



MIC-PXI

Комплексы измерительные

Руководство по эксплуатации



МІС-РХІ

Комплексы измерительные

Руководство по эксплуатации

БЛИЖ.422212.553.001 РЭ

Редакция 1.5

Оглавление

Введение	6
Основные сведения о комплексах серии МІС-РХІ.....	7
Технические и эксплуатационные характеристики	9
Состав комплекса.....	10
1 Описание моноблока комплекса МІС-355	12
1.1 Устройство моноблока комплекса МІС-355	12
1.2 Сборка и подготовка к работе комплекса МІС-355 РХІ.....	14
1.3 Настройка.....	14
2 Описание крейта комплекса МІС-553 РХІ.....	15
2.1 Устройство крейта РХІ-1045 комплекса МІС-553 РХІ.....	15
2.2 Сборка и настройка комплекса МІС-553 РХІ.....	16
2.3 Настройка синхронизации.....	21
2.4 Работа	22
3 Описание крейта комплекса МІС-551 РХІ.....	23
Устройство крейта РХІ-1033 комплекса МІС-551 РХІ.....	23
Сборка комплекса и настройка МІС-551 РХІ	25
4 Описание и работа модуля МХ-132.....	26
4.1 Описание и работа модуля МХ-132.....	26
4.1.1 Назначение и область применения	26
4.1.2 Конструктивное исполнение модуля	27
4.1.3 Работа модуля МХ-132.....	29
4.1.4 Подключение источников сигнала.....	31
4.1.5 Настройка измерительного канала.....	32
5 Описание и работа модуля МХ-224, АЦП	35
5.1 Назначение и область применения	35
5.2 Основные технические характеристики модуля	35
5.3 Нормируемые метрологические характеристики	36
5.4 Конструктивное исполнение модуля.....	37
5.4.1 Разъемы.....	37
5.4.2 Функциональная схема модуля МХ-224	38
5.5 Подключение источников сигнала	39
5.5.1 Работа с внешними усилителями с недифференциальным выходом.....	39
5.5.2 Работа с внешними усилителями-преобразователями с дифференциальным выходом	40
5.5.3 Работа с датчиками и внешними усилителями-преобразователями с питанием током ІСР.....	40
5.6 Настройка измерительного канала	41
5.6.1 Вкладка "Общие настройки"	42
5.6.2 Вкладка "Модуль АЦП"	43
5.6.3 Конфигурирование датчиков.....	45
5.6.4 Проверка настройки каналов.....	47
5.6.5 Балансировка каналов	47
5.6.6 Проверка работоспособности.....	47
5.7 Метрология	48
5.8 Индикация состояний канала	48
5.9 Неисправности и методы их устранения	49
6 Описание и работа модуля МХ-228, АЦП	50
6.1 Назначение и область применения	50
6.2 Основные технические характеристики модуля	50
6.3 Нормируемые метрологические характеристики	51
6.4 Конструктивное исполнение модуля.....	52
6.4.1 Разъемы.....	52

6.4.2	Функциональная схема модуля МХ-228	55
6.5	Подключение источников сигнала	56
6.6	Настройка измерительного канала	56
6.7	Неисправности и методы их устранения	56
7	Описание и работа модуля МХ-240, АЦП с усилителем-преобразователем заряда	57
7.1	Назначение и область применения	57
7.2	Основные технические характеристики	58
7.2.1	Нормируемые метрологические характеристики	59
7.3	Конструктивное исполнение модуля	59
7.4	Функциональная схема модуля МХ-240	61
7.5	Настройка измерительного канала усилителя	62
7.5.1	Включение/выключение встроенного усилителя заряда	63
7.5.2	Вкладка "Общие настройки"	64
7.5.3	Вкладка "Встроенный усилитель"	66
7.5.4	Вкладка "Модуль АЦП"	67
7.5.5	Работа с пьезоэлектрическими датчиками (РЕ)	68
7.5.6	Работа с датчиками типа ICP (IEPE)	68
7.5.7	Работа с усилителями заряда или источниками сигналов напряжения	69
7.6	Конфигурирование датчиков	69
7.7	Проверка настройки каналов	71
7.8	Балансировка каналов	72
7.9	Проверка работоспособности	72
7.10	Подключение источников сигнала	73
7.10.1	Работа с недифференциальными датчиками	73
7.10.2	Работа с дифференциальными датчиками	74
7.10.3	Работа с датчиками ICP	75
7.10.4	Работа с внешними усилителями	76
7.11	Идентификация модуля	77
7.12	Метрология	78
7.13	Индикация состояний канала	79
7.14	Неисправности и методы их устранения	79
8	Описание и работа модуля МХ-310, АЦП с тензоусилителем	80
8.1	Назначение и область применения	80
8.2	Основные технические характеристики модуля МХ-310	81
8.3	Нормируемые метрологические характеристики	82
8.4	Конструктивное исполнение модуля	83
8.4.1	Функциональная схема модуля МХ-310	84
8.5	Подключение источников сигнала	86
8.5.1	Работа с одиночным тензорезистором	86
8.5.2	Работа с внешними усилителями-преобразователями (дифференциальное подключение)	86
8.5.3	Работа с внешними усилителями-преобразователями (недифференциальное подключение)	87
8.5.4	Работа с внешними усилителями-преобразователями с питанием током ICP	87
8.5.5	Работа с датчиками типа ICP	88
8.6	Настройка измерительного канала усилителя	90
8.6.1	Включение/выключение встроенного тензометрического усилителя	90
8.6.2	Вкладка "Общие настройки"	91
8.6.3	Вкладка "Встроенный усилитель"	93
8.6.4	Вкладка "Модуль АЦП"	94
8.6.5	Конфигурирование датчиков	95
8.6.6	Проверка настройки каналов	97

8.6.7	Балансировка каналов	97
8.6.8	Проверка работоспособности	98
8.7	Метрология	99
8.8	Индикация состояний канала	100
8.9	Неисправности и методы их устранения	100
8.10	Назначение и область применения.....	101
8.11	Основные технические характеристики модуля МХ-340.v6.....	102
8.12	Нормируемые метрологические характеристики	103
8.12.1	Типовой уровень собственных шумов	104
8.13	Конструктивное исполнение модуля	105
8.14	Функциональная схема модуля МХ-340.....	106
8.15	Подключение источников сигнала	108
8.15.1	Одиночный тензорезистор.....	108
8.15.2	Потенциометр	109
8.15.3	Четвертьмост.....	110
8.15.4	Полумост	114
8.15.5	Мост.....	116
8.16	Настройка измерительного канала усилителя	119
8.16.1	Добавление тензометрического усилителя в состав измерительного оборудования	120
8.16.2	Добавление измерительных каналов.....	121
8.16.3	Добавление датчика	122
Диалог настройки измерительного канала.....		123
8.16.4	Вкладка "Общие настройки"	125
8.16.5	Вкладка "Встроенный усилитель"	126
8.16.6	Вкладка "Модуль АЦП".....	127
8.16.7	Вкладка "Датчик"	128
8.17	Проверка настройки каналов	129
8.18	Балансировка каналов.....	130
8.19	Проверка работоспособности	130
8.19.1	Проверка работоспособности АЦП.....	130
8.19.2	Проверка работоспособности встроенных усилителей - опорное напряжение - 5 мВ	131
8.19.3	Проверка работоспособности встроенных усилителей - имитатор датчика 200 Ом	131
8.19.4	Проверка работоспособности тензометрического датчика встроенными шунтами	131
8.20	Метрология.....	132
8.21	Индикация состояний канала.....	133
Неисправности и методы их устранения.....		134
9	Описание модуля синхронизации МХ-020	135
9.1	Назначение и область применения МХ-020	135
9.2	Технические характеристики модуля МХ-020.....	135
9.3	Конструктивное исполнение модуля МХ-020.....	135
9.4	Функциональная схема модуля МХ-020	137
9.5	Работа модуля МХ-020	137
9.6	Настройка МХ-020	138
9.7	Синхронизация нескольких МІС	141
10	Техническое обслуживание	143
10.1	Общие указания.....	143
10.2	Требования к составу и квалификации обслуживающего персонала.....	143
10.3	Порядок технического обслуживания	143
10.4	Проверка работоспособности	144

