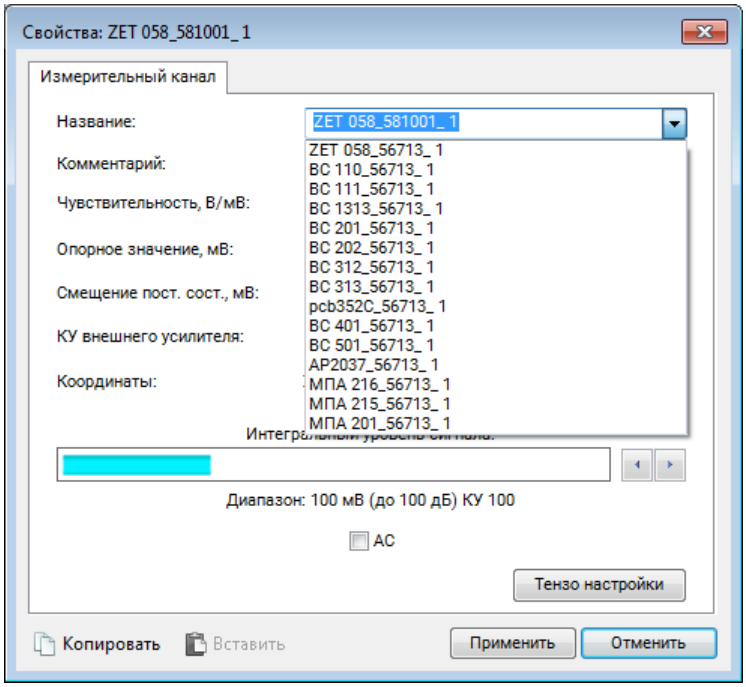


Рис. 4.9 Окно «Свойства» со списком датчиков из базы данных

Внимание! *Программное обеспечение ZETLAB допускает назначение одинаковых имен измерительным каналам, однако их дальнейшая идентификация при работе с программным обеспечением становится затруднительной.*

В случае если к измерительному каналу контроллера подключается датчик, тип которого отсутствует в выпадающем списке, необходимо с клавиатуры ввести требуемое имя измерительного канала.

Внимание! *В случае, когда необходим доступ к произвольной настройке для всех параметров в окне «Свойства» в поле «Название» выбирайте из списка верхнюю строку с идентификатором «ZET xxxxx» (Рис. 4.9).*

Для сохранения изменений в окне «Свойства» следует активировать кнопку «Применить».

4.6.4 Установка чувствительности

Чувствительность измерительного канала определяет привязку регистрируемых значений к абсолютным (аттестованным) величинам с учетом единиц измерения.

Для установки чувствительности измерительного канала следует перейти к окну «Свойства» (см. раздел 4.6.2).

Используя клавиатуру в поле «Чувствительность» окна «Свойства» (*Рис. 4.8*) установите необходимое значение чувствительности для измерительного канала.

При подключении датчиков к измерительному каналу устройства в качестве значения чувствительности, как правило, устанавливается значение чувствительности датчика.

Примечание: *для получения сведений о значениях чувствительности, подключаемых датчиков, обращайтесь к информации, приведенной в паспортах, либо свидетельствах о поверке.*

Примечание: *правила расчета чувствительности при подключении тензорезистивных схем приводятся в примерах приложения А*

Для сохранения изменений в окне «Свойства» следует активировать кнопку «Применить».

4.6.5 Установка единиц измерения

Контроллер ZET 058 позволяет подключать к своим входам датчики различных типов, измеряющие различные физические величины, что вызывает необходимость установки корректных единицы измерения для измерительного канала.

Для установки единиц измерения на измерительном канале следует перейти к окну «Свойства» (см. раздел 4.6.2).

Наиболее часто используемые единицы измерения можно выбрать из выпадающего списка (*Рис. 4.10*), активировав символ напротив параметра «Чувствительность», либо прописать вручную с клавиатуры необходимую единицу измерения.

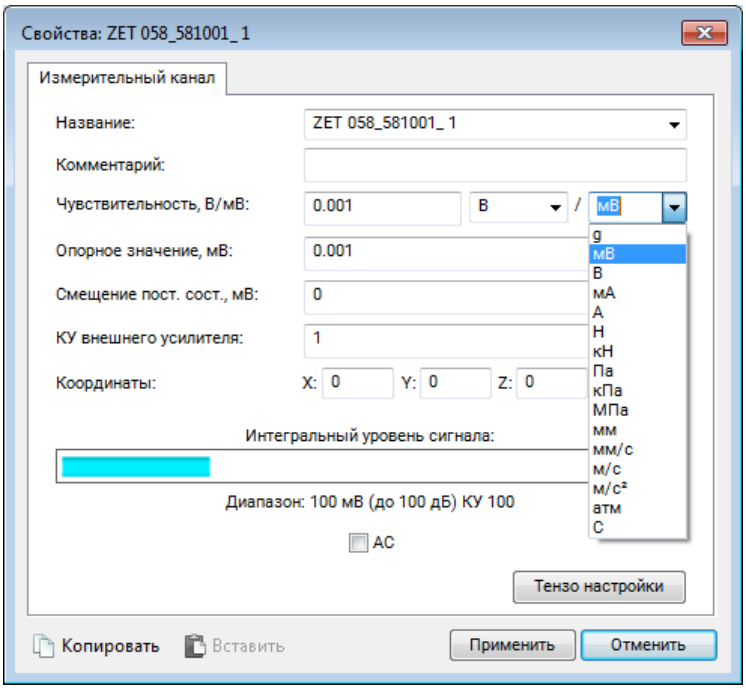


Рис. 4.10 Окно Свойства со списком единиц изменения

Примечание: *при необходимости уточнения единиц измерения обращайтесь к информации, приведенной в паспорте на подключаемый датчик.*

Для сохранения изменений в окне «Свойства» следует активировать кнопку «Применить».

4.6.6 Установка опорного значения

Опорное значение используется для пересчета регистрируемых в измерительном канале значений к шкале дБ.

Для установки опорного значения измерительного канала следует перейти к окну «Свойства» (см. раздел 4.6.2).

Используя клавиатуру в поле «Опорное значение» окна «Свойства» (*Рис. 4.8*), установить необходимое опорное значение для измерительного канала.

Для сохранения изменения в окне «Свойства» следует активировать кнопку «Применить».

Примечание: *при выборе единиц измерения из выпадающего списка соответствующее опорное значение будет установлено автоматически.*

4.6.7 Установка смещения постоянной составляющей

При необходимости смещения постоянной составляющей измерительного канала следует перейти к окну «Свойства» (см. раздел 4.6.2).

Используя клавиатуру в поле «Смещение пост. сост.» окна «Свойства» (*Рис. 4.8*), установить необходимое значение смещения для измерительного канала.

Для сохранения изменения в окне «Свойства» следует активировать кнопку «Применить».

4.6.8 Установка коэффициента усиления внешнего усилителя

При подключении датчиков с применением согласующих усилителей их коэффициенты усиления должны быть учтены.

Для учета коэффициента усиления внешнего усилителя следует перейти к окну «Свойства» (см. раздел 4.6.2).

Используя клавиатуру в поле «КУ внешнего усилителя» окна «Свойства» (*Рис. 4.8*) установить значения коэффициента усиления внешнего усилителя.

Примечание: *при отсутствии внешних усилителей в поле «КУ внешнего усилителя» устанавливается значение «1»*

Для сохранения изменений в окне «Свойства» следует активировать кнопку «Применить».

4.6.9 *Индикатор интегрального уровня и установка коэффициента усиления*

Индикатор интегрального уровня сигнала окна «Свойства» (Рис. 4.8) позволяет оценить регистрируемый уровень сигнала по измерительному каналу (*Рис. 4.11*). Чем более закрашена шкала индикатора (окрашивается слева-направо) тем выше уровень регистрируемых значений сигнала по измерительному каналу.

Внимание! *Следует избегать полного окрашивания шкалы индикатора (Рис. 4.11), что означает перегрузку измерительного канала, следствием которой является возникновение нелинейных искажений сигнала, приводящих к недостоверным результатам измерений.*

Рабочий диапазон *Перегрузка*

Рис. 4.11 Индикатор интегрального уровня сигнала

В контроллере индивидуально для каждого измерительного канала могут быть установлены следующие значения коэффициентов усиления: 1; 10; 100.

При необходимости, используя символы в поле «Интегральный уровень сигнала», установите требуемый уровень усиления.

Примечание: *В случае регистрируемой перегрузки на измерительном канале следует уменьшить коэффициент усиления, в случае регистрации малого уровня сигнала – увеличить.*

Для сохранения изменений в окне «Свойства» следует активировать кнопку «Применить».

4.6.10 *Установка режима работы измерительного канала*

Параметры «Схема подключения» и «АС» в окне «Свойства» (*Рис. 4.8*) используются для назначения измерительному каналу соответствующего режима работы.

Параметр «Схема подключения» содержит несколько вариантов значений – «Мост», «Полумост», «Четвертьмост», которые устанавливаются в соответствии со схемой подключения первичного преобразователя к измерительному каналу контроллера.

Активация параметра «АС» для всех режимов работы накладывает на регистрируемый с измерительного канала сигнал фильтр верхних частот для исключения из сигнала постоянной составляющей.

Примечание: *Наложение фильтра производится на программном уровне.*

4.6.11 Балансировка тензодатчиков в меню «Тензо настройки»

Для балансировки подключенного к измерительному каналу контроллера тензодатчика следует из окна «Свойства» (*Рис. 4.8*) отрыть меню «Тензо настройки» (*Рис. 4.12*).

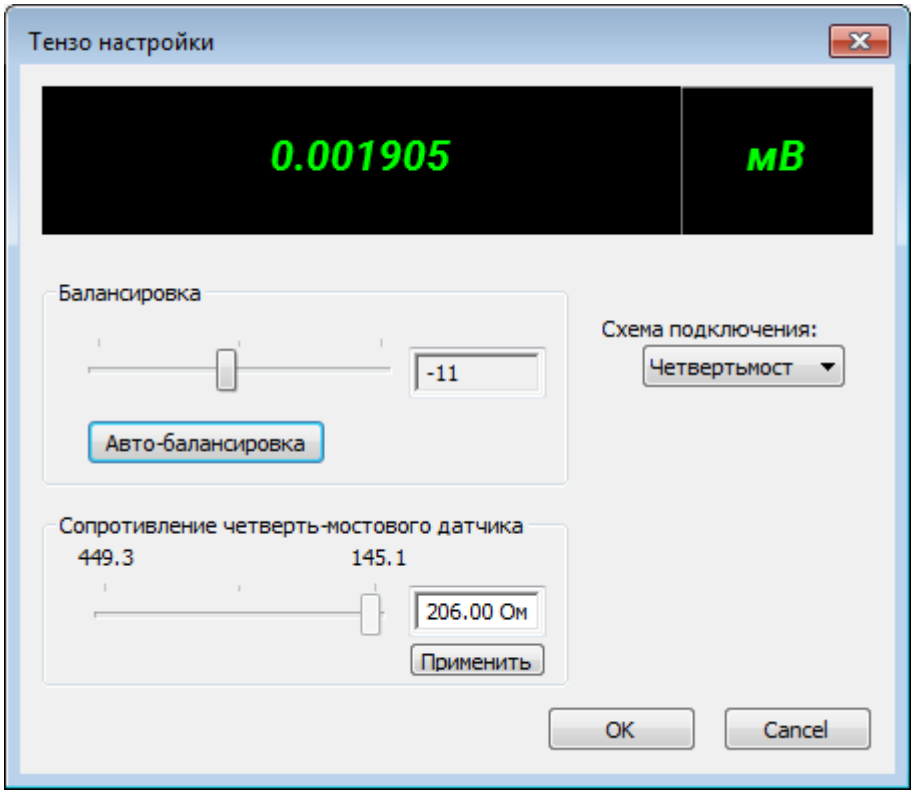


Рис. 4.12 Окно «Тензо настройки»

Из всплывающего списка «Схема подключения» следует выбрать соответствующую схему подключения тензодатчика:

- Мост;
- Полумост;
- Четвертьмост.

Примечание: *в случае выбора схемы подключения «Четвертьмост» необходимо в поле «Сопротивление четверть-мостового датчика» установить значение сопротивления, подключенного тензодатчика (согласно паспортным данным) и нажать кнопку «Применить».*

Для балансировки тензодатчика необходимо нажать кнопку «Авто-балансировка» и дождаться окончания процесса балансировки, после чего следует применить изменения нажав кнопку «Ок».

Примечание: *при смене величины или знака питающего напряжения необходимо производить авто-балансировку.*

4.6.12 Включение питания первичных преобразователей

Контроллеры ZET 058 обеспечивают питание первичных преобразователей как постоянным, так и переменным напряжением, за счёт чего могут использоваться для сбора и обработки сигналов при статических или динамических измерениях.

Для включения питания первичного преобразователя необходимо из программы «Диспетчер устройств ZET» открыть окно «Свойства» канала генератора (*Рис. 4.13*).

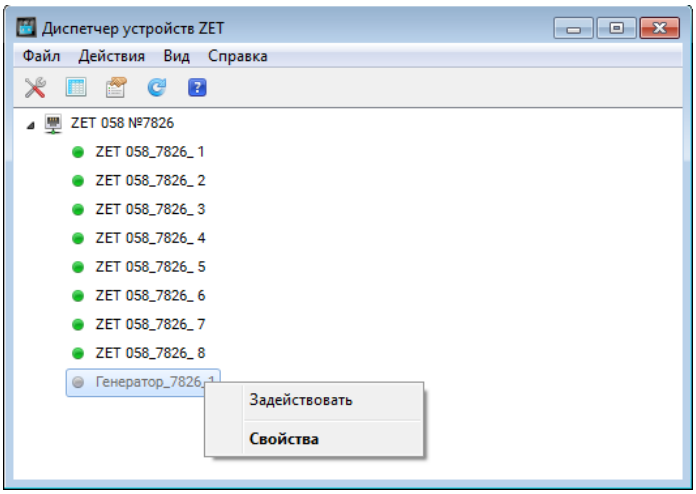


Рис. 4.13 Окно Диспетчер устройств с выпадающим окном по выделенному каналу генератор

В открывшемся окне «Свойства» перейти на вкладку «Синус» и установить соответствующие параметры питания первичного преобразователя (*Рис. 4.14*).

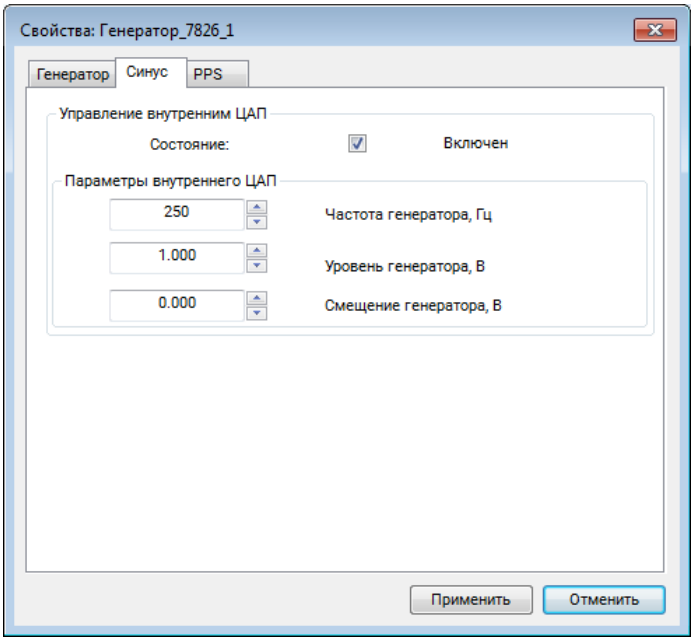


Рис. 4.14 Вкладка «Синус» канала генератора

Внимание! *Запрещается использовать переменное напряжение для питания ¼ мостовой схемы.*

Внимание! *значение тока, протекающего через тензорезистор, не должно превышать 10 мА. Например для тензорезистора 100 Ом значение смещения генератора не должно превышать 1 В.*

Перейти на вкладку «Генератор» и установить для параметра «Состояние» значение «Включено» (*Рис. 4.15*). После чего нажать кнопку «Применить».

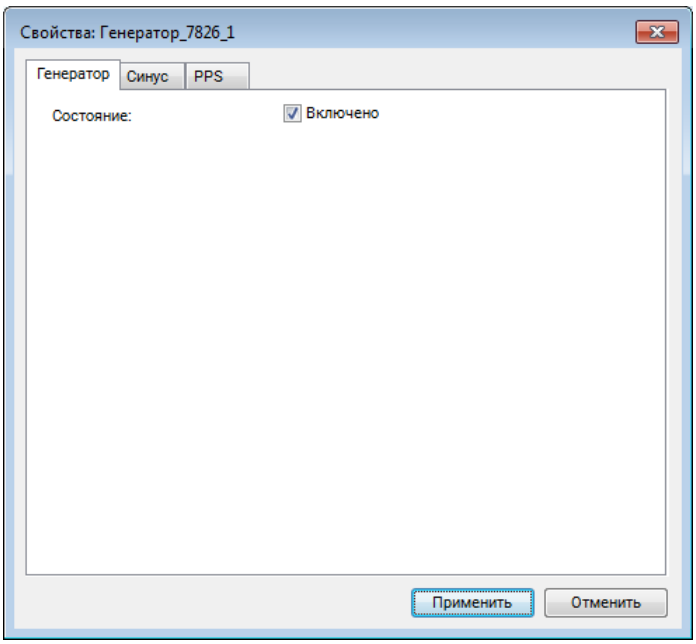


Рис. 4.15 Вкладка «Генератор» канала генератора

После включения питания первичных преобразователей в программе «Диспетчер устройств ZET», символ перед названием канала генератор должен изменить цвет на синий (*Рис. 4.16*).

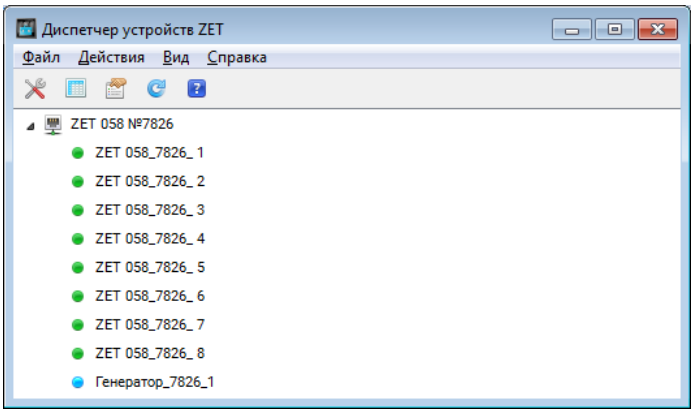


Рис. 4.16 Программа «Диспетчер устройств»

4.7 Работа в стационарном режиме регистрации

Подключить контроллер к компьютеру согласно разделу 3.6 и настроить (см. раздел 4.6) измерительные каналы контроллера в соответствии с типами подключаемых датчиков (первичных преобразователей).

Проверить доступное время регистрации согласно разделу 4.5.

Подключить ко входам контроллера датчики (первичные преобразователи), либо иные источники регистрируемых сигналов.

Включать и выключать регистрацию (запись) сигналов можно либо аппаратным запуском (кнопкой «Запуска/Остановки записи» с панели контроллера), либо программным запуском (с использованием программы «Запись сигналов»).

При аппаратном запуске регистрации перевести кнопку «Запуска/Остановки записи» (*поз.2 Рис. 1.2*) в положение «Нажата», при этом на компьютере будет запущена программа «Запись сигналов» (*Рис. 4.17*), которая начинает производить запись регистрируемых сигналов. Остановку записи выполнить повторным нажатием на кнопку «Запуска/Остановки записи» для перевода ее в положение «Отжата».

<u>Внимание!</u> *В случае если на диске компьютера недостаточно объема памяти для сохранения регистрируемых данных по времени не менее, чем в течении трех часов, то в окне программы будет выведено сообщение «Свободного места на диске не достаточно для записи» (Рис. 4.18), и запись сигналов не будет производиться.*

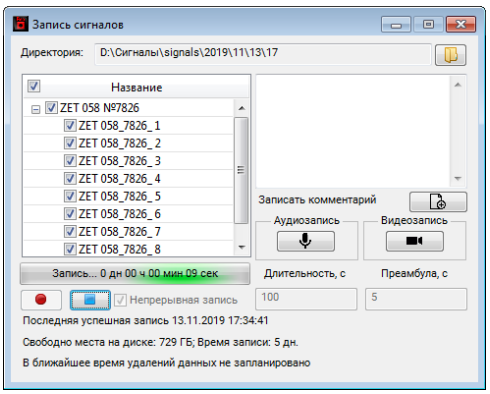


Рис. 4.17 Окно программы «Запись сигнала» при аппаратном запуске (с панели контроллера)

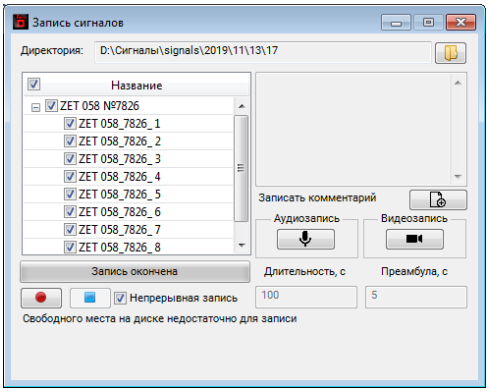


Рис. 4.18 Окно программы «Запись сигнала» при недостаточном объеме свободной памяти

При программном запуске следует выбрать программу «Запись сигналов» из меню «Регистрация» панели управления ZETLAB.

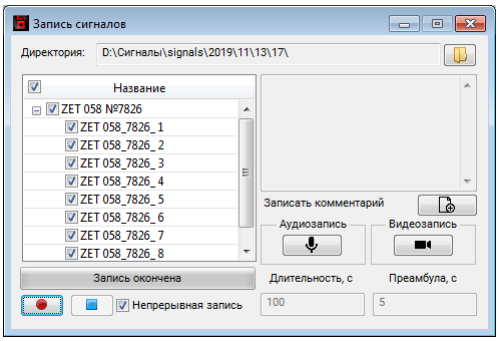


Рис. 4.19 Окно программы Запись сигнала

Активировать (если не активирован) параметр «Непрерывная запись».

Начать запись путем нажатия на кнопку .

Для завершения записи нажать на кнопку .

Примечание: *Пути к директориям компьютера, которые будут использованы для сохранения сигналов и сжатых сигналов, определяются программой «Настройка путей конфигурации» (см. раздел 2.9).*

4.8 Контроль и обработка регистрируемых сигналов

Для визуализации регистрируемых сигналов следует открыть программу «Многоканальный осциллограф» и выбрать измерительный канал тензостанции к которому подключен тензорезистор либо тензодатчик. В окне программы «Многоканальный осциллограф» отобразится график по выбранному измерительному каналу (*Рис. 4.20*).

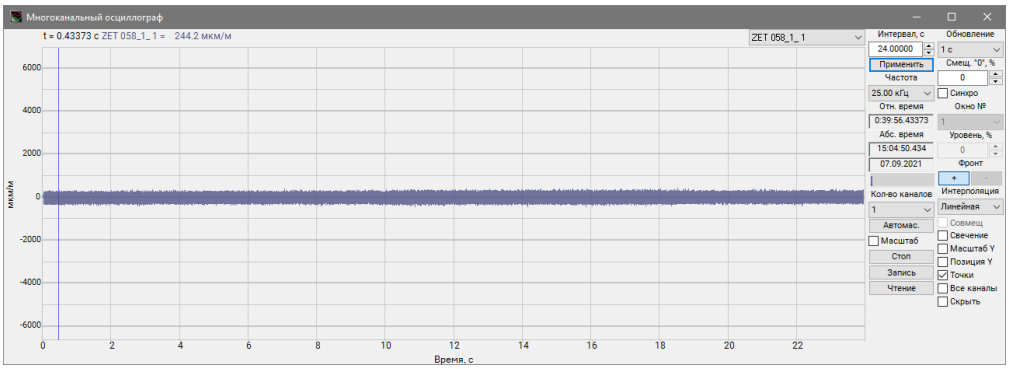


Рис. 4.20 Окно программы «Многоканальный осциллограф»

При приложении усилия деформации (растяжения/сжатие) к тензорезистору (тензодатчику) на графике осциллографа отобразятся соответствующие изменения – в форме «ступеньки» соответствующей зарегистрированной величине деформации (*Рис. 4.21*).

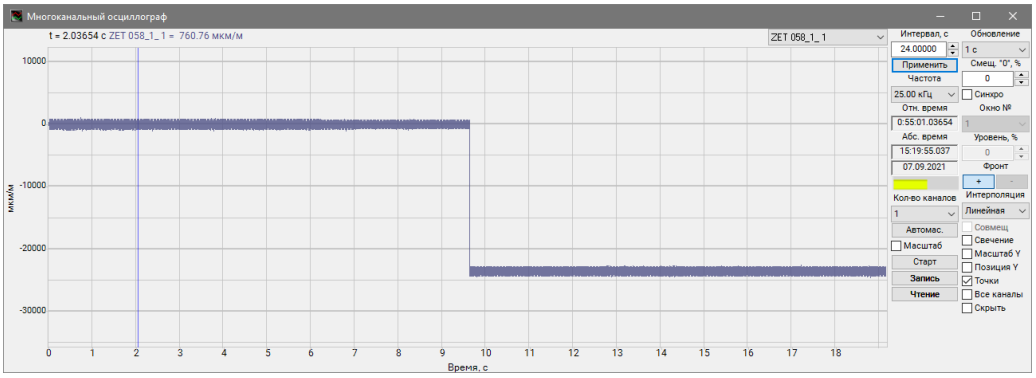


Рис. 4.21 Поведение графика при деформации

Для регистрации, анализа и обработки временных реализаций регистрируемых и зарегистрированных сигналов воспользуйтесь следующими программами из состава ПО ZETLAB:

1. «Вольтметр постоянного тока» (панель ZETLAB, раздел «Измерение»);
2. «Многоканальный осциллограф» (панель ZETLAB, раздел «Отображение»);
3. «Запись сигналов» (панель ZETLAB, раздел «Регистрация»);
4. «Воспроизведение сигналов» (панель ZETLAB, раздел «Регистрация»);
5. «Просмотр трендов» (панель ZETLAB, раздел «Отображение»);
6. «Узкополосный спектр» (панель ZETLAB, раздел «Анализ сигналов»);

Примечание: *для доступа к справочной информации находясь в окне соответствующей программы активируйте клавишу <F1>.*

4.9 Работа в автономном режиме регистрации

Установить (если не установлена) карту памяти SecureDigital (SD) в слот, расположенный на задней панели контроллера.

При необходимости подключить контроллер к компьютеру согласно разделу 3.6 для настройки (см. раздел 4.6) измерительных каналов контроллера в соответствии с типами подключаемых датчиков (первичных преобразователей), а также для проверки доступного объема карты памяти и доступного времени автономной регистрации (см. раздел 4.5).

Установить контроллер на месте проведения автономной записи.

Подключить датчики (первичные преобразователи) ко входам контроллера.

Подать питание на контроллер по одному из приведенных вариантов:

- от сети переменного тока 220 В с использованием блока питания входящего в комплект поставки;
- от 12В аккумулятора с использованием кабеля с распаянным разъемом Mini-XLR 92M-502(3P) в соответствии с информацией, приведенной в разделе 1.5.2.

На задней панели контроллера перевести кнопку «Включения/Отключения» (*поз.8 Рис. 1.3*) в положение «Включено» (кнопка «Нажата»). При этом на передней панели должен загореться зеленым цветом индикаторы: состояния работы (*поз.3 Рис. 1.2*), а также индикатор первого измерительного канала, что означает о готовности контроллера к работе.

Для начала записи следует перевести кнопку «Запуска/Остановки записи» (*поз.2 Рис. 1.2*) в положение «Включено» (кнопка утоплена), при этом индикатор режима работы начинает мигать синим цветом с периодичностью 1 секунда, информируя о проведении записи сигналов.

Для остановки записи следует повторно нажать на кнопку «Запуска/Остановки записи», переведя ее в положение «Отключено» (кнопка отжата).

После проведения необходимых сеансов автономной записи следует выключить контроллер и отключить первичные преобразователи от входов контроллера.

Внимание! *Не отключайте питание контроллера в процессе проведения автономной записи - это может привести к потере зарегистрированной информации.*

Для дальнейшей работы с зарегистрированными в автономном режиме сигналами следует произвести подключение контроллера к компьютеру согласно разделу 3.6. И выполнить копирование данных на диск компьютера согласно разделу 4.10.

Примечание. *Для просмотра зарегистрированных сигналов следует воспользоваться программой “Просмотр исторических данных” (Просмотр трендов) из состава ПО ZETLAB (см. Программное обеспечение ZETLAB. Руководство оператора.*

4.10 Копирование и конвертирование данных

Зарегистрированные сигналы в памяти контроллера при работе в автономном режиме имеют формат, требующий последующего конвертирования, которое производится одновременно с копированием в память компьютера.

Примечание: *при конвертировании создаются сигналы и сжатые сигналы, которые сохраняются на компьютере в директориях, пути к которым определяются программой «Настройка путей конфигурации» (см. раздел 2.9).*

Для копирования и конвертирования данных из памяти контроллера в память компьютера во вкладке «Автономный регистратор» окна «Свойства» (*Рис. 4.5*) активировать кнопку «Конвертировать», при этом откроется окно «Закрытие остальных программ» с выбором дальнейших действий (*Рис. 4.22*).

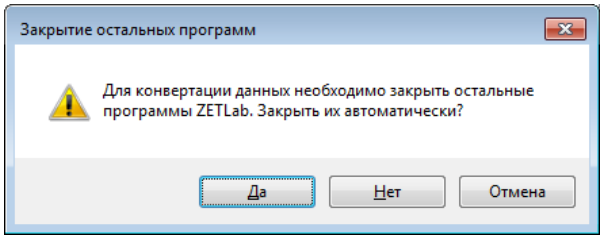


Рис. 4.22 Окно «Закрытие остальных программ»

Активировать кнопку «Да», при этом закроются открытые программы ZETLAB, и откроется окно программы сохранения и конвертации файлов из встроенной памяти регистратора в память компьютера (*Рис. 4.23*).

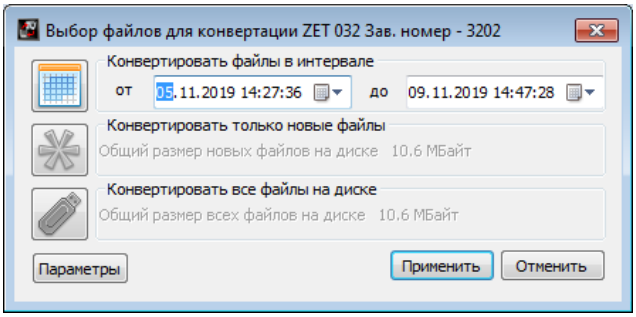


Рис. 4.23 Окно программы «Выбор файлов для конвертации»

Выбрать требуемый временной диапазон, после чего активировать кнопку «Применить», при этом начнется сохранение и конвертация файлов в директории на диск компьютера.

В случае активации кнопки «Отменить» в окне «Выбор файлов для конвертации» (*Рис. 4.23*), соответствующее окно будет закрыто, и копирование данных производиться не будет.

Внимание! *Досрочное прерывание процесса копирования и конвертации файлов может привести к необходимости перезагрузки компьютера и регистратора.*

5 Возможные неисправности и способы их устранения

При работе с операционной системой или программным обеспечением ZETLAB могут возникнуть сбои, информацию о которых операционная система или ZETLAB выдает на экран монитора. Такие сбои устраняются самим пользователем в соответствии с инструкциями, которые выдаются на экран монитора (см. раздел 2.10).

Если при правильном выполнении всех действий пользователем сообщение о сбоях продолжает появляться, следует переустановить операционную систему или программное обеспечение ZETLAB, воспользовавшись лицензионными копиями, и снова повторить все предыдущие операции.

В случае отказа устройства, в период гарантийного срока, следует предъявить рекламацию поставщику.

Порядок предъявления рекламации поставщику осуществляется в следующих случаях:

- Прекращение выполнения программ, указанных в бланке заказа или программ пользователя, оговоренных в договоре на поставку контроллера;
- Некорректное завершение программ, повлекшее потерю или искажение данных, не связанных с неправильными действиями оператора;
- Наличие систематических сбоев.

Примечание: *Критерием сбоя контроллера является проявление признаков отказа, при которых для дальнейшего использования по назначению требуется проведение повторных действий по решению теста или задачи.*

6 Техническое обслуживание

Контроллер не требует специального технического обслуживания.

Проверка функционирования осуществляется автоматически при каждом включении контроллера.

Перед выполнением работ по поддержанию нормального технического состояния контроллера необходимо:

Выключить электропитание контроллера и составных устройств;

Отключить от электросети все кабели электропитания контроллера.

Рекомендуются следующие ежедневные мероприятия по поддержанию нормального технического состояния контроллера:

- Визуальный осмотр контроллера с целью обнаружения механических повреждений корпусов или кожухов;
- Проверка состояния соединителей и кабелей;
- Удаление пыли с поверхностей контроллера производить мягкой влажной тряпкой.

7 Правила хранения и транспортирования

Контроллер должен храниться в комплекте упаковки в отапливаемом помещении при температуре от 5 до 40 °С и влажности воздуха до 80 % согласно ГОСТ 22261.

В помещении, где хранится контроллер, не должно быть паров кислот, щелочей или других химически активных веществ, пары или газы которых могут вызвать коррозию.

Контроллер в упаковке может транспортироваться в соответствии с требованиями ГОСТ 21552-84:

- Автомобильным транспортом на расстояние до 1000 км со скоростью не более 60 км/ч по шоссейным дорогам с твердым покрытием и до 500 км со скоростью до 20 км/ч по грунтовым дорогам;
- Железнодорожным транспортом на расстояние до 10000 км со скоростью в соответствии с нормами Министерства путей сообщения, при расположении устройства в любой части состава;
- Воздушным транспортом на любое расстояние с любой скоростью в герметичном отсеке.

Размещение и крепление упаковки с контроллером в транспортных средствах должно обеспечивать устойчивое ее положение и не допускать перемещения во время транспортирования.

Размещение упакованных контроллеров - не более чем в два ряда.

При транспортировании должна быть обеспечена защита упаковки от непосредственного воздействия атмосферных осадков и солнечного излучения. Климатические условия транспортирования:

- Температура окружающей среды от минус 50 до плюс 50 °С;
- Относительная влажность до 98 % при температуре плюс 25 °С;
- Атмосферное давление от 84 до 107 кПа (от 630 до 800 мм рт.ст.).

При погрузке и разгрузке упаковок с контроллерами должны строго выполняться требования манипуляционных знаков и надписей на упаковках.

Приложение А
Примеры настроек при подключении тензодатчиков

Пример 1. Подключение тензорезисторов по ¼-мостовой схеме

Подключить тензорезистор к измерительному канала контроллера ZET 058 по ¼-мостовой схеме в соответствии с *Рис. 1.9*. Подать питание на подключенный тензорезистор, для этого открыть программу «Диспетчер устройств» из меню «Сервисные» панели ZETLAB. В открывшемся окне программы «Диспетчер устройств ZET» кликнуть правой клавишей мыши по каналу генератора, вызвав контекстное меню, где сначала следует задействовать канал генератора, после чего активировать окно «Свойства» (*Рис.А.1*).