10.5	Поверка и калибровка.....	144
10.6	Перечень возможных неисправностей и ремонт	144
11	Хранение, консервация и расконсервация	145
12	Транспортирование	146
13	Утилизация.....	147
	Перечень ссылочных документов.....	148
	Приложение 1. Рекомендации по применению РХІ модулей.....	149
	Приложение 2. Схемы включения тензорезисторов.....	151
	Четвертьмост; 2-проводное подключение	153
	Четвертьмост; 3-проводное подключение	155
	Потенциометр	155
	Тензометр	157
	Полумост с одним активным тензорезистором. Выход 1х.....	159
	Полумост с двумя активными ТР. Выход (1+v)	161
	Полумост с двумя активными ТР. Выход 2х	163
	Мост с одним активным тензорезистором. Выход 1х	165
	Мост с двумя активными ТР. Выход (1+v).....	166
	Мост с двумя активными ТР в точках противофазной деформации. Выход 2х	167
	Мост с двумя активными ТР в точках синфазной деформации. Выход 2х	168
	Мост с четырьмя активными ТР в точках синфазной деформации. Выход 2·(1+v)....	170
	Мост с четырьмя активными ТР в точках противофазной деформации. Выход 2·(1+v)	171
	Мост с четырьмя активными ТР. Выход 4х.....	172
	Приложение 3. Тензометрические измерения.....	175
	Аппаратурное и программное обеспечение тензометрических измерений	175
	Представление тензодатчика в MR-300	176
	Добавление тензодатчиков	176
	Диалог настройки тензодатчика	178
	Настройка датчика для режима измерений относительной деформации	180
	Настройка датчика для режима измерений механических напряжений.....	181
	Настройка датчика для режима измерений произвольной физической величины.....	182
	Проверка настройки каналов.....	183
	Приложение 4. Справочные материалы	184
	Термокомпенсированные тензорезисторы.....	184
	Глоссарий	185

Введение

Настоящая книга является руководством по эксплуатации (РЭ) комплексов измерения динамических сигналов МИС-РХІ. РЭ содержит сведения о назначении, работе и технических характеристиках комплекса и его составных частей, необходимые для правильной эксплуатации (использованию по назначению, транспортированию, хранению, техническому обслуживанию), поддержании готовности к работе и использования технических возможностей.

Основные сведения об устройстве, характеристиках и работе комплексов МИС-РХІ вынесены во введение.

Сведения о включении комплексов, настройки конфигурации и методах синхронизации функциональных модулей и нескольких комплексов даны:

для МИС-355 (БЛИЖ.422212.355.001) в разделе 1,

для МИС-553РХІ (БЛИЖ. 422212.553.001) в разделе 2,

для МИС-551РХІ (БЛИЖ. 422212.551.001) в разделе 3

Полная информация о технических характеристиках функциональных модулей, предназначенных для работы в комплексах серии РХІ, способах применения комплексов, вариантах построения измерительных схем и методах настройки комплексов приведена в разделах 3 - 6, описывающих функциональные модули и их работу в составе комплекса.

В последующих разделах содержатся сведения по техническому обслуживанию комплекса, указания по его ремонту, хранению и транспортированию.

В приложениях приведена подробная информация по использованию тензодатчиков для измерения механических напряжений, описаны диалоги настройки тензодатчиков, даны полезные для построения измерительных схем справочные материалы.

Сравнительные характеристики и рекомендации по применению модулей, устанавливаемых в комплексы МИС-РХІ для различных видов измерений, приведены в приложении 1.

Помимо настоящего руководства по эксплуатации комплексов МИС-РХІ следует использовать документ «Программа для регистрации и экспресс обработки сигналов MR-300. Руководство пользователя» [2].

Для управления комплексами также может быть использовано ПО Recorder, при использовании которого следует пользоваться руководством [3];

Внимание:

Настоящая редакция 1.4 РЭ содержит описание модуля МХ-340 в исполнении v.6.

Редакция 1.2 РЭ содержит описание модуля МХ-340 в исполнении v.5.

Основные сведения о комплексах серии МІС-РХІ

МІС-РХІ это серия аппаратно-программных комплексов модульного типа, предназначенных для измерения напряжения постоянного и переменного тока, сигналов от датчиков тензометрических и пьезоэлектрических датчиков.

Комплексы данной серии являются электронными измерительными приборами, построенными на модульной платформе РХІ. Комплексы предназначены для создания многофункциональных высокопроизводительных автоматизированных измерительных систем, используемых для оснащения испытательных стендов машиностроительных предприятий и исследовательских лабораторий.

Комплексы МІС-РХІ, в зависимости от состава установленных в кейт модулей обеспечивают:

- реализацию различных измерительных схем подключения датчиков; настройку измерительных схем и управление процессом измерений по командам встроенного в комплекс, или удаленного компьютера (ПЭВМ);
- регистрацию и анализ данных измерения динамических процессов в режиме реального времени;
- аналого-цифровое преобразование и передачу измерительной информации на станцию сбора данных;
- питание (внешних) первичных преобразователей (датчиков);
- создание и применение градуировочных характеристик первичных преобразователей;
- контроль и сравнение с уставками значений измеряемых и расчетных параметров;
- тестирование работоспособности каналов;
- временную синхронизацию между функциональными модулями и несколькими комплексами с погрешностью менее 200 нс;
- привязку регистрируемых процессов к абсолютному времени систем ГЛОНАСС/GPS.

В конструкции приборов использованы изделия (материалы и компоненты) широкого применения.

Применение специальных мер по безопасности при работе с приборами не требуется.

Сменные источники питания при эксплуатации приборов не используются.

Комплексы МІС-РХІ выпускаются в трех основных исполнениях:

- МІС-355 (БЛИЖ.422212.355.001) – компактный переносной моноблок, включающий модульный блок питания, встроенную ПЭВМ в составе процессорного модуля, 15” LCD монитора, беспроводной клавиатуры и мыши; В МІС-355 может быть установлено до шести функциональных модулей, включающих всего до 24 измерительных каналов;
- МІС-553РХІ (БЛИЖ.422212.553.001) - высокопроизводительный измерительный комплекс на базе шасси в настольном исполнении или корпусе, предназначенном для установки в приборную стойку 19”; МІС-553РХІ содержит оптический контроллер связи, обеспечивающий управление и сбор измерительной информации, удаленной ПЭВМ; В МІС-553РХІ может быть установлено до шестнадцати функциональных модулей, включающих всего 64 измерительных канала;
- МІС-551РХІ (БЛИЖ.422212.551.001) - высокопроизводительный измерительный комплекс на базе шасси в настольном исполнении; внешнее устройство МХІ-Express обеспечивает связь МІС-551РХІ с ноутбуком, выполняющим функции управления комплексом и сбора измерительной информации; В МІС-551РХІ может быть установлено до четырех функциональных модулей, включающих всего 16 измерительных каналов.

Технические и эксплуатационные характеристики

Комплексы MIC-PXI производят сбор измерительной информации по 16 каналам (MIC-551PXI), 24 каналам (MIC-355) или по 64 каналам (MIC-553PXI) с частотой дискретизации до 216 кГц на каждый канал.

Временная межканальная задержка между модулями, установленными в один кейт не превышает 50 нсек, в различные кейты - 500 нсек.