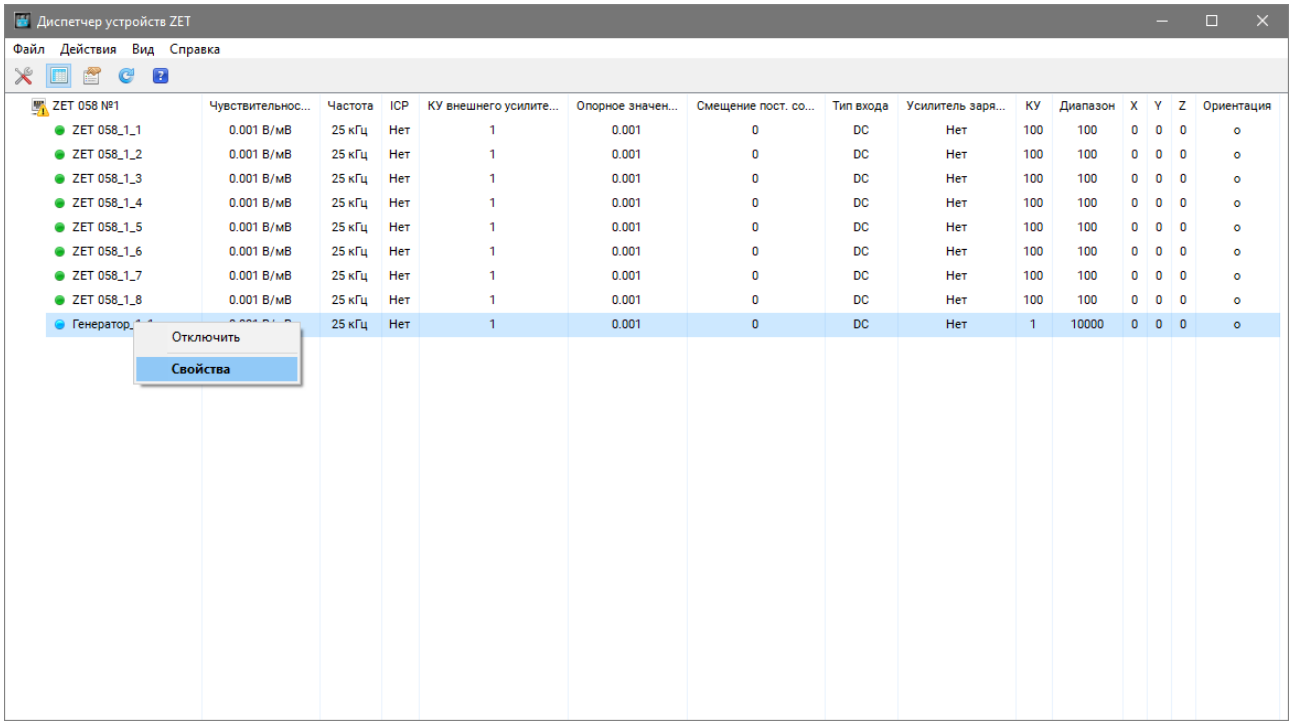


Рис.А.1 Окно программы «Диспетчер устройств ZET»

В окне «Свойства» на вкладке «Синус» установить следующие параметры (*Рис.А.2*):

- Частота генератора – «0»;
- Уровень генератора – «0»;
- Смещение генератора – «1»;
- Состояние – «Включен».

Внимание! *Запрещается использовать переменное напряжение для питания ¼-мостовой схемы.*

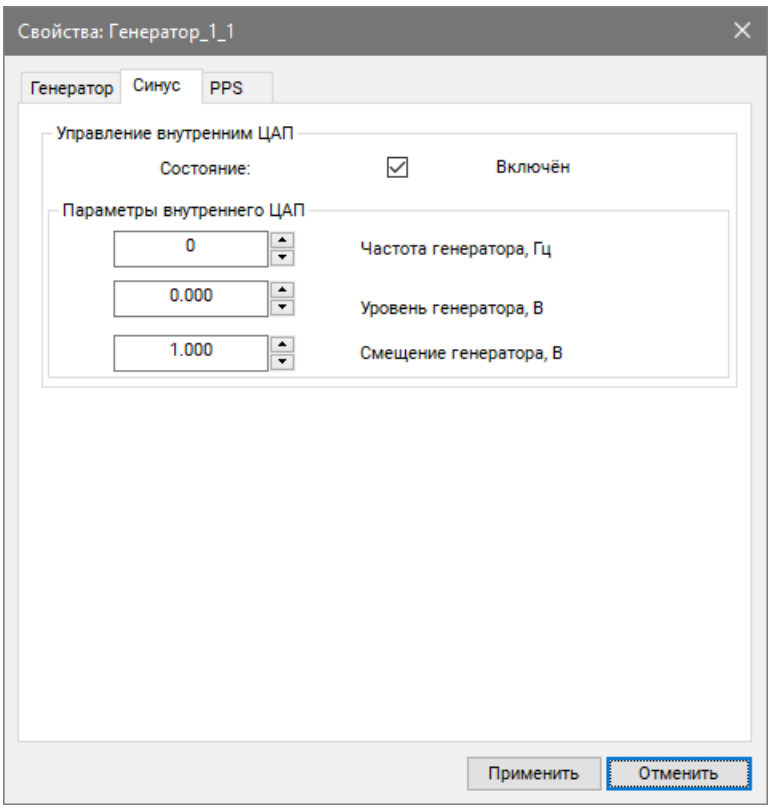


Рис.А.2 Вкладка «Синус», окна «Свойства» канала генератора

В окне «Свойства» на вкладке «Генератор» установить следующие параметры (*Рис.А.3*):

- Состояние – «Включено».

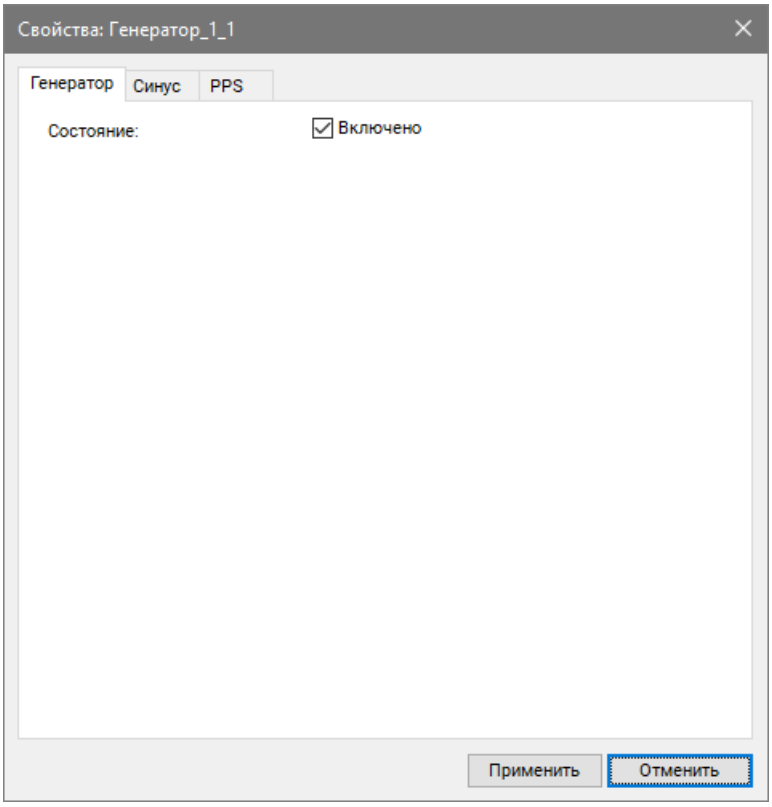


Рис.А.3 Вкладка «Генератор», окна «Свойства» канала генератора

После внесения настроек сохранить и закрыть окно «Свойства» (*Рис.А.3*), активировав кнопку «Применить».

В окне программы «Диспетчер устройств ZET» кликнуть правой клавишей мыши по измерительному каналу тензодатчика, вызвав контекстное меню, и активировать «Свойства» (*Рис.А.4*).

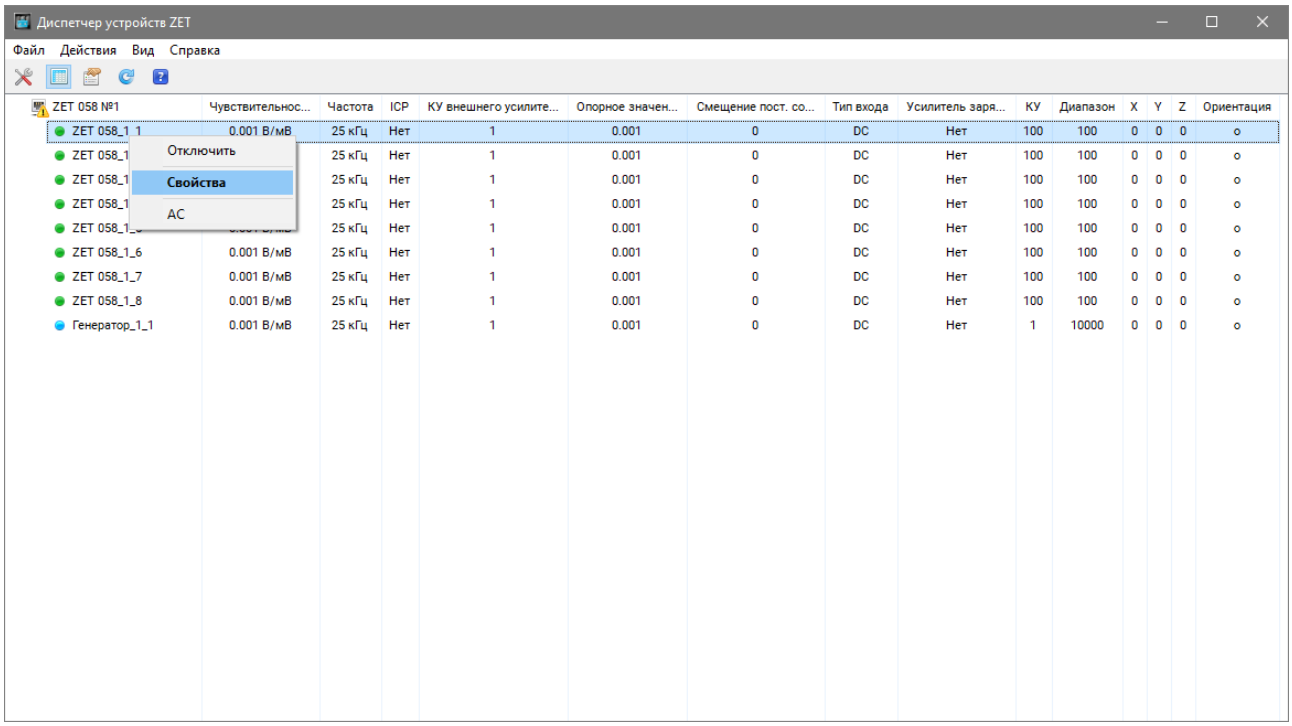


Рис.А.4 Окно программы «Диспетчер устройств ZET»

В окне «Свойства» измерительного канала (*Рис. 4.8*) активировать кнопку «Тензо настройки». В открывшемся окне «Тензо настройки» установить:

- Схема подключения – «Четвертьмост»;
- Сопротивление четверть-мостового датчика – сопротивление тензорезистора согласно паспортным данным;
- Коэффициент тензочувствительности – коэффициент, согласно паспортным данным на тензорезистор. После ввода значения сопротивления нажать кнопку «Применить», расположенную под полем ввода;
- Ед. изм. деформации/напряжения – выбрать из списка требуемую единицу измерения для идентификации физических единиц, в которых производится измерение.

После установки нажать кнопку «Автобалансировка». Дождаться окончания процесса балансировки и нажать кнопку «Применить» (*Рис.А.5*).

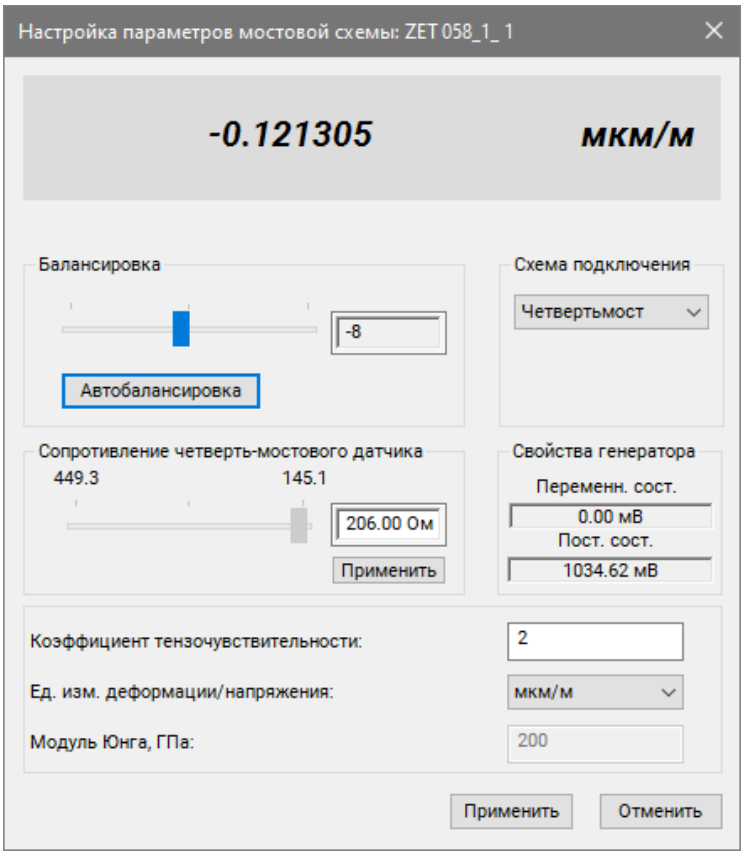


Рис.А.5 Окно «Тензо настройки»

Внимание: *значение чувствительности для измерительного канала автоматически вносится в соответствующее поле окна «Свойства» (Рис. 4.8), однако для некоторых вариантов схем подключения тензорезисторов потребуется корректировка данного значения вручную путем умножения на множитель. Значения множителей КЧ для корректировки чувствительности приведены в таблице Приложения Б.*

В окне «Свойства» (*Рис. 4.8*) нажать кнопку «Применить» и закрыть программу «Диспетчер устройств ZET».

Пример 2. Подключение тензорезисторов по ½-мостовой схеме

Подключить тензорезистор к измерительному канала контроллера ZET 058 по ½-мостовой схеме в соответствии с *Рис. 1.8*. Подать питание на подключенную ½-мостовую схему, для этого открыть программу «Диспетчер устройств» из меню «Сервисные» панели ZETLAB. В открывшемся окне программы «Диспетчер устройств ZET» кликнуть правой клавишей мыши по каналу генератора, вызвав контекстное меню, где сначала следует задействовать канал генератора, после чего активировать «Свойства» (*Рис.А.6*).

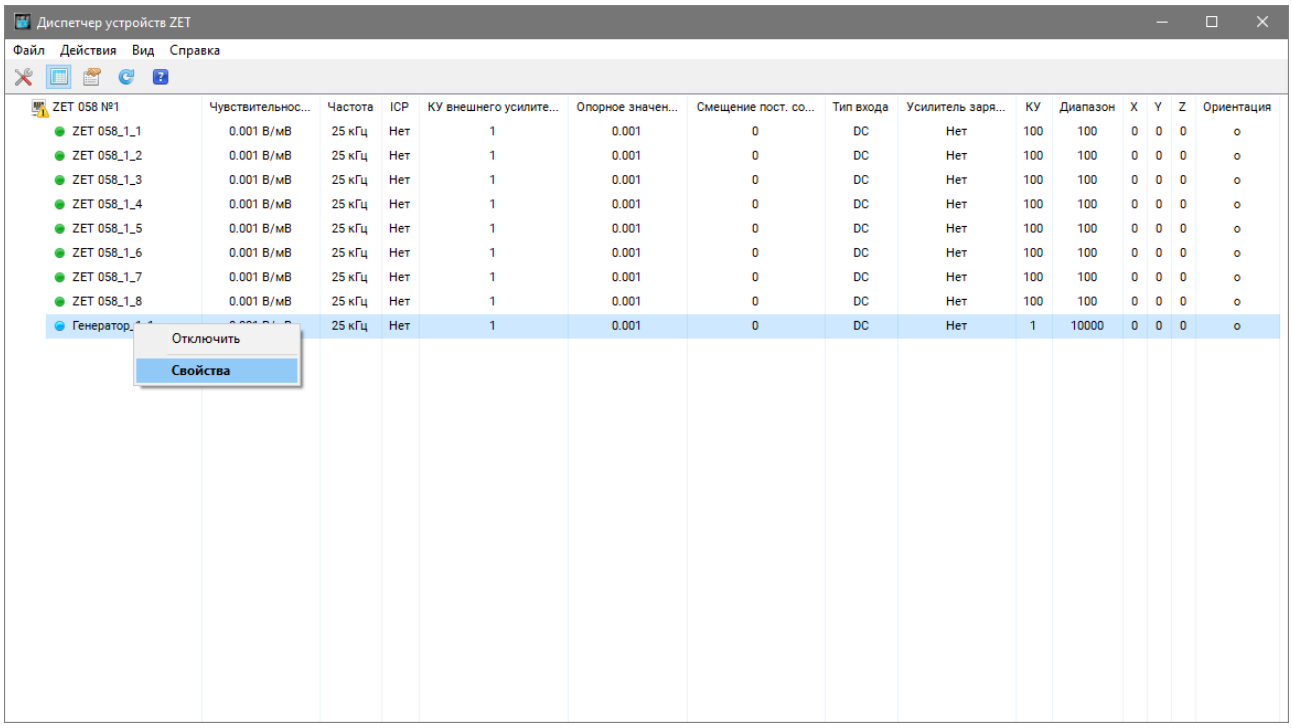


Рис.А.6 Окно программы «Диспетчер устройств ZET»

В окне «Свойства» на вкладке «Синус» установить следующие параметры (*Рис.А.7*):

- Частота генератора – «0»;
- Уровень генератора – «0»;
- Смещение генератора – «1»;
- Состояние – «Включен».

Внимание! *Запрещается использовать переменное напряжение для питания ½-мостовой схемы.*

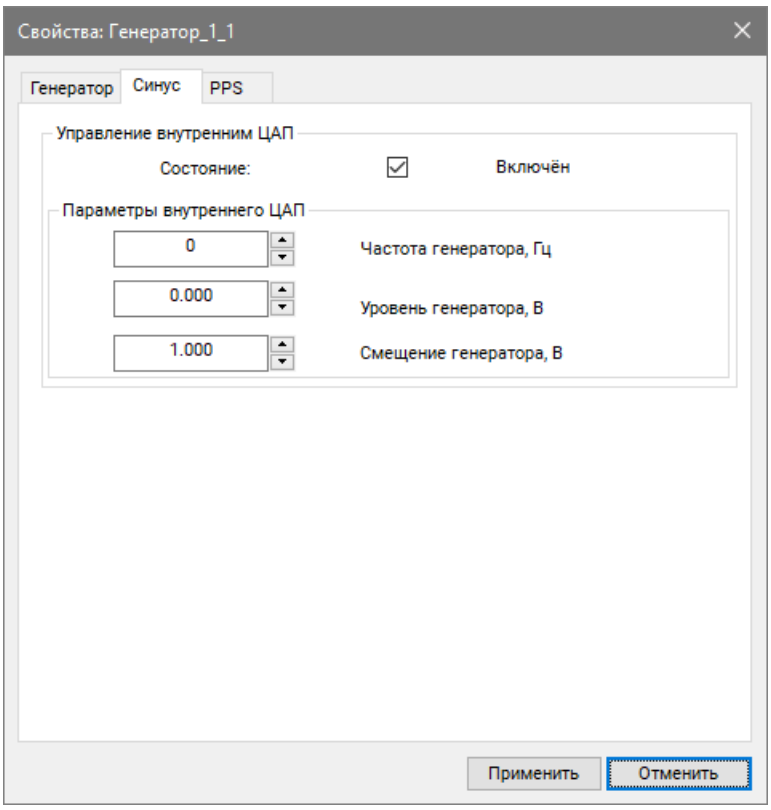


Рис.А.7 Вкладка «Синус», окна «Свойства» канала генератора

В окне «Свойства» на вкладке «Генератор» установить следующие параметры (*Рис.А.8*):

- Состояние – «Включено».

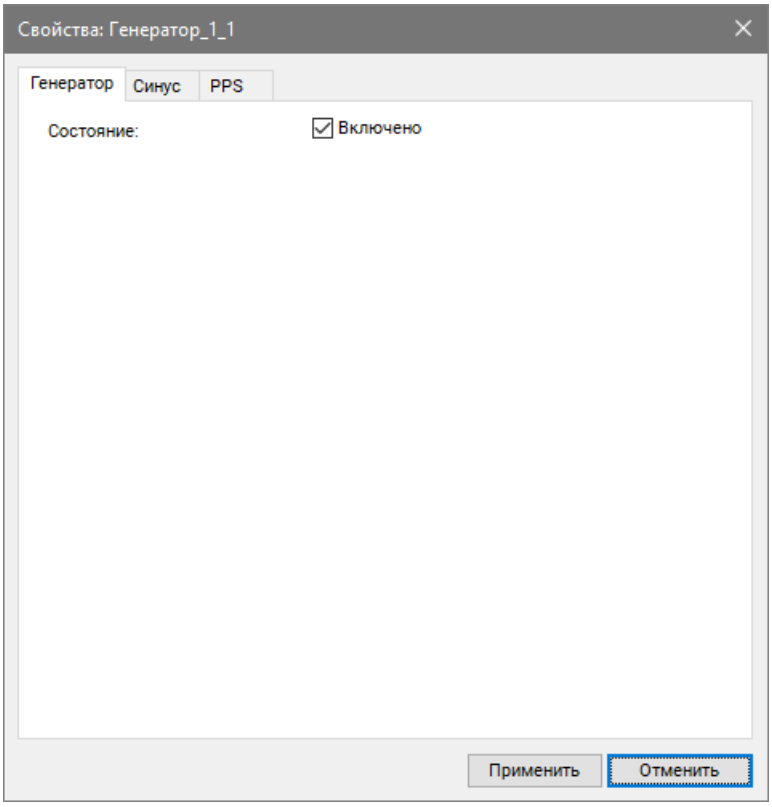


Рис.А.8 Вкладка «Генератор», окна «Свойства» канала генератора

После внесения настроек сохранить и закрыть окно «Свойства», нажав кнопку «Применить».

В окне программы «Диспетчер устройств ZET» кликнуть правой клавишей мыши по измерительному каналу тензодатчика, вызвав контекстное меню, и активировать меню «Свойства» (*Рис.А.9*).

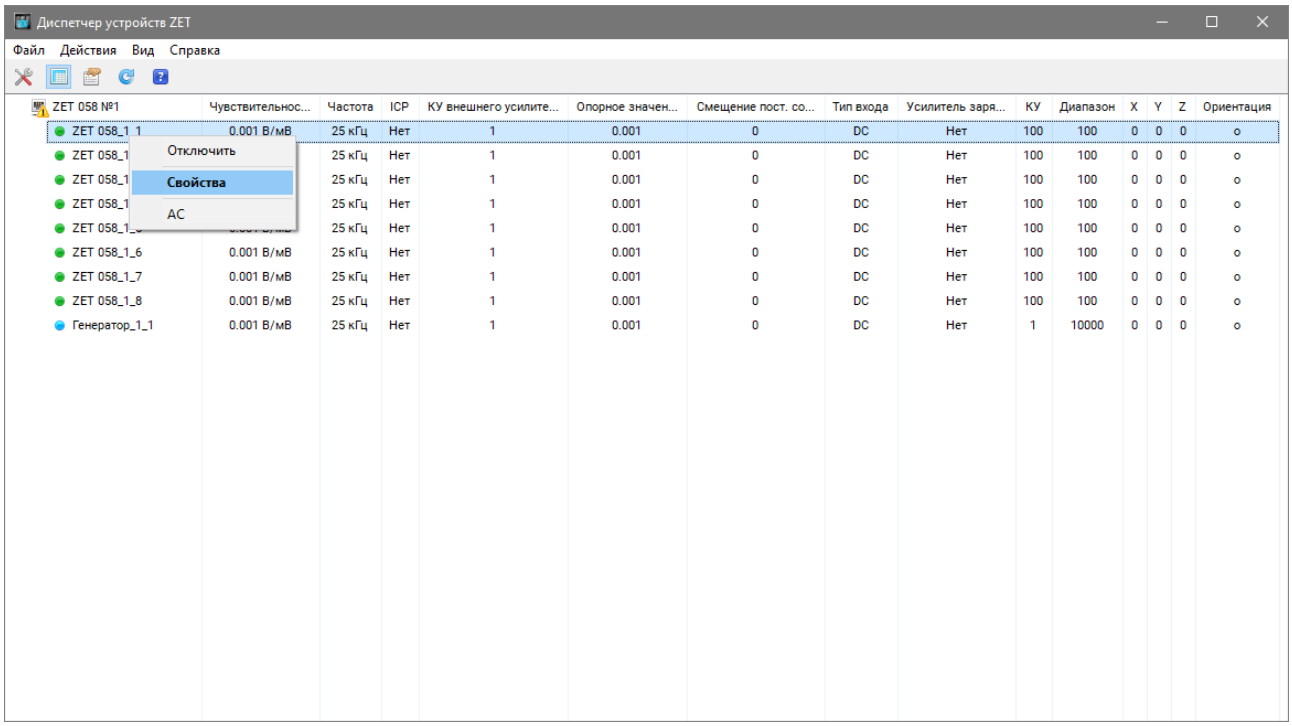


Рис.А.9 Окно программы «Диспетчер устройств ZET»

В окне «Свойства» измерительного канала (*Рис. 4.8*) активировать кнопку «Тензо настройки». В открывшемся окне «Тензо настройки» установить:

- Схема подключения – «Полумост»;
- Коэффициент тензочувствительности – коэффициент, согласно паспортным данным на тензорезистор;
- Ед. изм. деформации/напряжения – выбрать из списка требуемую единицу измерения для идентификации физических единиц, в которых производится измерение.

После установки нажать кнопку «Автобалансировка». Дождаться окончания процесса балансировки и нажать кнопку «Применить» (*Рис.А.10*).

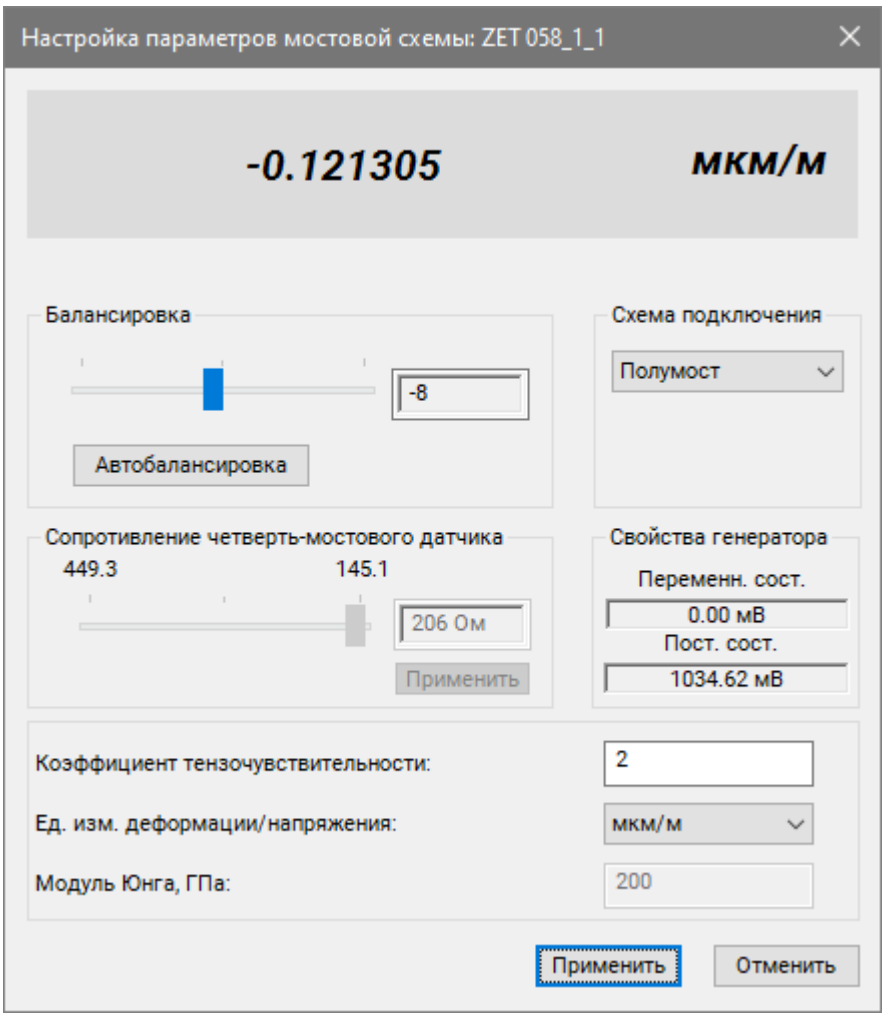


Рис.А.10 Окно «Тензо настройки»

Внимание: *значение чувствительности для измерительного канала автоматически вносится в соответствующее поле окна «Свойства» (Рис. 4.8), однако для некоторых вариантов схем подключения тензорезисторов потребуется корректировка данного значения вручную путем умножения на множитель. Значения множителей КЧ для корректировки чувствительности приведены в таблице Приложения Б.*

В окне «Свойства» (*Рис. 4.8*) нажать кнопку «Применить» и закрыть программу «Диспетчер устройств ZET».

Пример 3. Подключение тензорезисторов по мостовой схеме (питание постоянным напряжением)

Подключить тензорезистор к измерительному канала контроллера ZET 058 по мостовой схеме в соответствии с *Рис. 1.7*. Подать питание постоянным напряжением на подключенную мостовую схему, для этого открыть программу «Диспетчер устройств» из меню «Сервисные» панели ZETLAB. В открывшемся окне программы «Диспетчер устройств ZET» кликнуть правой клавишей мыши по каналу генератора, вызвав контекстное меню, где сначала следует задействовать канал генератора, после чего активировать «Свойства» (*Рис.А.11*).

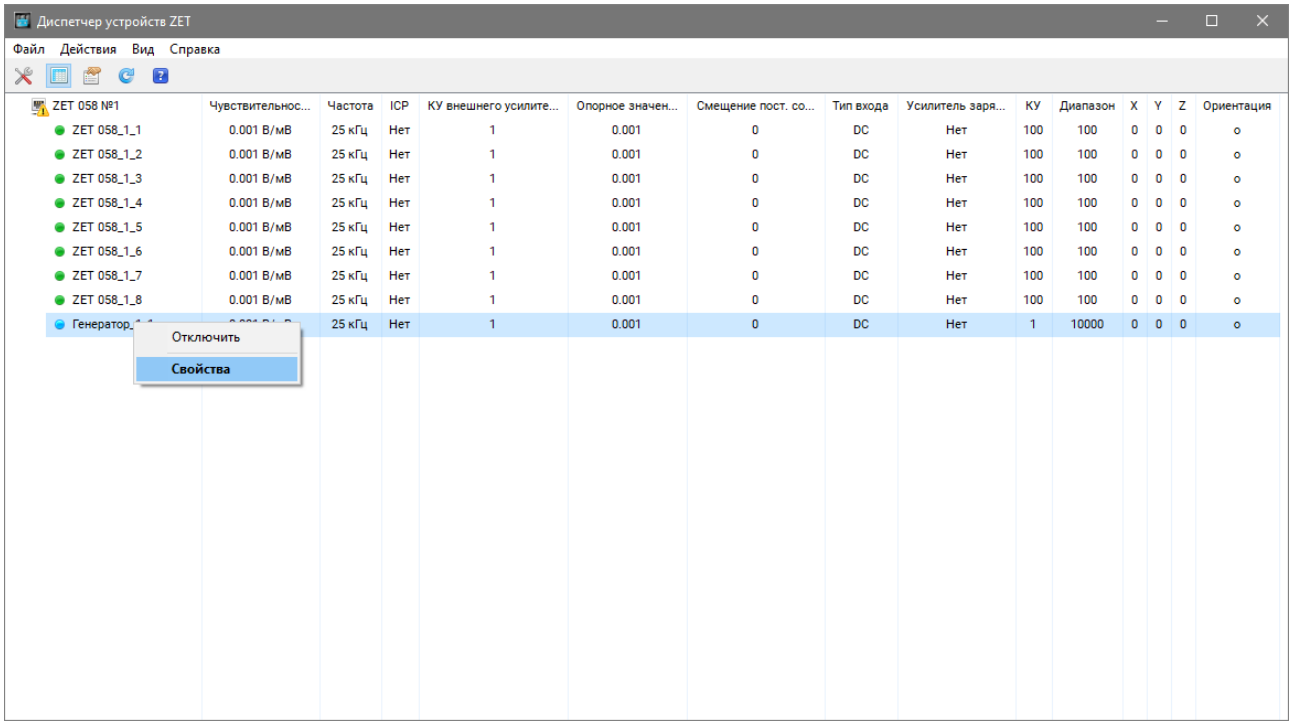


Рис.А.11 Окно программы «Диспетчер устройств ZET»

В окне «Свойства» на вкладке «Синус» установить следующие параметры (*Рис.А.12*):

- Частота генератора – «0»;
- Уровень генератора – «0»;
- Смещение генератора – «1»;
- Состояние – «Включен».

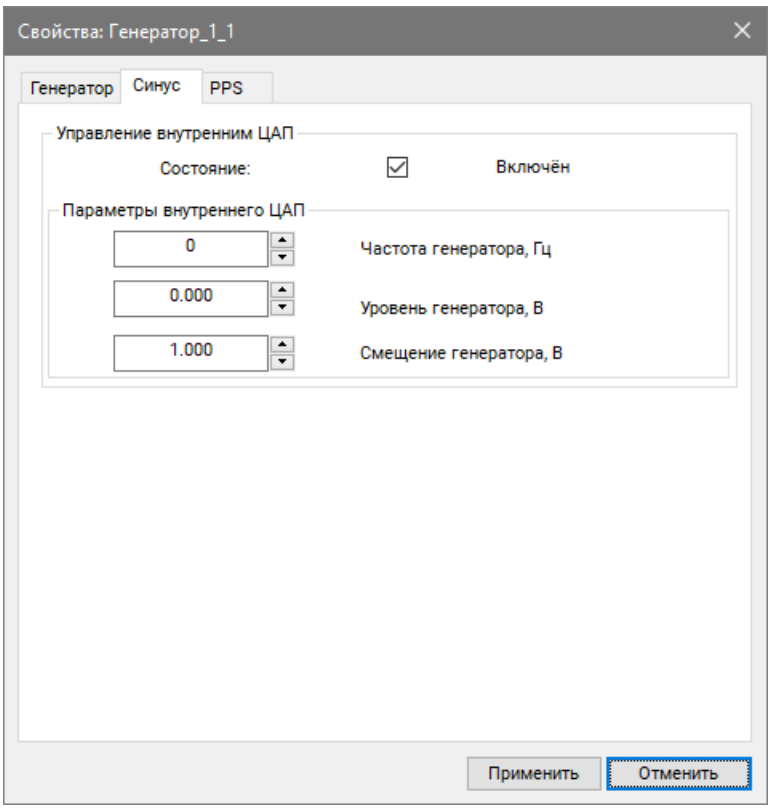


Рис.А.12 Вкладка «Синус», окна «Свойства» канала генератора

В окне «Свойства» на вкладке «Генератор» установить следующие параметры (*Рис.А.13*):

- Состояние – «Включено».