Максимально допустимая длина оптического кабеля связи между кейтом MIC-553PXI и управляющей ПЭВМ 200 м. Скорость передачи данных в управляющую ПЭВМ до 55МБ/сек.

Максимальная удаленность MIC-551PXI от управляющего ноутбука, подключенного устройством MXI-Express, составляет 7 метров.

Технические характеристики и нормируемые метрологические характеристики измерительных каналов определяются типом модулей установленных в комплекс и приводятся в разделах РЭ, содержащих описание модуля.

Значения параметров нормальных и рабочих условий эксплуатации общие для всех вариантов исполнения комплексов приведены в таблицах: 1 и Таблица 2.

Таблица 1-Нормальные условия эксплуатации комплексов

Параметр	Значение
Температура окружающего воздуха, °С	20 ±5
Относительная влажность воздуха, %	30...80
Атмосферное давление, кПа (мм. рт. ст.)	84...106,7 (630...800)
Частота питающей сети переменного тока, Гц	50 ±1
Напряжение питающей сети переменного тока, В	210 ... 230 (MIC-553PXI) 110 ... 240 (MIC-355)

Таблица 2-Рабочие условия эксплуатации

Параметр	Значение
Температура окружающего воздуха, °С	5... 50
Относительная влажность воздуха при температуре 30 °С, %	не более 80
Атмосферное давление, кПа (мм. рт. ст.)	70...106,7 (525...800)
Вибрации в диапазоне от 1 до 25 Гц, не более, мм	1
Частота питающей сети переменного тока, Гц	47 ... 65
Напряжение питающей сети переменного тока, В	200 ... 240 (MIC-553PXI) 110 ... 240 (MIC-355, MIC-551)

Потребляемая мощность при максимальном напряжении питания, не более, ВА	600 (MIC-553PXI) 400 (MIC-355, MIC-551)
-------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------

Габариты и масса комплексов в различных вариантах исполнения и его основных составляющих частей приведены в таблице 3.

Таблица 3 -Габариты и масса составляющих комплексов

Устройство	Габаритные размеры, мм / вес, кг не более
Комплекс MIC-355 (моноблок)	345 x 285 x 190 / 8,1
Комплекс MIC-553 PXI (крейт)	446 x 437 x 177 / 16
Комплекс MIC-551 PXI (крейт)	255* x 210 x 190 / 7,2
Модули MX-224, MX-240, MX-310, MX-340	соответствуют стандарту 3U

* с ручкой для переноски 300 мм.

Состав комплекса

Комплексы MIC-PXI комплектуются и программируются под конкретные задачи пользователя и могут содержать следующие компоненты:

- Моноблок с объединительной платой, модульным блоком питания и встроенным 15” LCD монитором, производства НПП «МЕРА»*;
- Крейт PXI-1045 производства корпорации National Instruments или аналог **;
- Крейт PXI-1033 производства корпорации National Instruments или аналог ***;
- Функциональные модули MX-224, содержащие 4 независимых канала измерения напряжений с дифференциальным входом с частотой дискретизации аналоговых сигналов датчиков на входах до 216 кГц по каждому каналу;
- Функциональные модули MX-240 – 4х-канальные аналого-цифровые измерительные преобразователи со встроенными программно-отключаемыми усилителями заряда;
- Функциональные модули MX-310 - 4х-канальные аналого-цифровые измерительные преобразователи со встроенными программно-отключаемыми усилителями и взвешенными источниками тока для питания тензодатчиков, предназначенные для динамических тензоизмерений;
- Функциональные модули MX-340 – 4х-канальные аналого-цифровые измерительные преобразователи со встроенными программно-отключаемыми усилителями и взвешенными источниками тока для питания тензодатчиков, предназначенные для статико-динамических тензоизмерений;
- Процессорный модуль ADLink Core2Duo, T7500 2.2ГГц, 2x512MB DDR2, DVI, 2xGbLAN*;
- Накопитель SDD 240Gb*;
- Беспроводной комплект: клавиатура и мышь*;
- Модуль синхронизации MX-020**;

- Интерфейсный модуль РХІ-8336**;
- Интерфейсный модуль ExpressCard-8360 для подключения к ноутбуку***;
- Интерфейсная плата РСІ-8336 для установки в управляющую ПЭВМ**;
- Кабель сигнальный оптический для связи с компьютером**;
- Компакт-диск, содержащий ПО крейта NI-DAQ;
- Компакт-диск, содержащий ПО Recorder или MR-300;
- Силовой кабель для сети переменного тока 220В;
- Руководство по эксплуатации;
- * Только для комплекса МІС-355 .
- ** Только для комплекса МІС-553 РХІ.
- *** Только для комплекса МІС-551 РХІ.

1 Описание моноблока комплекса МІС-355

1.1 Устройство моноблока комплекса МІС-355

Комплекс МІС-355 комплектуется в пластмассовом корпусе с объединительной платой, в который устанавливаются (см. Рис. 1):

- 15" LCD монитор;
- Модульным блоком питания;
- Процессорный модуль с дисковым накопителем SDD 240Gb*;
- Функциональные модули;
- Дисковый накопитель;
- Вентилятор;
- Беспроводной комплект: клавиатура и мышь*;

В качестве функциональных модулей в свободные слоты крейтов могут быть установлены любые РХІ модули формата 3U, описанные в настоящем РЭ. Для установки в МІС-РХІ других РХІ модулей может потребоваться доработка программного обеспечения, поддерживающего работу комплексов Recorder или MR-300.

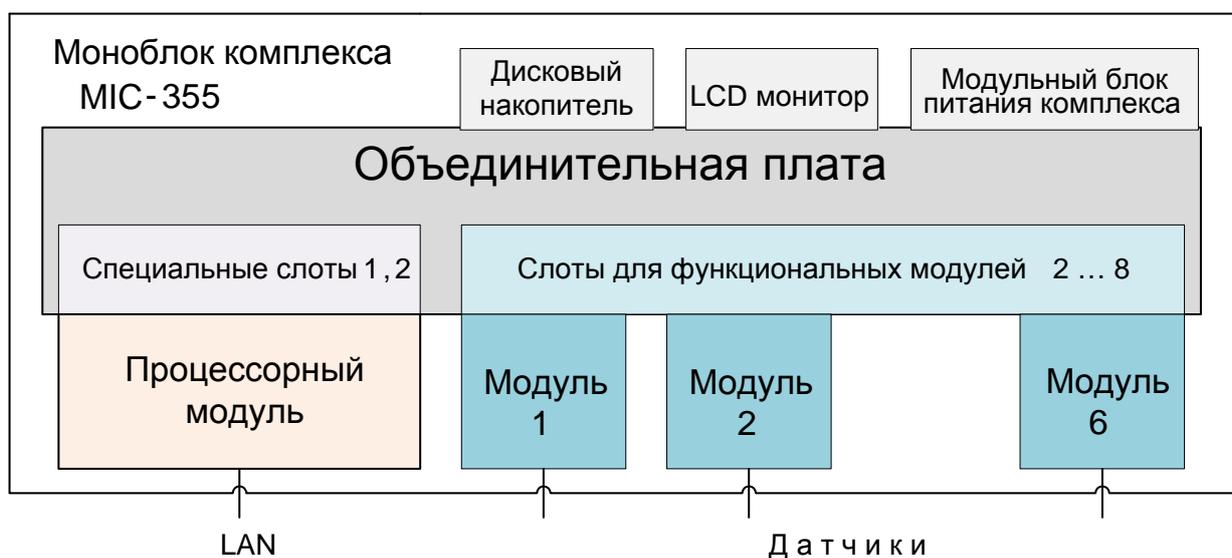


Рис. 1 - Структура измерительного комплекса МІС-355

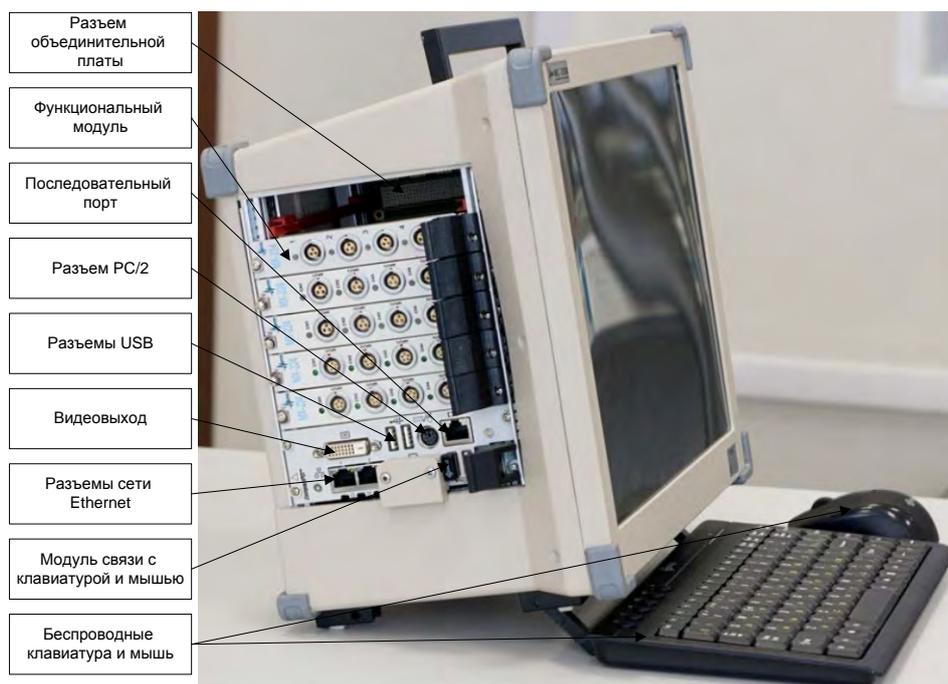


Рис. 2 – Комплекс MIC-355 (Вид 1 комплекса)

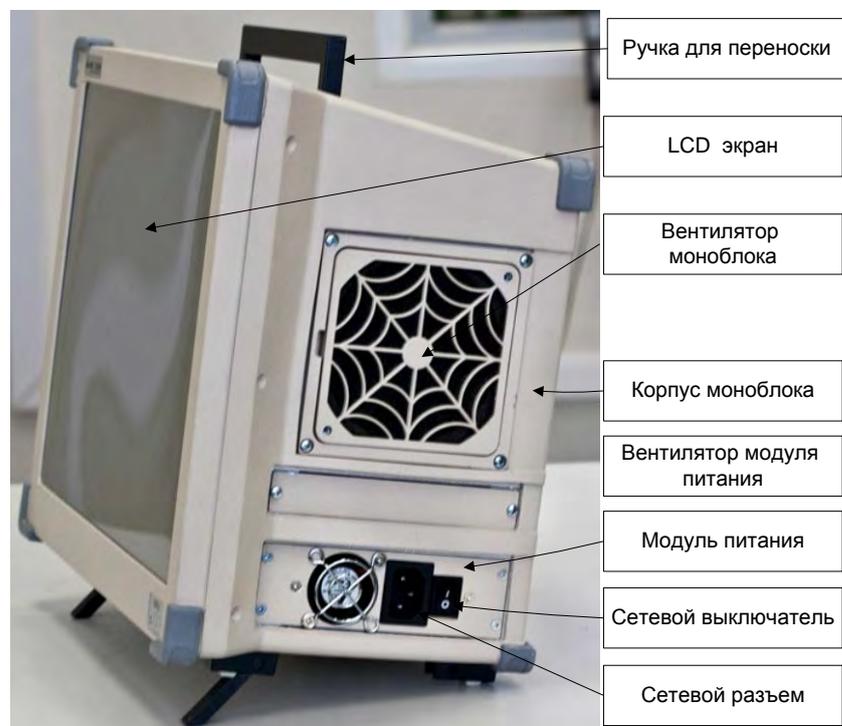


Рис. 3 – Комплекс MIC-355 (Вид 2 комплекса)

1.2 Сборка и подготовка к работе комплекса МІС-355 РХІ

Поставка измерительного комплекса МІС-355 производится в собранном виде.

При необходимости выполнения пользователем сборочных операций, например, при изменении состава модулей, необходимо обратить внимание на следующее: процессорный модуль всегда должен быть установлен в специальные системные слоты объединительной платы №1/№2. Функциональные модули устанавливаются в свободные слоты платы с №3 до №8. Для фиксации модулей в корпусе необходимо использовать рычаг с фиксатором и два винта в верхней и нижней части лицевой панели модуля.

При установке и извлечении модулей необходимо принимать меры направленные на предотвращение их повреждения статическим электричеством: использование антистатической одежды, заземление инструмента и оборудования, заземляющих браслетов.

Разъем кабеля электропитания, сетевой выключатель расположены на боковой панели корпуса. Дополнительного заземления комплекса не требуется.

Корпус моноблока имеет встроенный вентилятор, который работает в непрерывном режиме. Комплекс может быть подключен к сети Ethernet через сетевые разъемы, расположенные на панели процессорного модуля.

На управляющей ПЭВМ должно быть установлена операционная система Microsoft Windows XP / Windows7 и программное обеспечение, MR-300 или Recorder.

1.3 Настройка

При подготовке к работе комплекс МІС-355 не требует выполнения специальных операций по его настройке.

После загрузки операционной системы на управляющем устройстве будут автоматически обнаружены новые подключенные устройства и установлено необходимое для их работы программное обеспечение.

Для начала работы с комплексом необходимо сконфигурировать программу MR-300. Для этого необходимо запустить на выполнение программу MR-300, затем нажать кнопку «Настройка регистратора», расположенную на панели управления в главном окне программы (см. Рис. 7) или клавишу F5 на клавиатуре ПЭВМ.

Разъем DHR15F, установленный на боковой панели MIC-533M предназначен для подключения к сети СЕВ и имеет следующее назначение контактов:

- 2 – вход сигнала «начало отсчета» (NO IN),
- 3 – вход сигнала «протяжка» (PP IN),
- 4 – вход сигнала «единого времени» (SEV IN),
- 7, 8, 9, 13 – общий провод (GND),
- 14 – выход напряжения +5 В,
- 15 – выход напряжения +12 В.

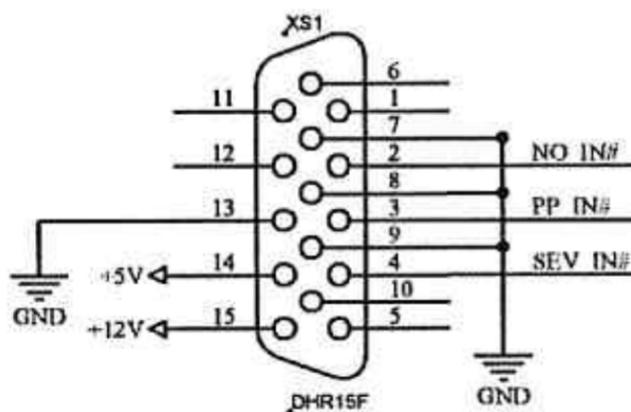


Рисунок 3а - Распиновка разъема DHR15F

В MIC-533M могут быть установлены различные типы двухслотового процессорного модуля сPCI-3510, отличающихся возможностями подключения внешних устройств, в частности, внешних мониторов, портов USB и аудиоустройств.