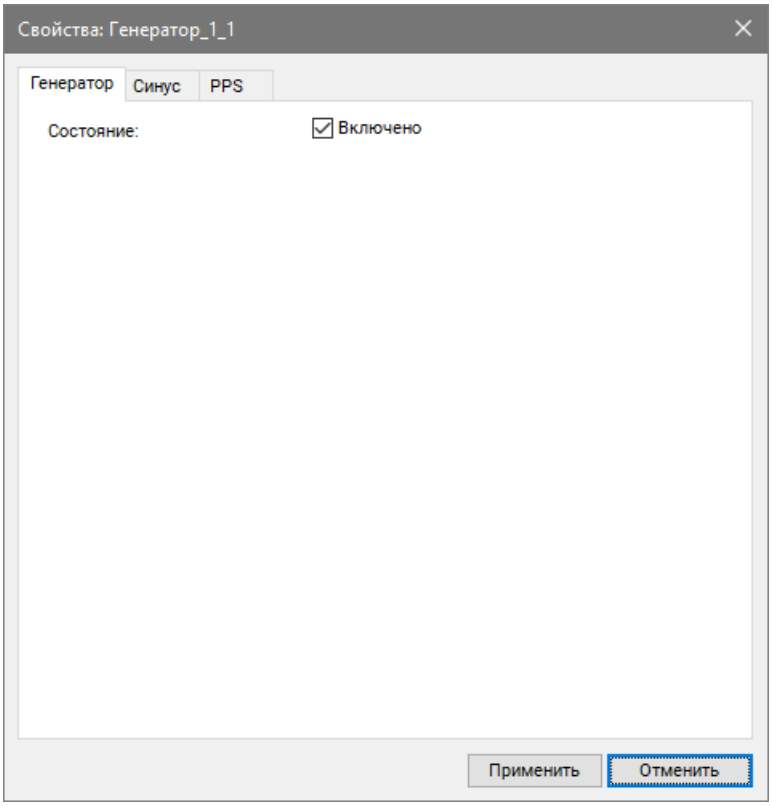


Рис.А.13 Вкладка «Генератор», окна «Свойства» канала генератора

После внесения настроек сохранить и закрыть окно «Свойства» (*Рис.А.13*), активировав кнопку «Применить».

В окне программы «Диспетчер устройств ZET» кликнуть правой клавишей мыши по измерительному каналу тензодатчика, вызвав контекстное меню, и активировать меню «Свойства» (*Рис.А.14*).

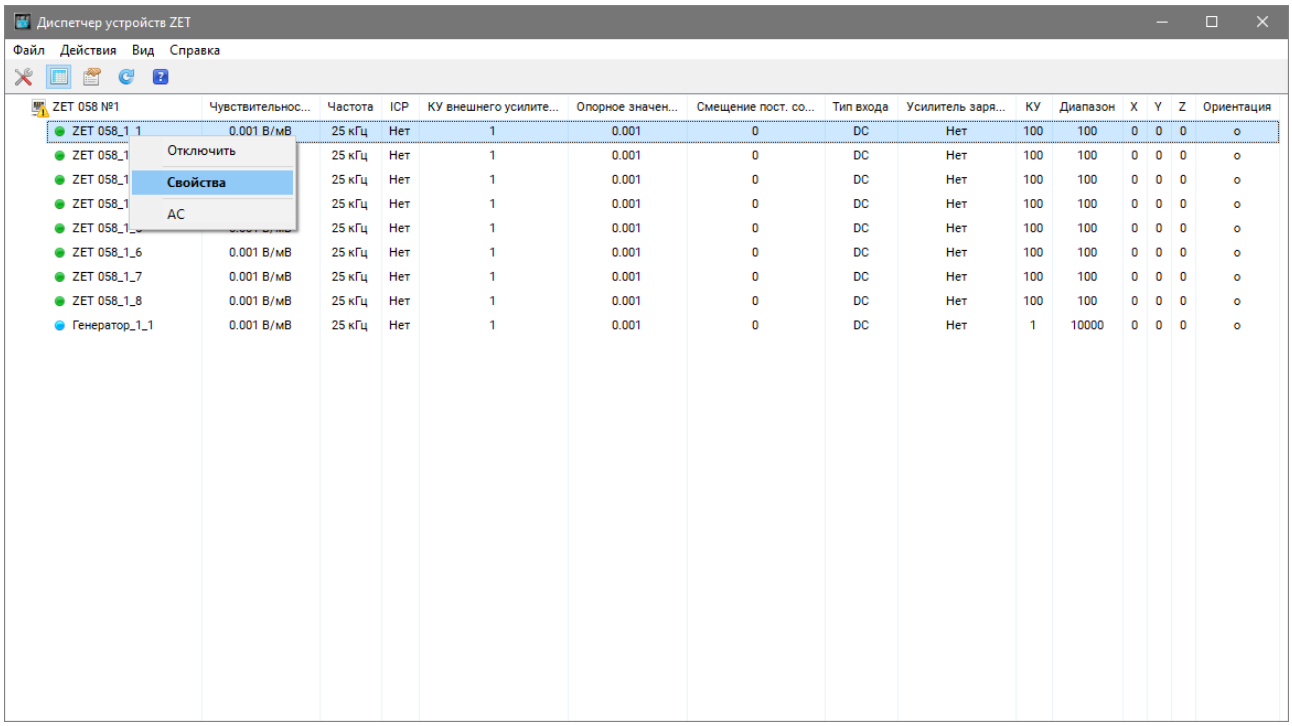


Рис.А.14 Окно программы «Диспетчер устройств ZET»

В окне «Свойства» измерительного канала (*Рис. 4.8*) активировать кнопку «Тензо настройки». В открывшемся окне «Тензо настройки» установить:

- Схема подключения – «Мост»;
- Коэффициент тензочувствительности – коэффициент, согласно паспортным данным на тензорезистор;
- Ед. изм. деформации/напряжения – выбрать из списка требуемую единицу измерения для идентификации физических единиц, в которых производится измерение.

После установки нажать кнопку «Автобалансировка». Дождаться окончания процесса балансировки и нажать кнопку «Применить» (*Рис.А.15*).

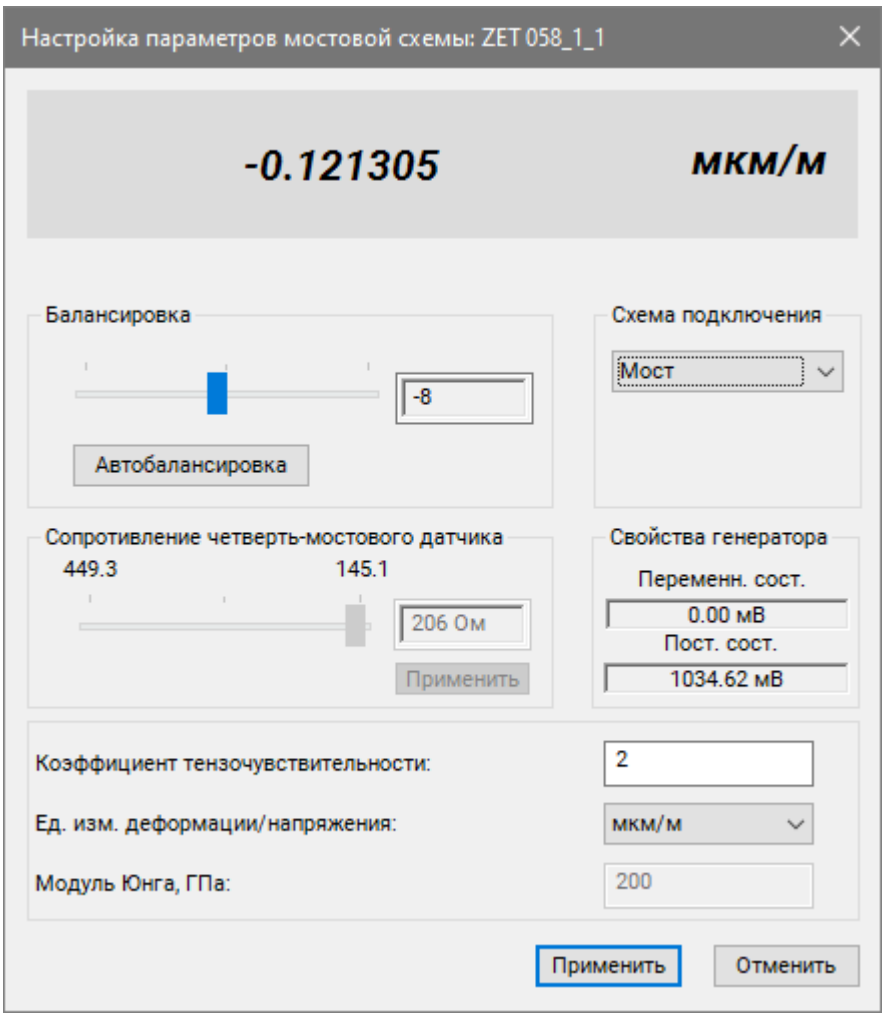


Рис.А.15 Окно «Тензо настройки»

Внимание: *значение чувствительности для измерительного канала автоматически вносится в соответствующее поле окна «Свойства» (Рис. 4.8), однако для некоторых вариантов схем подключения тензорезисторов потребуется корректировка данного значения вручную путем умножения на множитель. Значения множителей КЧ для корректировки чувствительности приведены в таблице Приложения Б.*

В окне «Свойства» измерительного канала (*Рис. 4.8*) нажать кнопку «Применить» и закрыть программу «Диспетчер устройств ZET».

Пример 4. Подключение тензорезисторов по мостовой схеме (питание переменным напряжением)

Подключить тензорезисторы к измерительному каналу контроллера ZET 058 по мостовой схеме в соответствии с *Рис. 1.7*.

Примечание: *при питании мостовой схемы переменным напряжением измерения выполняются с помощью программы «Тензометр».*

Подать питание переменным напряжением на подключенную мостовую схему, для этого открыть программу «Диспетчер устройств» из меню «Сервисные» панели ZETLAB. В открывшемся окне программы «Диспетчер устройств ZET» кликнуть правой клавишей мыши по каналу генератора, вызвав контекстное меню, где сначала следует задействовать канал генератора, после чего активировать меню «Свойства» (*Рис.А.16*).

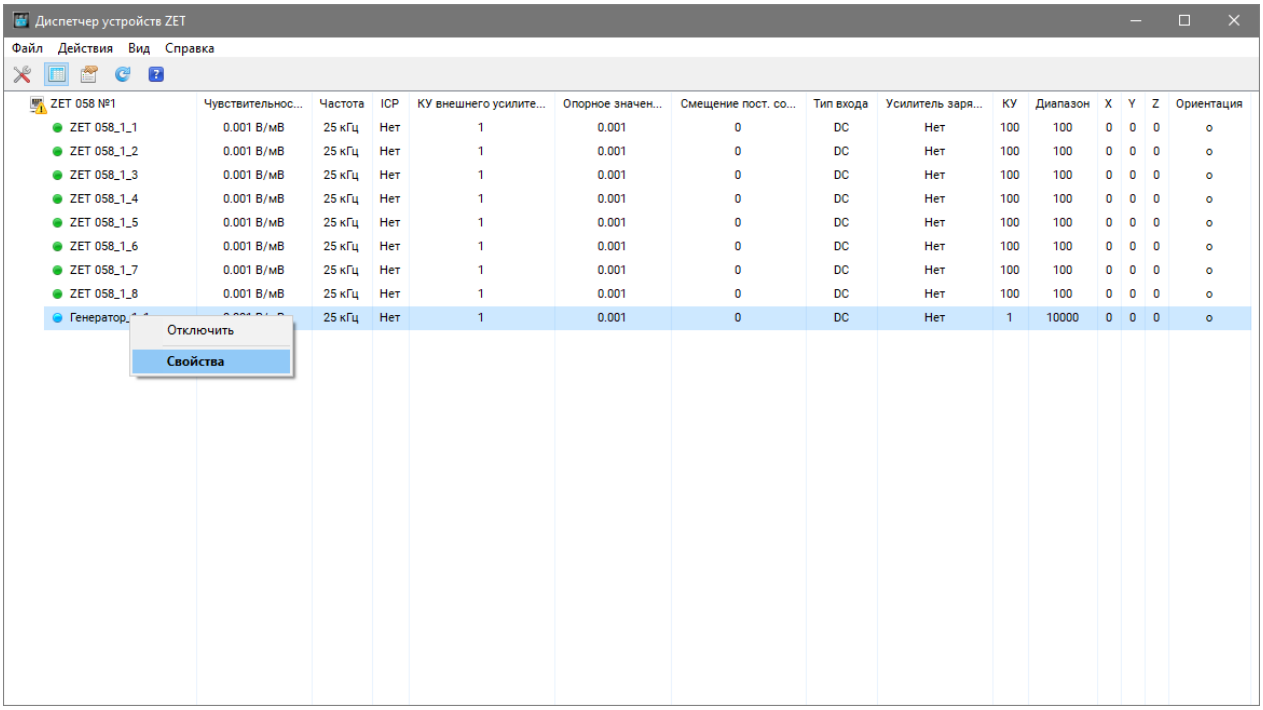


Рис.А.16 Окно программы «Диспетчер устройств ZET»

В окне «Свойства» на вкладке «Синус» установить следующие параметры (*Рис.А.17*):

- Частота генератора – «1000[7]»;
- Уровень генератора – «1»;
- Смещение генератора – «0»;
- Состояние – «Включен».

[7] В случае наличия электрических помех в сигнале тензорезистора, рекомендуется для уменьшения помех установить значение частоты питающего сигнала генератора отличным от частот сигнала помехи.

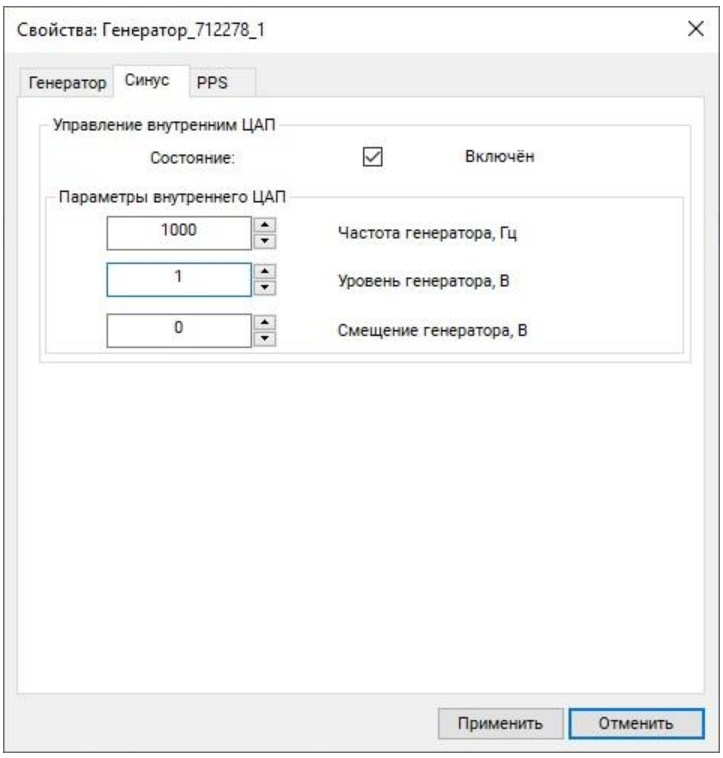


Рис.А.17 Вкладка «Синус», окна «Свойства» канала генератора

В окне «Свойства» на вкладке «Генератор» установить следующие параметры (*Рис.А.18*):

- Состояние – «Включено».

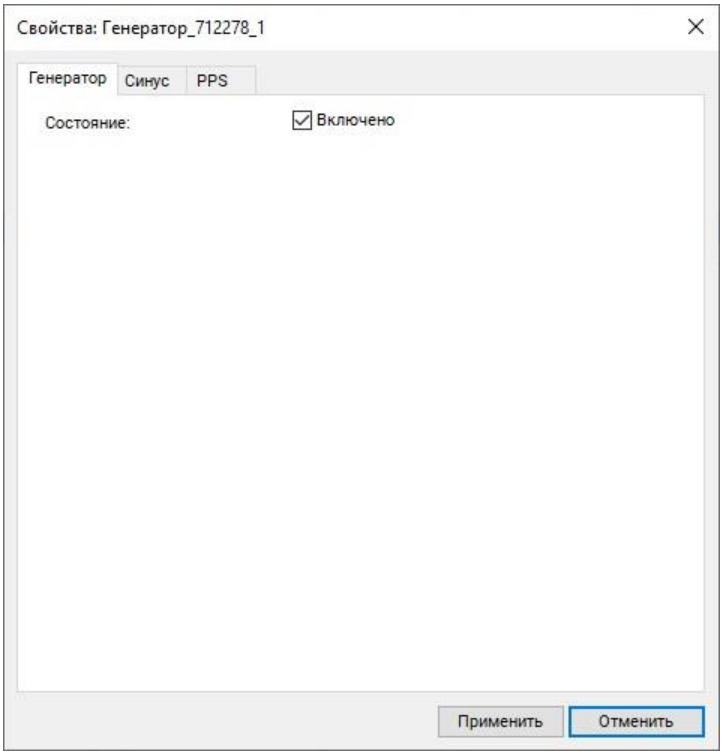


Рис.А.18 Вкладка «Генератор», окна «Свойства» канала генератора

После внесения настроек сохранить и закрыть окно «Свойства» (*Рис.А.18*), нажав кнопку «Применить».