Основной вариант исполнения комплекса MIC-533M – с модулем сPCI-3510BLD/4700E/M4G/S32. Данный тип модуля имеет один порт DVI-I, к которому подключен встроенный монитор комплекса. К разъему DVI-I на панели модуля может быть подключен внешний монитор, но встроенный монитор при этом будет отключен.

При необходимости иметь в работе одновременно встроенный монитор и внешний в качестве дополнительного, рекомендуется использовать конвертер видеоадаптера, например, USB3.0 TO HDMI VGA DVI RJ45.

2 Описание крейта комплекса МІС-553 РХІ

2.1 Устройство крейта РХІ-1045 комплекса МІС-553 РХІ

Комплекс МІС-553 РХІ монтируется в корпусе настольного исполнения, который может быть также установлен в приборную стойку 19”.

В качестве основного корпусного элемента комплекса МІС-553 РХІ используется крейт РХІ-1045 производства корпорации National Instruments или его аналога.

В крейт может быть установлено от 1 до 16 функциональных модулей, что позволяет оптимизировать структуру измерительного комплекса в соответствии с задачами потребителя.

Структура измерительного комплекса МІС-553 РХІ представлена на Рис. 4.

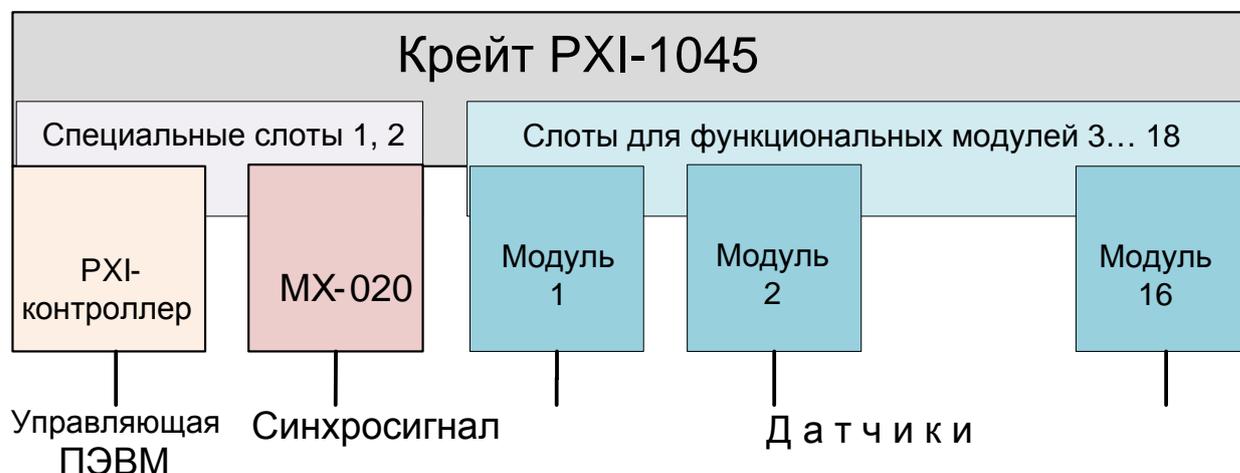


Рис. 4 - Структура измерительного комплекса МІС-553РХІ

Крейт РХІ обеспечивает и доступ управляющей ПЭВМ к функциональным модулям, входящим в состав измерительного комплекса, электропитание и синхронизацию работы модулей.

Интерфейсный модуль обеспечивает обмен данными между модулями и управляющей ПЭВМ.

Внешний вид комплекса МІС-553 РХІ, построенного на основе крейта РХІ-1045 показан на рисунках Рис. 5 и Рис. 6.

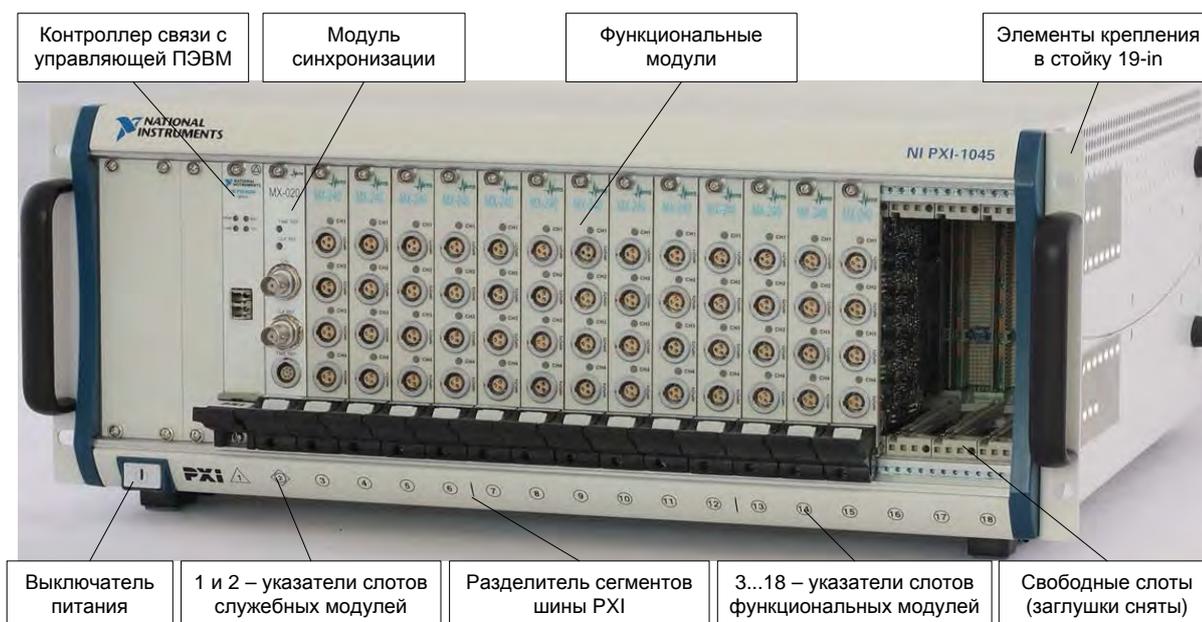


Рис. 5 - Комплекс MIC-553 (Передний вид)



Рис. 6 - Комплекс MIC-553 (Задний вид)

2.2 Сборка и настройка комплекса MIC-553 PXI

В случае поставки комплекса в виде отдельных компонентов необходимо произвести его сборку и настройку.

Системный контроллер должен быть установлен в специальный системный слот крейта (кроме крейтов со встроенными системными контроллерами), остальные функциональные модули могут быть установлены в свободные слоты крейта,

предназначенные для периферийных модулей. При установке и извлечении модулей необходимо принимать меры направленные на предотвращение повреждения их статическим электричеством (такие как снятие статического заряда и соответствующее заземление оператора и оборудования).

Для фиксации модулей в корпусе крейта необходимо использовать рычаг с фиксатором и два винта в верхней и нижней части лицевой панели модуля.

Разъем кабеля электропитания, сетевой предохранитель и клемма заземления расположены на задней панели крейта. Перед подключением к сети питания корпус крейта должен быть надежно заземлен.

Корпус крейта имеет встроенные вентиляторы, которые могут работать в автоматическом или непрерывном режиме. При температуре окружающей среды выше 30 °С рекомендуется с помощью переключателя на задней панели установить режим непрерывной вентиляции.

Перед подключением комплекса к управляющему устройству необходимо установить на управляющее устройство программное обеспечение, поставляемое производителем крейта, системных контроллеров и программу MR-300. После установки ПО необходимо выключить управляющее устройство, соединить соответствующим интерфейсным кабелем системный контроллер крейта с интерфейсным контроллером управляющего устройства, затем включить электропитание крейта, после чего включить управляющее устройство. После загрузки операционной системы на управляющем устройстве будут автоматически обнаружены новые подключенные устройства и установлено необходимое для их работы программное обеспечение.

Для начала работы с комплексом необходимо сконфигурировать программу MR-300. Для этого необходимо запустить на выполнение программу MR-300, затем нажать кнопку «Настройка регистратора», расположенную на панели управления в главном окне программы (см. Рис. 7) или клавишу F5 на клавиатуре ПЭВМ.

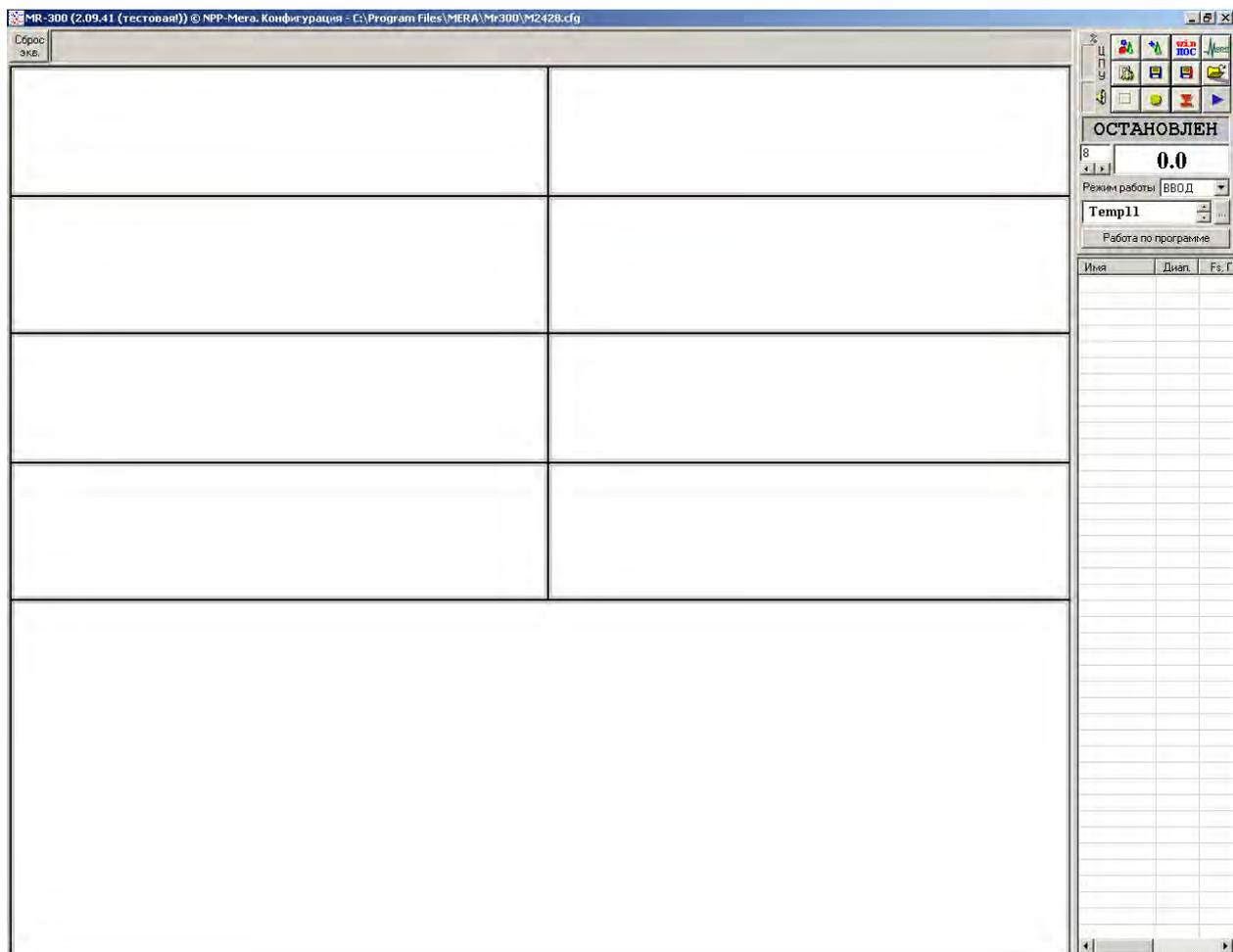


Рис. 7 - Главное окно программы MR-300

В результате на экран будет выведено окно «Настройка MR-300» (см. Рис. 8). Открыть в окне вкладку «Устройства» и нажать кнопку «Поиск устройств» в нижней части окна.

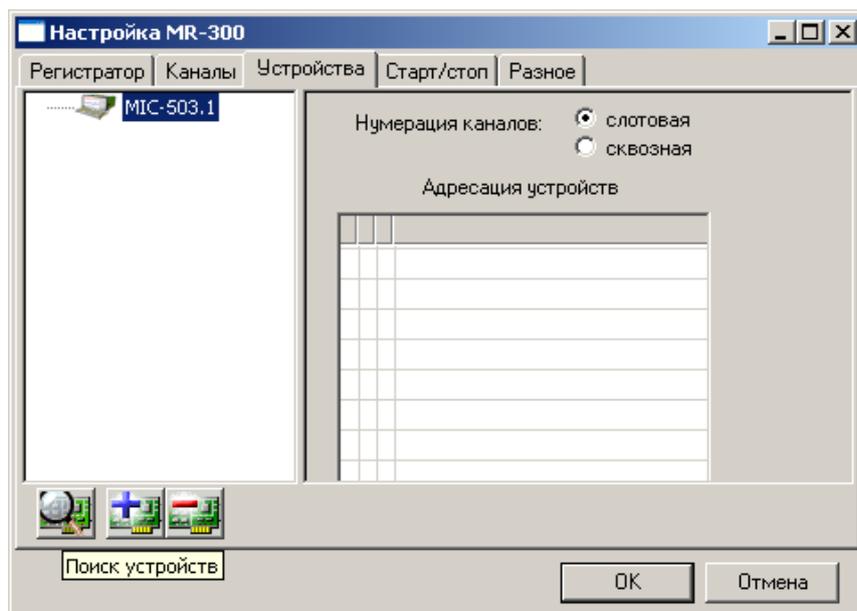


Рис. 8 - Вкладка «Устройства» окна «Настройка MR-300»

В результате выполнения автопоиска будет выведено окно «Добавить устройства» (см. Рис. 9), в котором необходимо отметить требуемые для работы устройства и нажать клавишу «ОК» в нижней части окна.

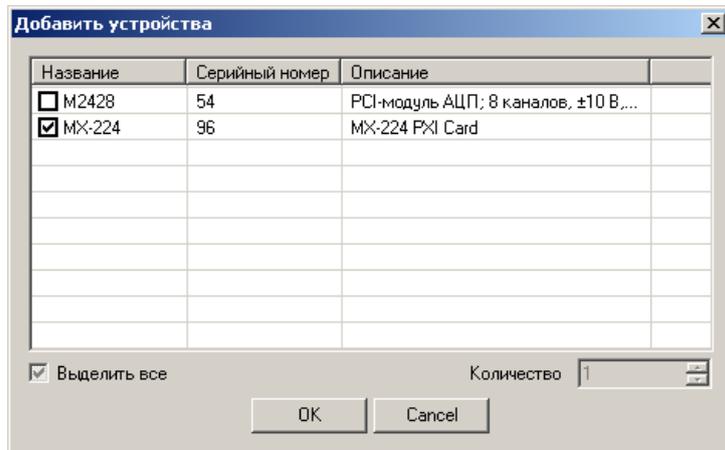


Рис. 9 - Окно «Добавить устройства»

В результате добавления устройств на вкладке «Устройства» окна «Настройка» MR-300 будет отображен список (дерево) модулей (см. Рис. 10). Для корректной нумерации измерительных каналов при их создании необходимо выполнить следующие действия. В левой части окна выбрать строку «MIC-503» («MIC-553»), при этом в правой части окна будет отображен список модулей в таблице «Адресация устройств». Для каждого модуля в столбце «Адрес» ввести (отредактировать) номер слота крейта, в котором данный модуль установлен. При помощи радиокнопок «Слотовая» или «Сквозная» выбрать предпочтительный вариант автоматической нумерации измерительных каналов.