В окне программы «Диспетчер устройств ZET» кликнуть правой клавишей мыши по измерительному каналу тензодатчика, вызвав контекстное меню, и активировать меню «Свойства» (*Рис.А.19*).

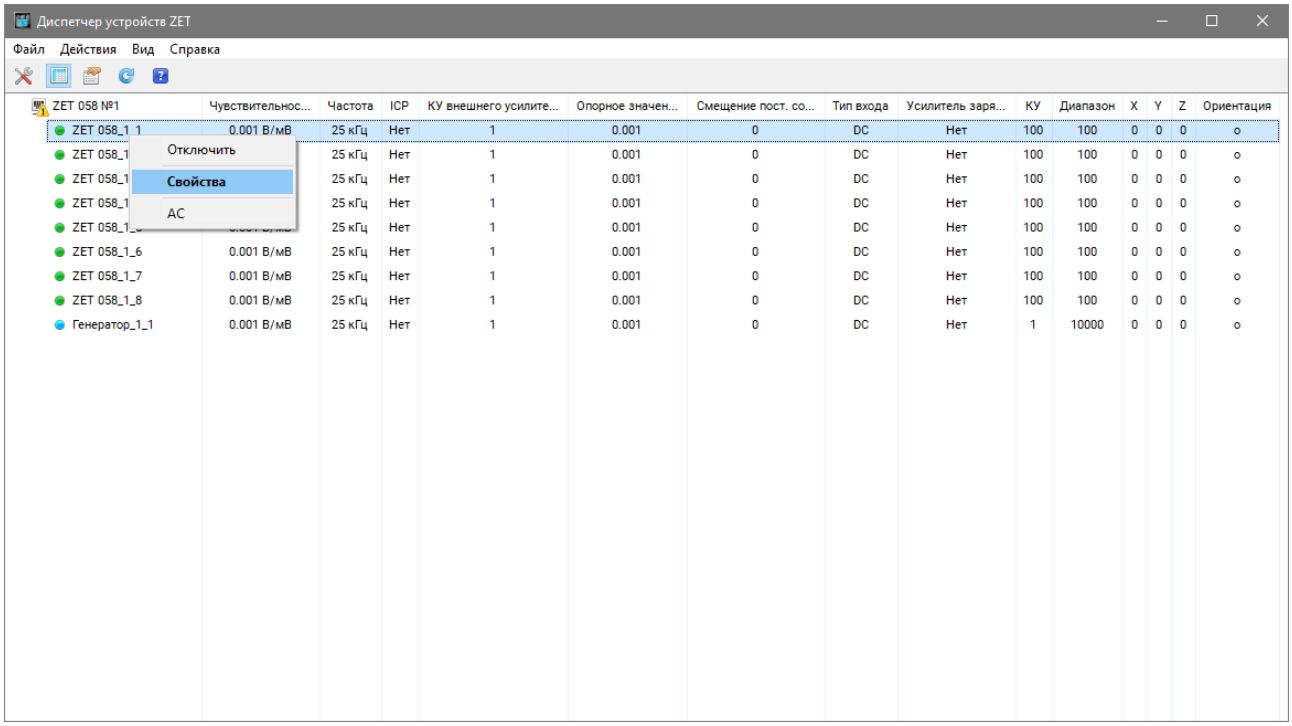


Рис.А.19 Окно программы «Диспетчер устройств ZET»

В окне «Свойства» измерительного канала установить настройки по умолчанию в соответствии с *Рис.А.20*.

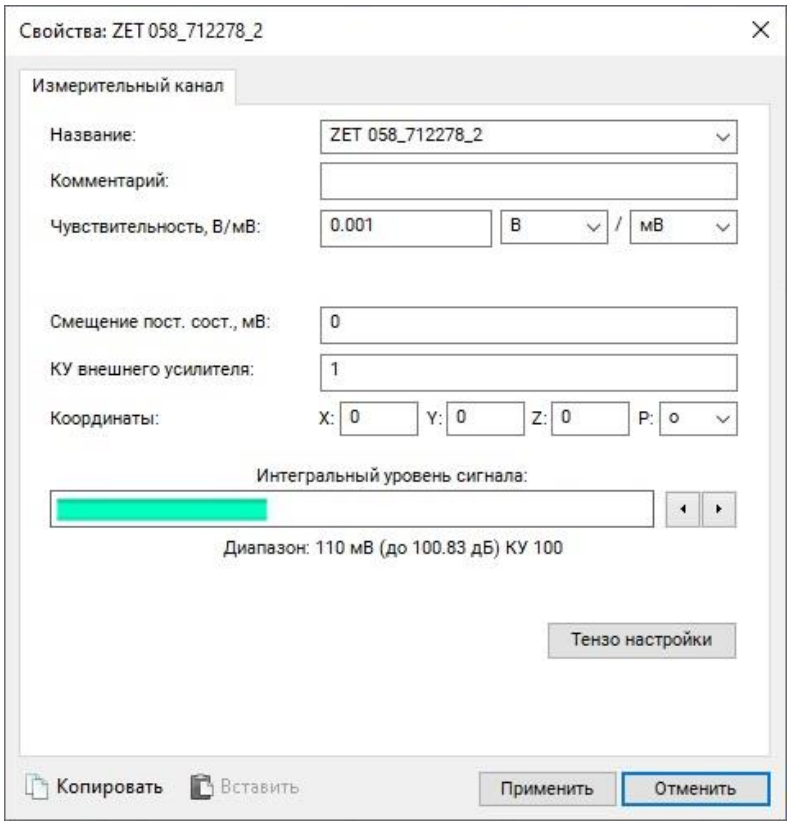


Рис.А.20 Окно «Свойства» измерительного канала контроллера

Внимание: *значение чувствительности для измерительного канала должно быть установлено равным 0.001 В/мВ*

В окне «Свойства» измерительного канала (*Рис.А.20*) нажать кнопку «Применить» и закрыть программу «Диспетчер устройств ZET».

Открыть программу «Тензометр» из меню «Измерения» панели ZETLAB (*Рис.А.21*). В окне программы «Тензометр» активировать кнопку «Параметры», после чего в открывшемся окне «Настройка параметров тензометра» выбрать измерительный канал тензодатчика и установить параметры тензорезистора.

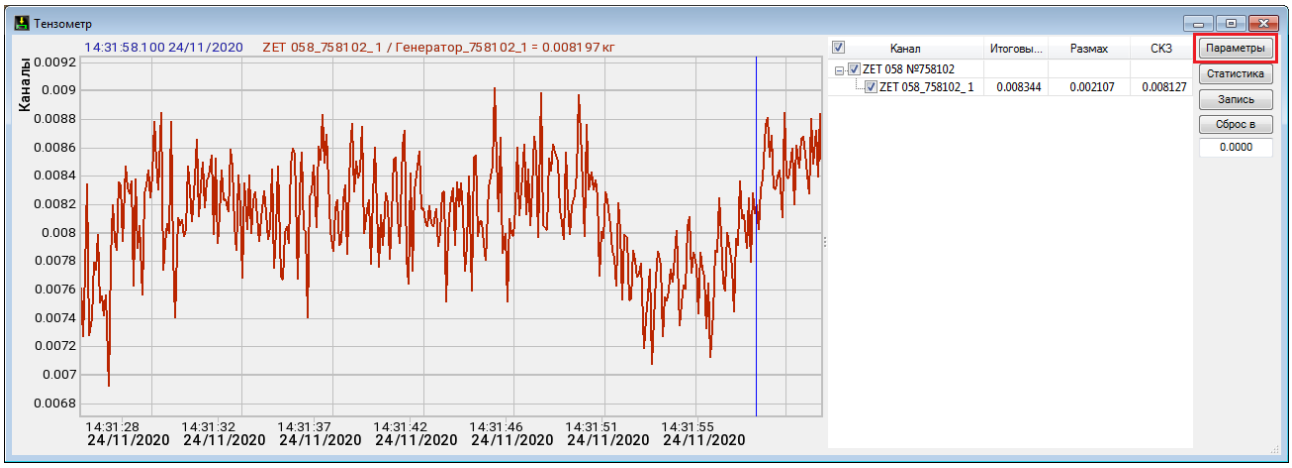


Рис.А.21 Окно программы «Тензометр»

Примечание: *для доступа к справочной информации следует в окне программы «Тензометр» активировать на клавиатуре клавишу <F1>.*

Пример 5. Подключение и настройка тензодатчика Dacell UU-K20

Подключить тензодатчик к измерительному канала контроллера ZET 058. Подать питание на подключенный тензодатчик, для этого открыть программу «Диспетчер устройств» из меню «Сервисные» панели ZETLAB. В открывшемся окне программы «Диспетчер устройств ZET» кликнуть правой клавишей мыши по каналу генератора, вызвав контекстное меню, и активировать меню «Свойства» (*Рис.А.22*).

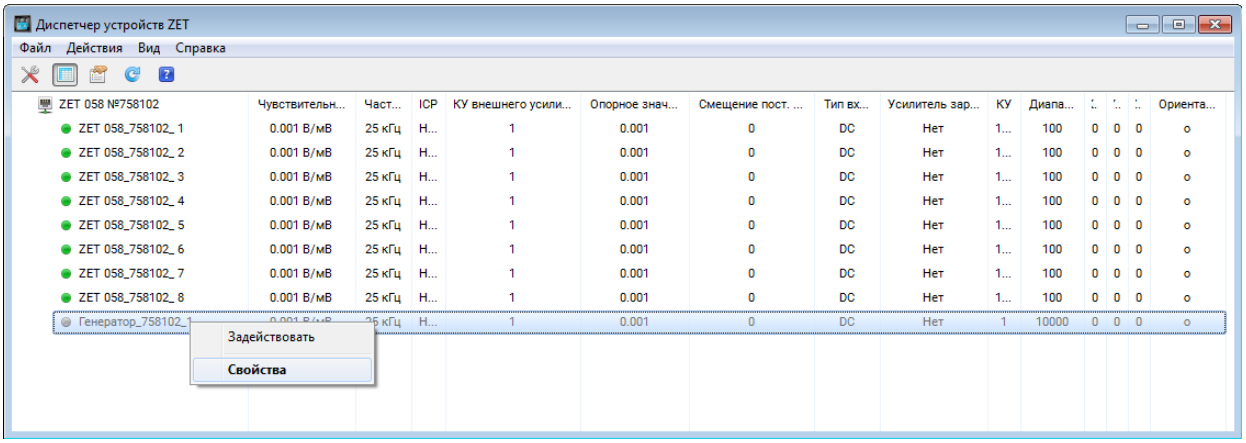


Рис.А.22 Окно программы «Диспетчер устройств ZET»

В меню «Свойства» на вкладке «Синус» установить следующие параметры (*Рис.А.23*):

- Частота генератора – «0»;
- Уровень генератора – «0»;
- Смещение генератора – «1»;
- Состояние – «Включен».

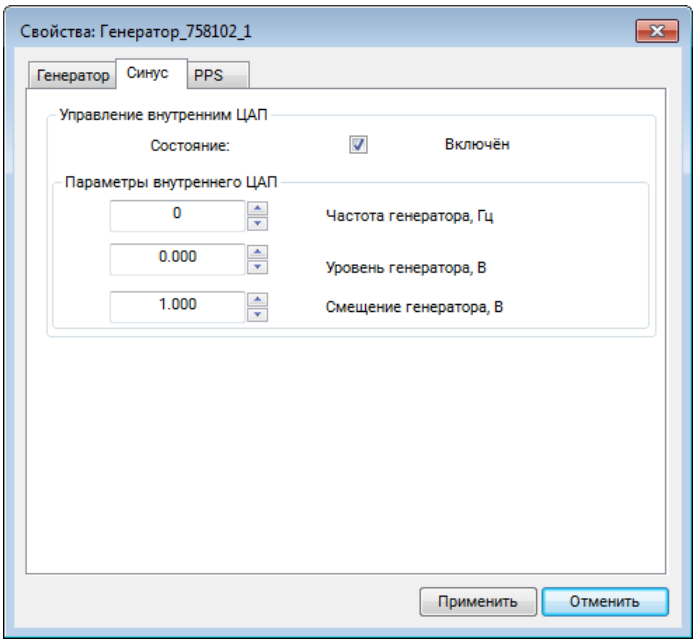


Рис.А.23 Вкладка «Синус», меню «Свойства» канала генератора

В меню «Свойства» на вкладке «Генератор» установить следующие параметры (*Рис.А.24*):

- Состояние – «Включено».

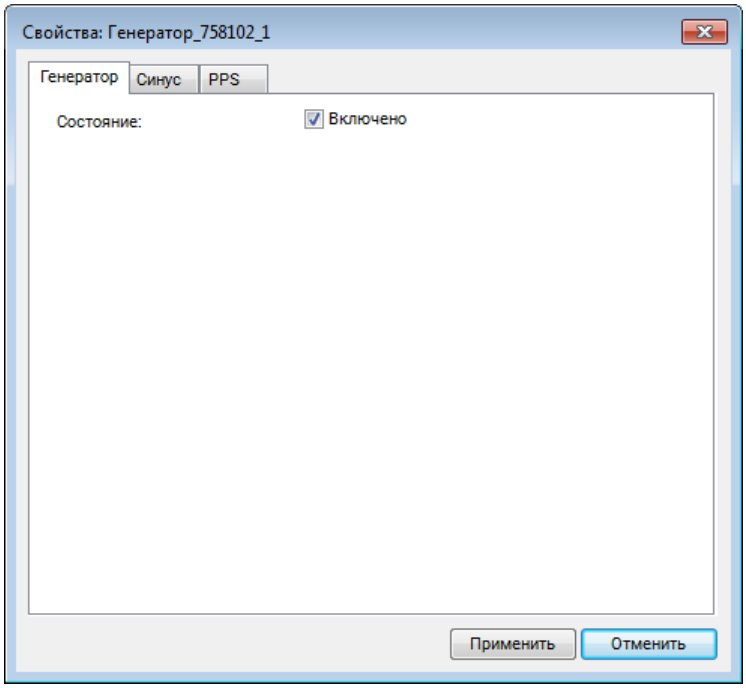


Рис.А.24 Вкладка «Генератор», меню «Свойства» канала генератора

После внесения настроек сохранить и закрыть меню «Свойства», нажав кнопку «Применить».

В окне программы «Диспетчер устройств ZET» кликнуть правой клавишей мыши по измерительному каналу тензодатчика, вызвав контекстное меню, и активировать меню «Свойства» (*Рис.А.25*).

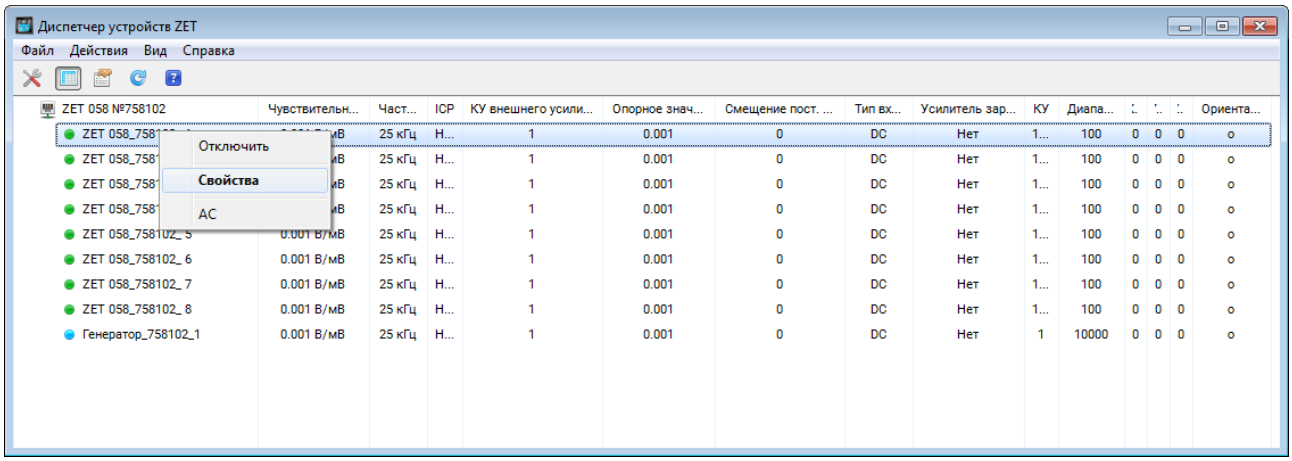


Рис.А.25 Окно программы «Диспетчер устройств ZET»

В меню «Свойства» установить настройки по умолчанию, в соответствии с *Рис.А.26*.