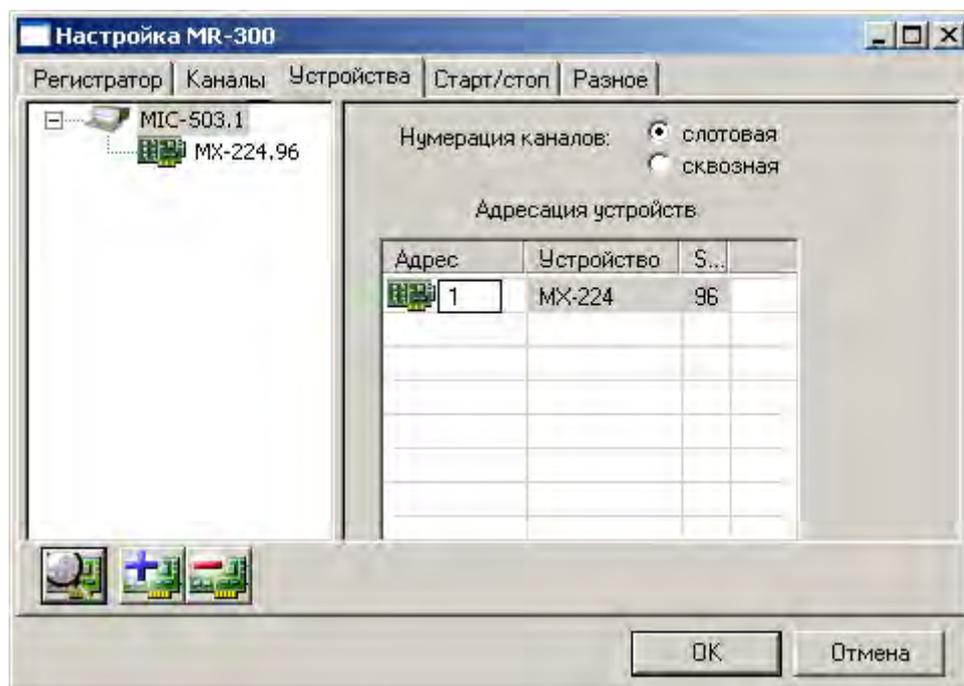


Рис. 10 - Вкладка «Устройства» окна «Настройка MR-300» после добавления модулей

Для создания измерительных каналов необходимо выполнить следующие действия. Открыть вкладку «Каналы» окна «Настройка MR-300» (см. Рис. 11). В левой части окна будет отображен список каналов функциональных модулей (модулей с АЦП) доступных

для создания измерительных каналов. Выбрать из списка требуемый канал функционального модуля и нажать кнопку «Добавить канал» в нижней части окна. В результате выполнения новый измерительный канал будет создан и отображен в центральной части окна (см. Рис. 11). В столбце «№» отображается номер, присвоенный измерительному каналу в соответствии с выбранным вариантом автоматической нумерации каналов. Настройка каналов функциональных модулей описывается в соответствующих разделах описаний функциональных модулей. Подробное описание создания измерительных каналов и их настройки содержится в эксплуатационной документации и встроенной справке программы MR-300.

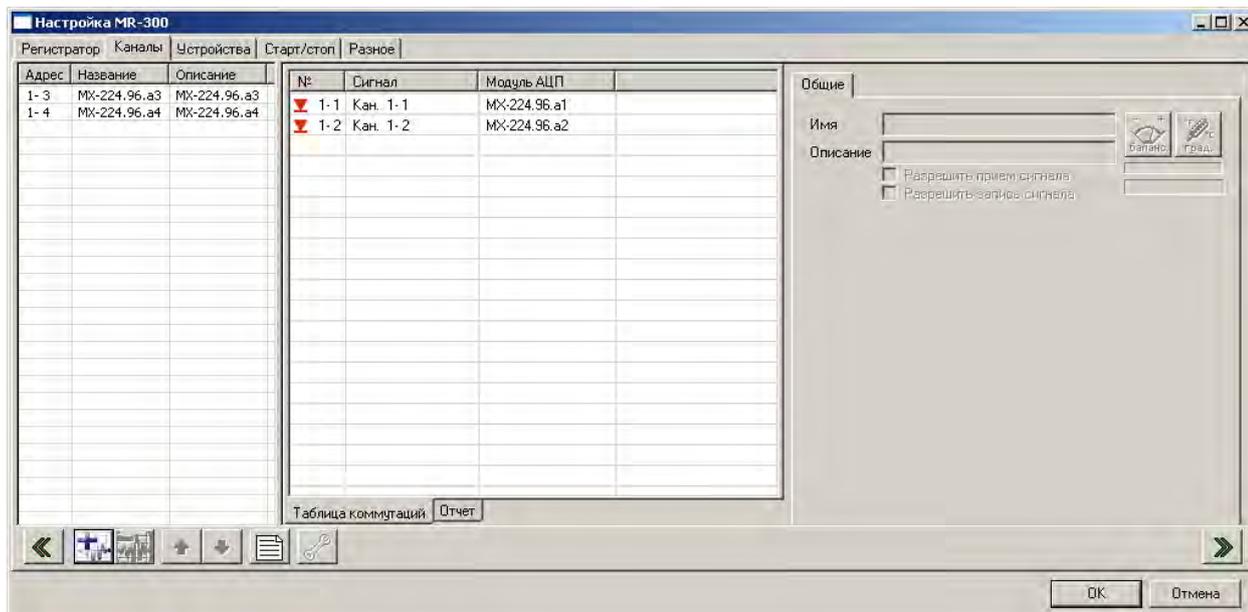


Рис. 11 - Вкладка «Устройства» окна «Настройка MR-300» после создания измерительных каналов

2.3 Настройка синхронизации

Для синхронизации работы нескольких функциональных модулей, установленных в крейте, установлен управляющий (master) модуль МХ-020, который будет генерировать сигналы синхронизации (тактовый сигнал и сигнал старта/остановки работы модулей). Остальные модули в крейте должны быть управляемыми (Slave) (т.е. принимать сигналы синхронизации).