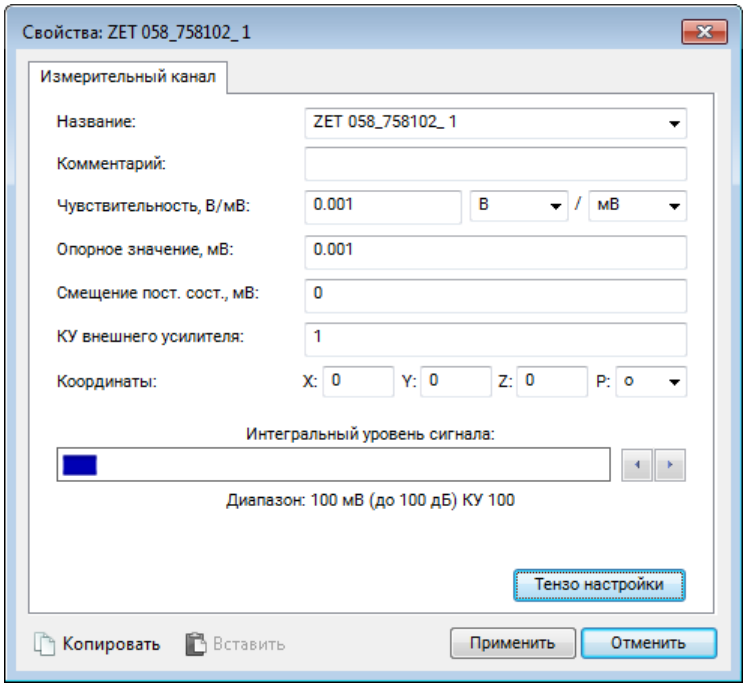


Рис.А.26 Меню «Свойства» измерительного канала тензодатчика

В меню «Свойства» измерительного канала активировать кнопку «Тензо настройки». В открывшемся окне «Тензо настройки» выбрать схему подключения «Мост» и нажать кнопку «Автобалансировка». Дождаться окончания процесса балансировки и нажать кнопку «Применить» (*Рис.А.27*).

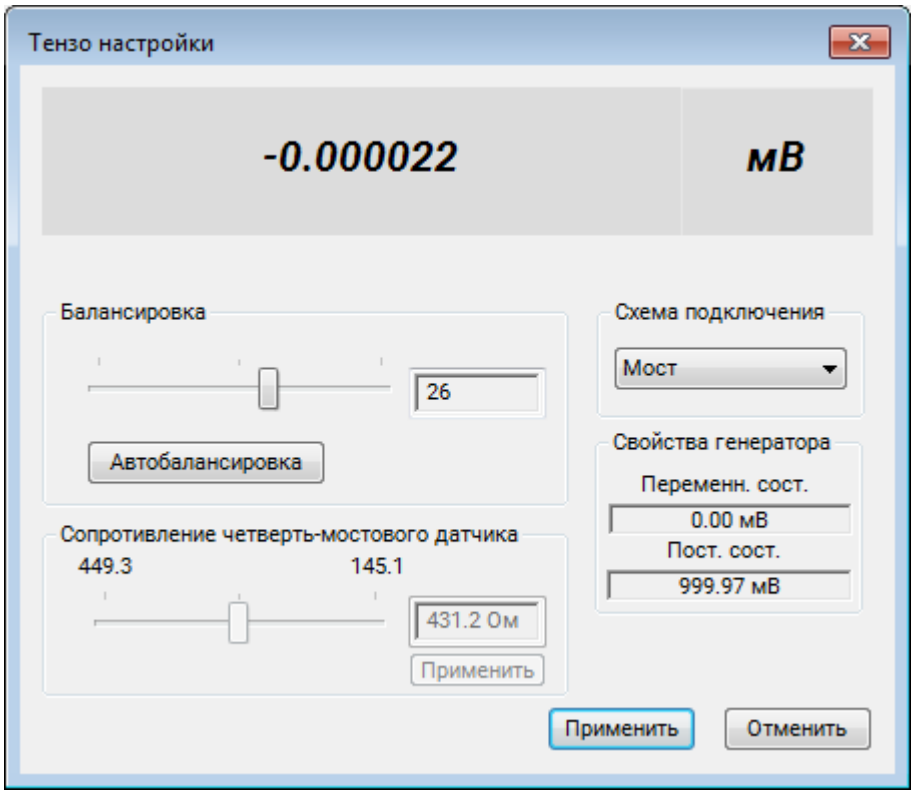


Рис.А.27 Окно «Тензо настройки»

В окне «Свойства» нажать кнопку «Применить» и закрыть программу «Диспетчер устройств ZET».

Открыть программу «Тензометр» из меню «Измерения» панели ZETLAB. В окне программы «Тензометр» активировать кнопку «Параметры», после чего в открывшемся окне «Настройка параметров тензометра» выбрать измерительный канал тензодатчика и установить следующие параметры (*Рис.А.28*):

- Тип питания – «Постоянный ток»;
- Тип датчика – «Тензодатчик»;
- Опорный канал – «Канал генератора»;

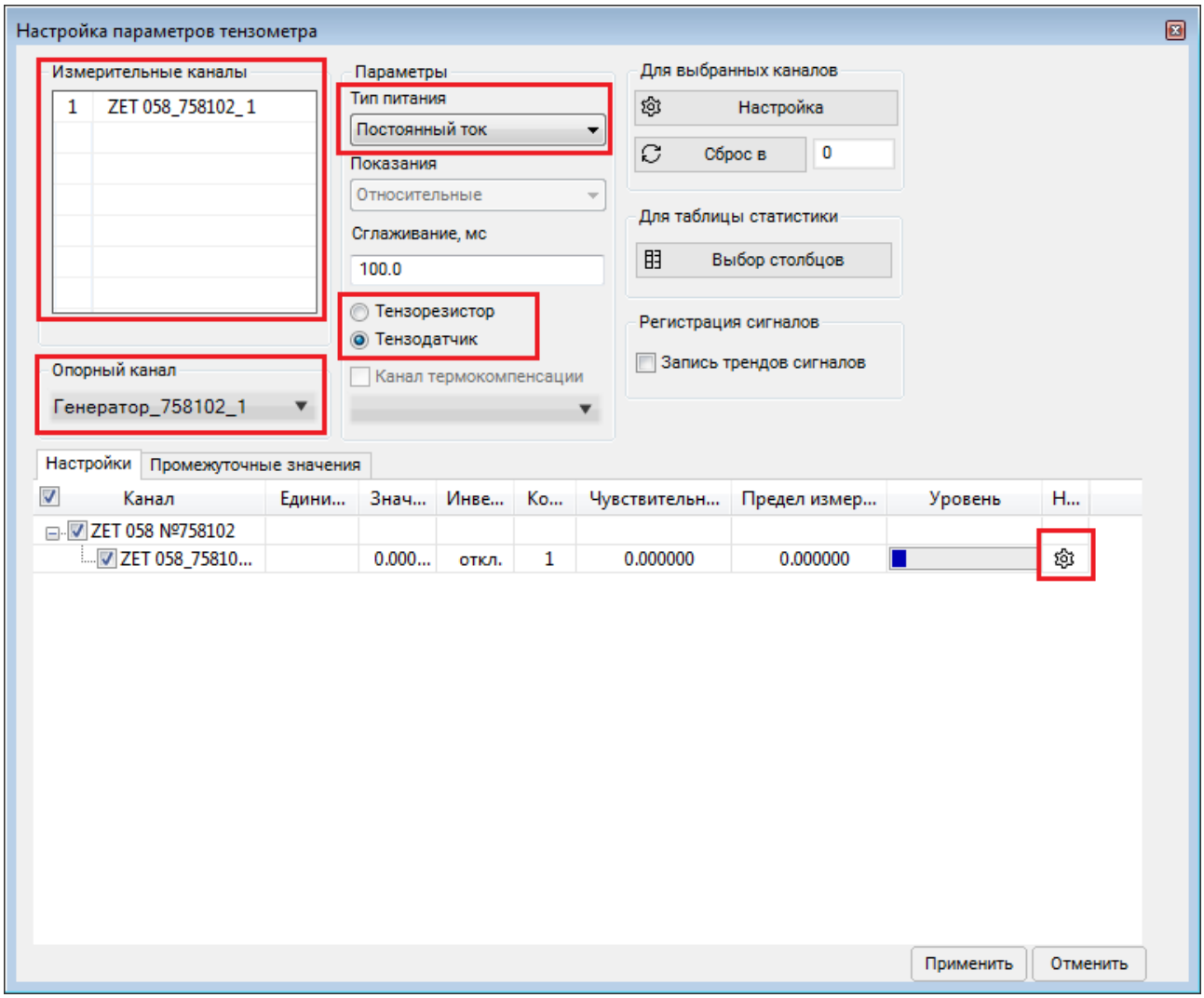


Рис.А.28 Настройка параметров тензометра

В таблице напротив измерительного канала тензодатчика щелкнуть по значку «Шестеренка». В открывшемся окне установить параметры (*Рис.А.29*):

- Единица измерения – «кг»;
- Чувствительность – «2» (значение из паспорта на тензодатчик);
- Предел измерения – «20» (значение из паспорта на тензодатчик);

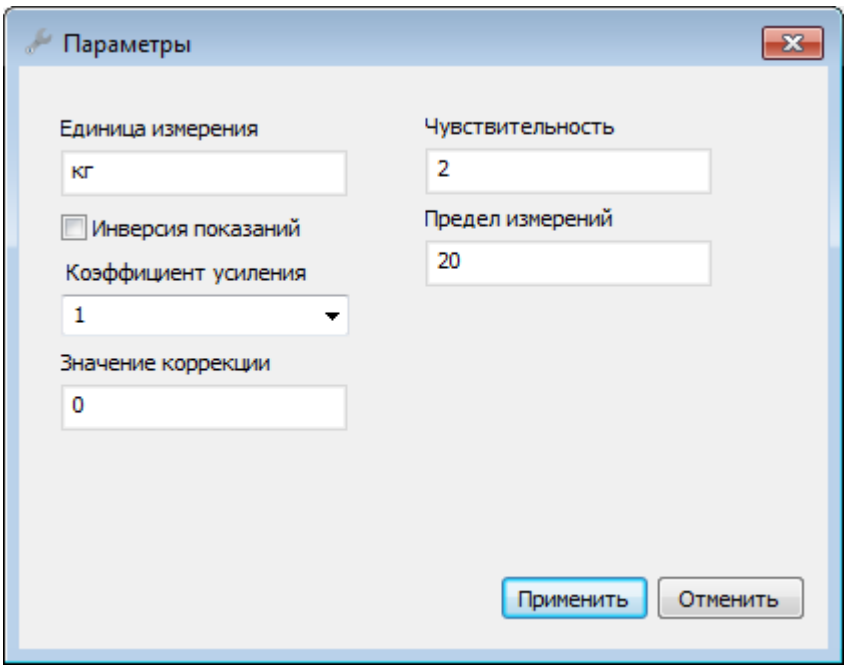


Рис.А.29 Настройка параметров тензодатчика

После ввода настроек нажать кнопку «Применить». В окне программы «Тензометр» отобразится график по выбранному измерительному каналу в соответствии с заданными настройками (*Рис.А.30*).

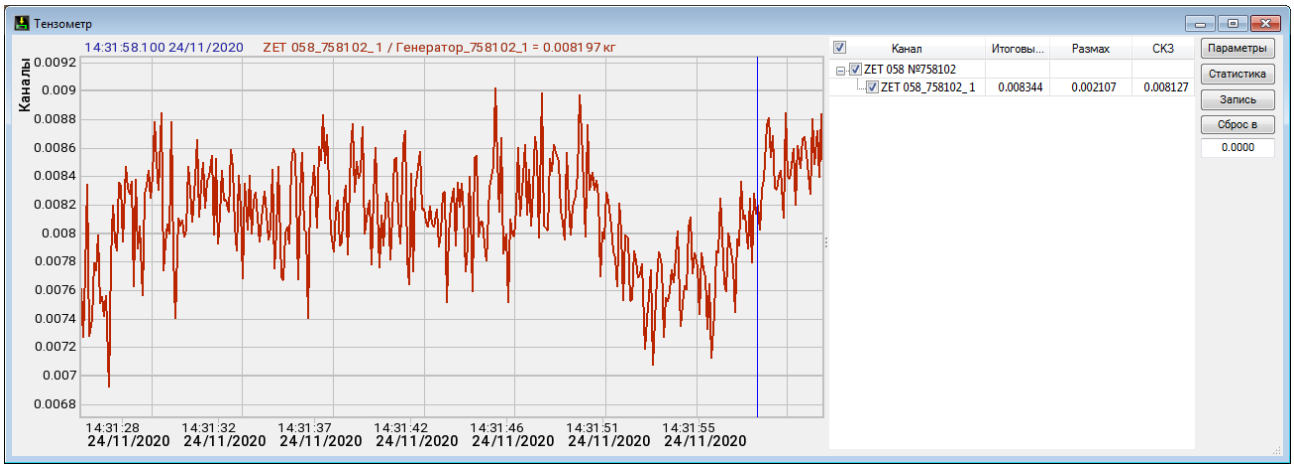
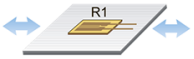
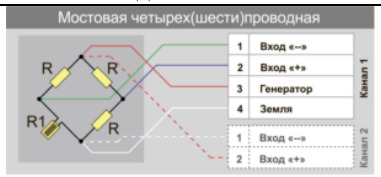
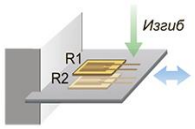
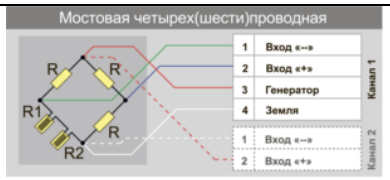
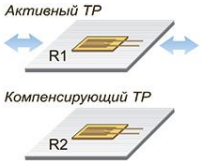
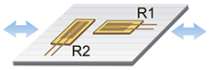
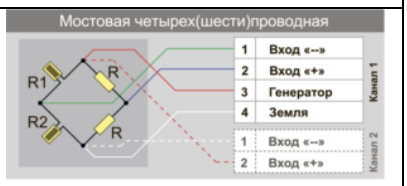
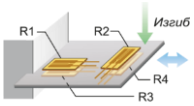
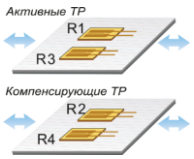
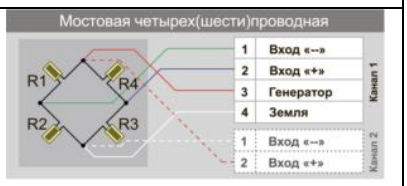
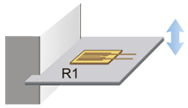
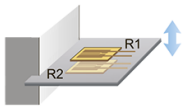
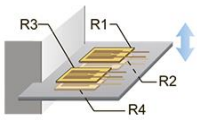
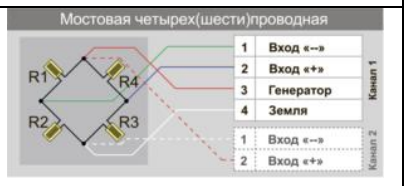
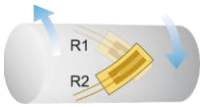
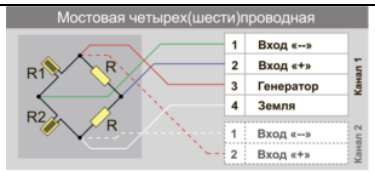
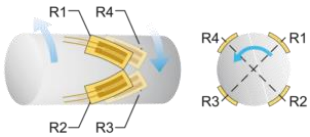
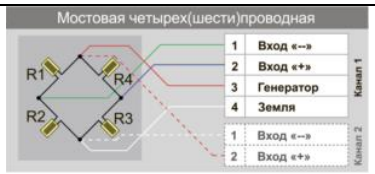


Рис.А.30 Окно программы «Тензометр»

Приложение Б
Варианты схем подключения и установки тензорезисторов

№	Вид схемы подключения (особенности измерения)	Множитель КЧ	Схема установки	Электрическая схема подключения
1	Четверть-мостовая (одноосевая деформация)	1		
2	Четверть-мостовая (одноосевая деформация с компенсацией изгиба)	1		
3	Полу-мостовая (одноосевая деформация с термокомпенсацией)	0.5		
4	Полу-мостовая (одноосевая деформация с термокомпенсацией)	0.5*(1+ν)		
5	Мостовая (одноосевая с термокомпенсацией и компенсацией изгиба)	0.5*(1+ν)		
6	Мостовая (одноосевая с термокомпенсацией)	0.5		
7	Четверть-мостовая (деформация изгиба)	1		
8	Полу-мостовая (деформация изгиба с термокомпенсацией)	1		
9	Мостовая (деформация изгиба с термокомпенсацией)	1		

10	Полу-мостовая (деформация кручения с термокомпенсацией)	1		
11	Мостовая (деформация кручения с термокомпенсацией)	1		

где ν – коэффициент Пуассона для материала на который наклеен тензорезистор

Приложение В
Расчет главных напряжений и эквивалентного напряжения для плоского напряженного состояния

Инженерной практике оценка прочности конструкций и элементов оборудования невозможна без анализа их напряжённого состояния. В реальных условиях нагружения материал, как правило, испытывает не одноосное, а сложное комбинированное воздействие, которое приводит к формированию плоского или объёмного напряжённого состояния. Для корректного описания таких случаев используются компоненты тензора напряжений, на основе которых определяются главные напряжения и эквивалентное напряжение.

Главные напряжения позволяют выявить максимальные и минимальные нормальные напряжения в рассматриваемой точке и определить наиболее опасные направления действия внутренних сил. Это особенно важно при анализе разрушения материалов, чувствительных к растяжению, а также при оценке вероятных направлений развития трещин.

Эквивалентное напряжение, в свою очередь, применяется для приведения сложного напряжённого состояния к условному одноосному эквиваленту. Такой подход позволяет выполнять проверку прочности по выбранному критерию текучести или разрушения (например, по критерию Мизеса), используя стандартные допускаемые значения для материала.

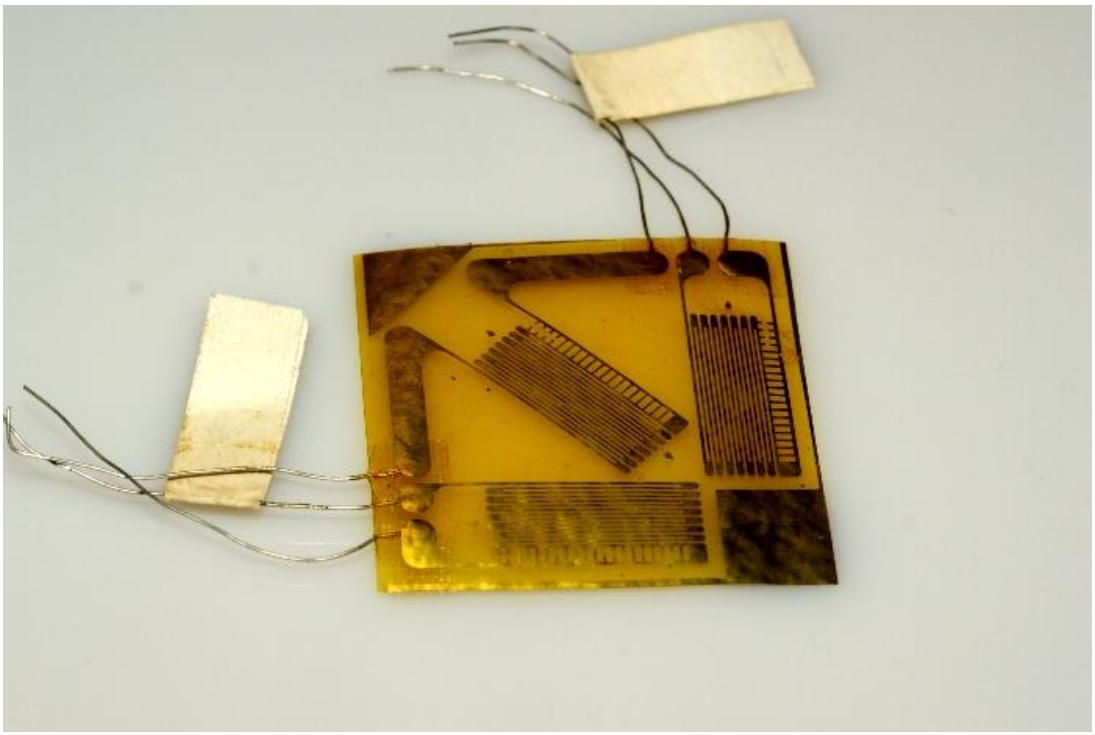


Рис. В.1 Трёхэлементный тензорезистор

В плоском напряжённом состоянии тензор напряжений имеет вид:

$$\begin{pmatrix} \sigma_x & \tau_{xy} & 0 \\ \tau_{xy} & \sigma_y & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix},$$

где σ_x, σ_y и τ_{xy} – это три составляющие тензора напряжений на плоскости, МПа.

Величины σ_x, σ_y и τ_{xy} можно рассчитать из уравнений теории упругости по закону Гука, зная относительные деформации, измеренные с помощью розетки из трех тензорезисторов, наклеенных под углами 0°, 45° и 90°:

$$\sigma_x = \frac{E}{1-\nu^2}(\varepsilon_x + \nu\varepsilon_y),$$

$$\sigma_y = \frac{E}{1-\nu^2}(\varepsilon_y + \nu\varepsilon_x),$$

$$\tau_{xy} = \frac{E}{2(1+\nu)}(2\varepsilon_{xy} - \varepsilon_x - \varepsilon_y),$$

где:

E – модуль упругости материала, МПа;

ν – коэффициент Пуассона;

ε_x, ε_y и ε_{xy} – относительные деформации, измеренные с помощью тензорезисторов, наклеенных под углами 0°, 90° и 45° соответственно.

Величину τ_{xy} также можно представить в виде:

$$\tau_{xy} = G \cdot \gamma_{xy},$$

$$G = \frac{E}{2(1+\nu)},$$

$$\gamma_{xy} = 2\varepsilon_{xy} - \varepsilon_x - \varepsilon_y,$$

где:

G – модуль сдвига, МПа;

γ_{xy} – сдвиговая деформация.

Главные напряжения в плоскости xy находятся по формуле:

$$\sigma_{1,2} = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2},$$

при этом σ_1 – наибольшее алгебраическое значение (с учетом знака), а σ_2 – наименьшее.

Эквивалентное напряжение вычисляется по формуле Мизеса через компоненты тензора:

$$\sigma_{экв} = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x\sigma_y + 3\tau_{xy}^2},$$

либо через главные напряжения:

$$\sigma_{экв} = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 - \sigma_1\sigma_2}.$$

Данные формулы справедливы и корректны только для плоского напряженного состояния, а именно:

- нет изгиба (тензорезисторы на поверхности показывают то же, что и внутри)
- толщина образца много меньше его плоских размеров (как правило, $\frac{h}{L} < 0.1$)
- измерения на свободной поверхности (на нее нет давления, т.е. составляющие σ_z, τ_{xz} и τ_{yz} тензора равны 0)

В программном обеспечении ZETLAB расчет эквивалентного напряжения по измеренным относительным деформациям может быть выполнен в программе «Формула» (*Рис. В.5*), запуск которого выполняется из меню «Автоматизация» панели ZETLAB.

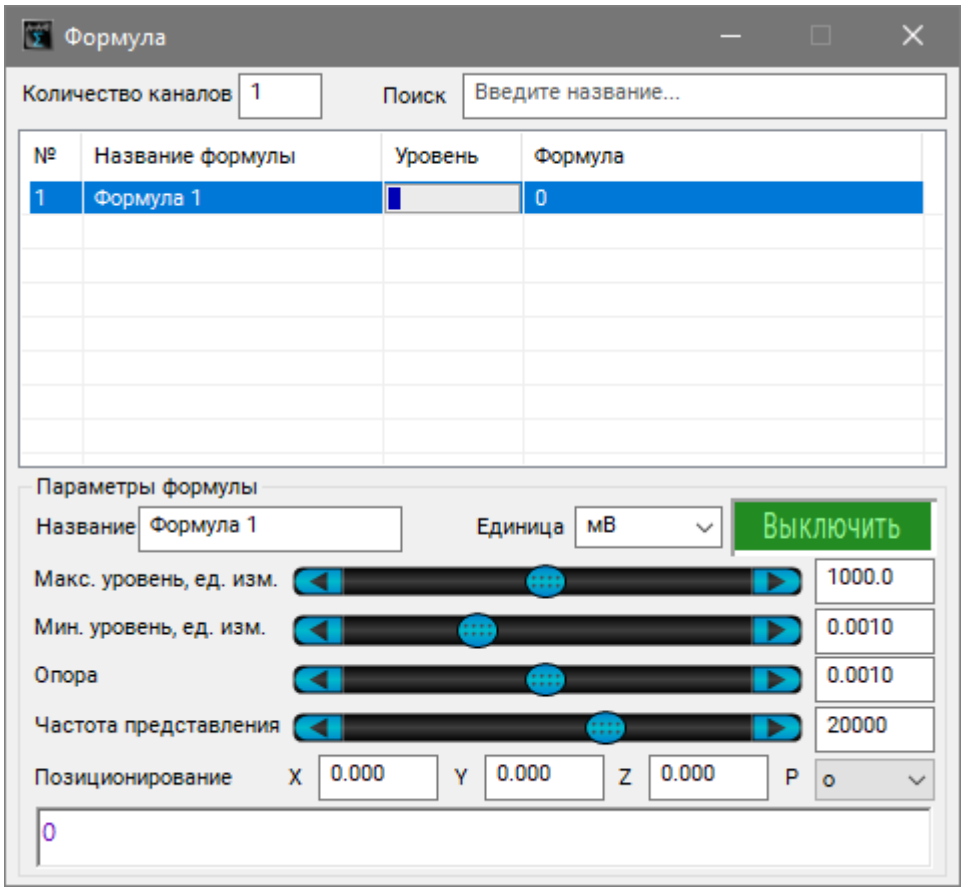


Рис. В.2 Программа «Формула»

Конфигурация программы может быть загружена в виде XML-файла. Для создания конфигурационного xml-файла необходимо создать текстовый документ, и вставить в него следующее содержимое:

```
<?xml version="1.0"?>
<ZetFormula>
        <Channel name="E" unit="МПа" formula="200000" max_level="1000000" min_level="1" reference="9.99999997e-07" sampling="1" x="0" y="0" z="0" />
        <Channel name="ν" unit="раз" formula="0.3" max_level="1" min_level="0.00100000005" reference="1" sampling="1" x="0" y="0" z="0" />
        <Channel name="σx_1" unit="МПа" formula="&lt;E> / (1 - &lt;ν> * &lt;ν>) * (&lt;εx_1> + &lt;ν> * &lt;εy_1> )" max_level="1000000" min_level="1" reference="9.99999997e-07" sampling="1" x="0" y="0" z="0" />
        <Channel name="σy_1" unit="МПа" formula="&lt;E> / (1 - &lt;ν> * &lt;ν>) * (&lt;εy_1> + &lt;ν> * &lt;εx_1> )" max_level="1000000" min_level="1" reference="9.99999997e-07" sampling="1" x="0" y="0" z="0" />
        <Channel name="τxy_1" unit="МПа" formula="&lt;E> / (1 + &lt;ν>) / 2 * ( 2 * &lt;εxy_1> - &lt;εx_1> - &lt;εy_1> )" max_level="1000000" min_level="1" reference="9.99999997e-07" sampling="1" x="0" y="0" z="0" />
        <Channel name="σэкв_1" unit="МПа" formula="sqrt( &lt;σx_1> * &lt;σx_1> + &lt;σy_1> * &lt;σy_1> - &lt;σx_1> * &lt;σy_1> + 3 * &lt;τxy_1> * &lt;τxy_1>)" max_level="1000000" min_level="1" reference="9.99999997e-07" sampling="1" x="0" y="0" z="0" />
</ZetFormula>
```

Сохранить изменения в текстовом документе, после чего закрыть его. Изменить расширение текстового документа на «XML».

В программе «Формула» в левом верхнем углу активировать главное меню программы и выбрать функцию «Загрузить» (*Рис. В.3*).

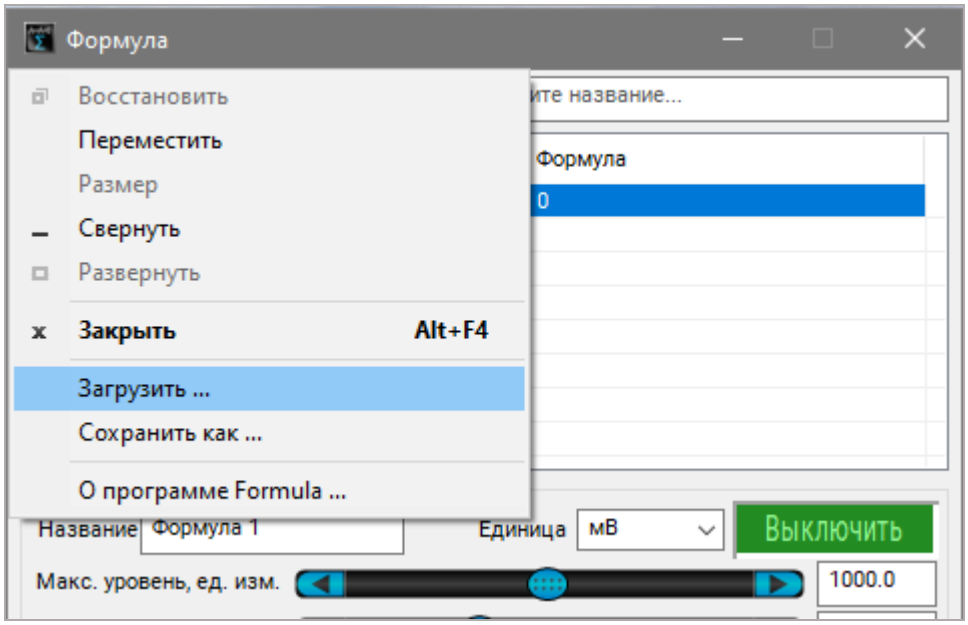


Рис. В.3 Главное меню программы «Формула»

В открывшемся окне выбрать ранее созданный конфигурационный XML-файл и нажать кнопку «Открыть» (*Рис. В.4*).

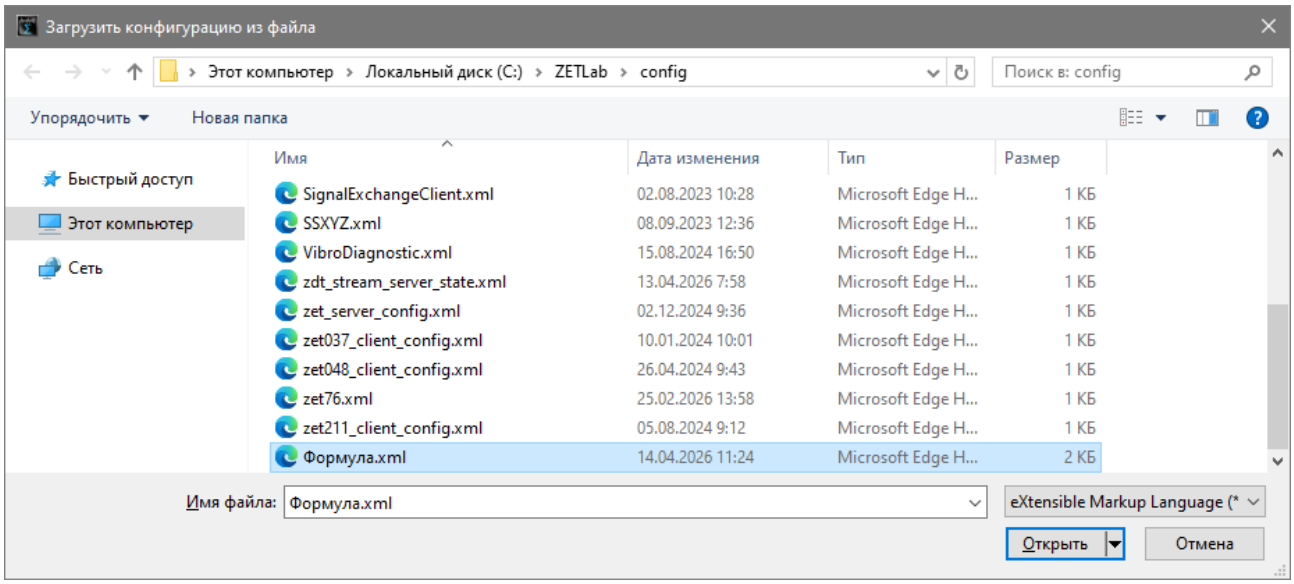


Рис. В.4 Окно «Загрузить конфигурацию из файла»

В окне «Формула» отобразятся формулы в соответствии с содержимым файла конфигурации.

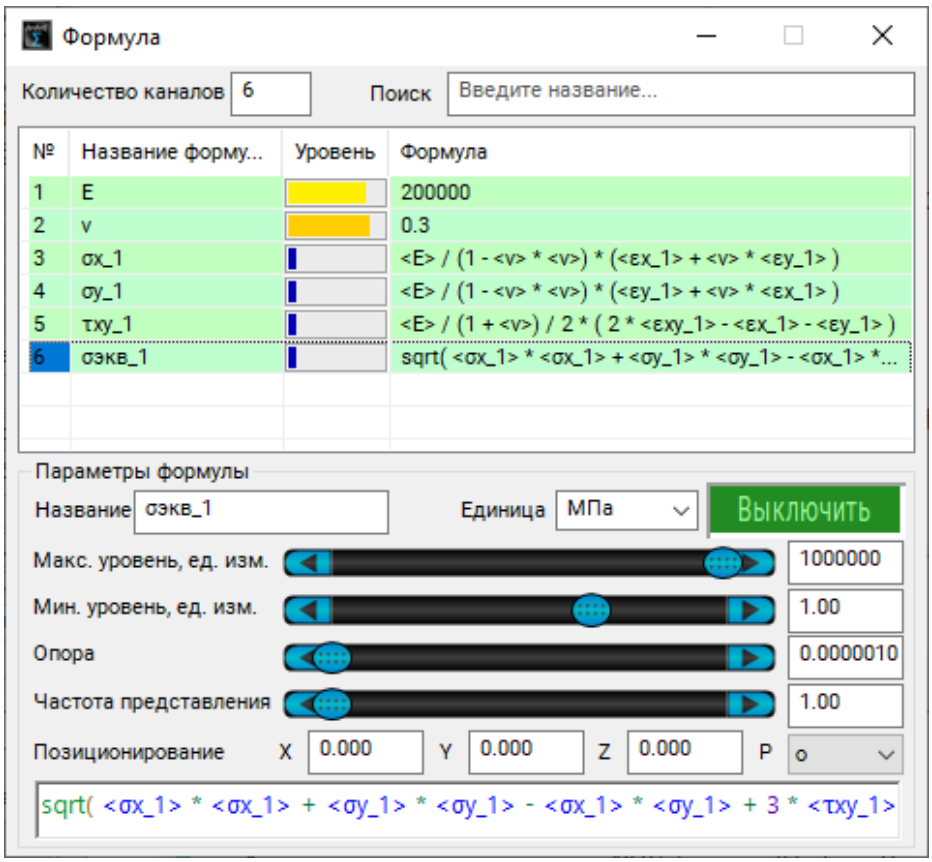


Рис. В.5 Программа «Формула»

Формула <*E*> – канал для задания модуля упругости;

Формула <*ν*> – канал для задания коэффициента Пуассона;

Формула <*σx_1*> – канал с результирующим значением составляющей тензора напряжений;

Формула <*σy_1*> – канал с результирующим значением составляющей тензора напряжений;

Формула <*τxy_1*> – канал с результирующим значением составляющей тензора напряжений;

Формула <*σэкв_1*> – канал с результирующим значением эквивалентного напряжения.

- <εx_1> – наименование измерительного канала контроллера, к которому подключен тензорезистор, измеряющий напряжение в направлении X;
- <εy_1>– наименование измерительного канала контроллера, к которому подключен тензорезистор, измеряющий напряжение в направлении Y;
- <εxy_1>– наименование измерительного канала контроллера, к которому подключен тензорезистор, измеряющий напряжение в направлении XY.