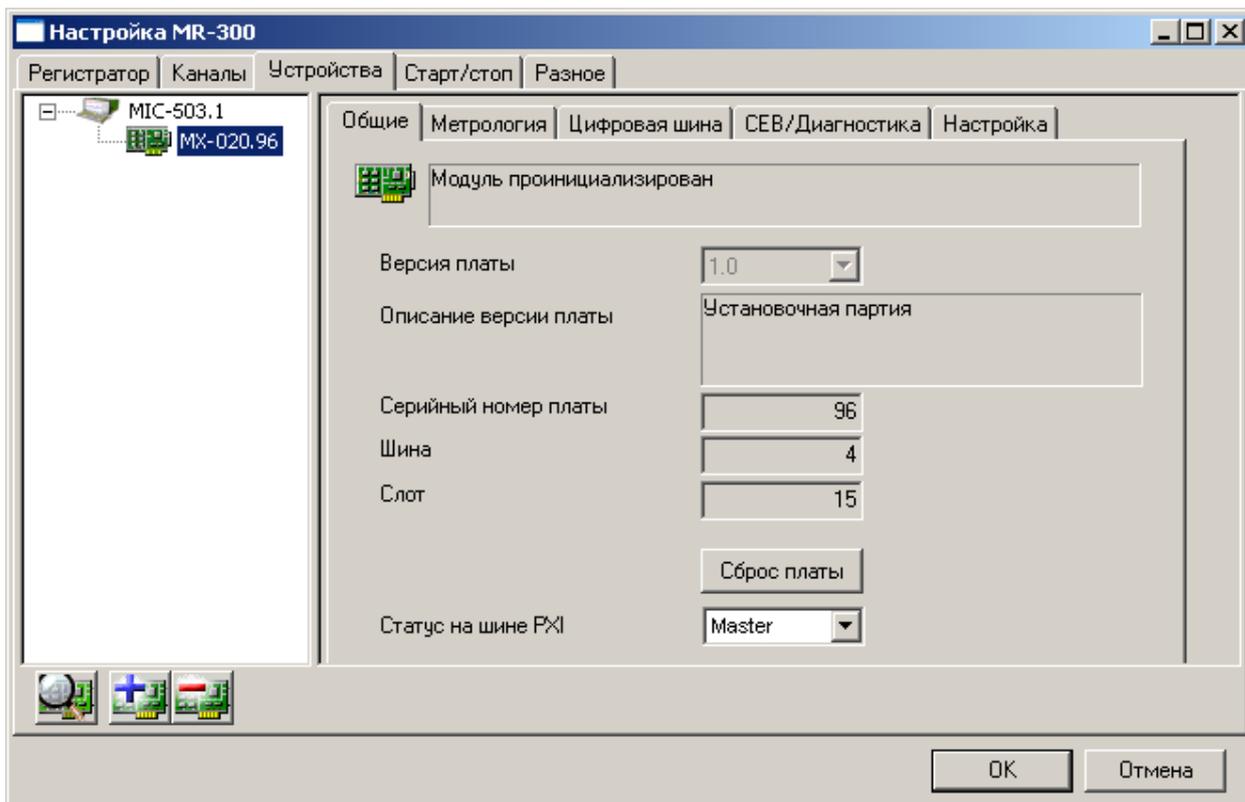


Рис. 12 - Выбор управляющего (Master) модуля

Крейты у которых количество слотов превышает 8, например, NI PXI-1045, имеют несколько сегментов PXI (PXI Trigger Bus Segment), связанных между собой коммутаторами (PXI Trigger Bus Switches). Разделители сегментов в виде вертикальных линий нанесены на корпус крейта между соответствующими номерами слотов. Для синхронизации функциональных модулей в крейте необходимо настроить коммутаторы таким образом, чтобы сигналы синхронизации (Triggers) передавались от сегмента, в котором установлен управляющий (Master) модуль к сегментам с управляемыми (Slave) модулями. Настройка коммутаторов крейта производится средствами программы, поставляемой производителем крейта, или переключателями (зависит от применяемого крейта). Например, для настройки коммутаторов крейта National Instruments (NI) PXI-1045 необходимо использовать программу Measurement & Automation Explorer (MAX). Пример окна настройки коммутаторов крейта в NI MAX приведен на Рис. 13. Для работы комплекса достаточно настроить коммутацию PXI_Trig3 (сигнал старта и остановки работы модулей) и PXI_Trig7 (тактовый сигнал). Запуск программы и настройка коммутаторов сегментов крейта должны производиться при начальной настройке комплекса и после смены или перестановки управляющего (Master) модуля в другой сегмент крейта.

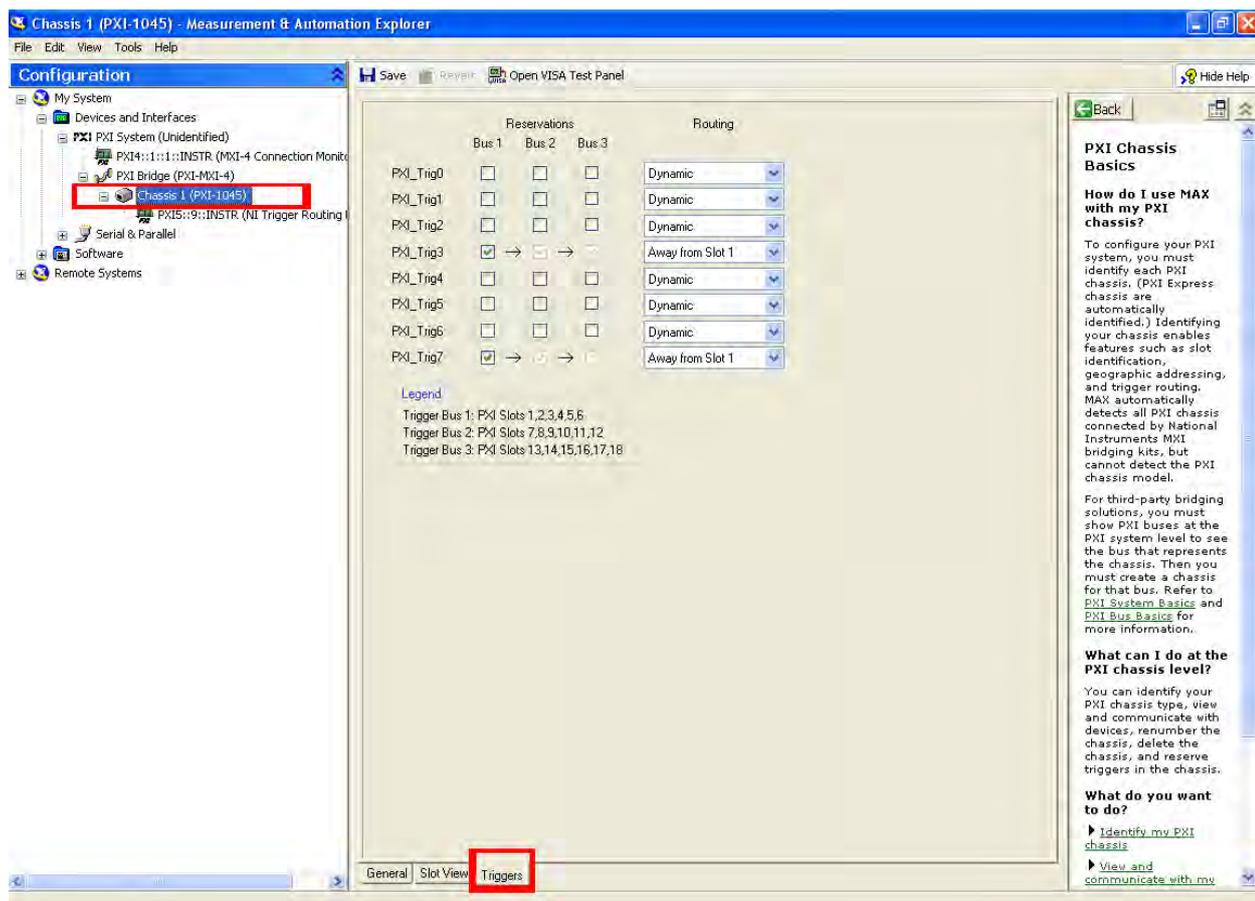


Рис. 13 - Настройка коммутаторов сегментов крейта NI PXI-1045

2.4 Работа

Перед первым применением комплекса, а так же после изменения его конфигурации (например, состава модулей или их перестановки в слотах крейта) необходимо производить начальную настройку, как описано в подразделе «Настройка». Подключение источников сигналов и настройка каналов функциональных модулей описаны в соответствующих разделах описания функциональных модулей.

При работе с комплексом необходимо сначала включать электропитание крейта, а затем включать внешнее управляющее устройство. Выключение комплекса должно производиться в обратном порядке.

Управление комплексом, проведение измерений, регистрация и отображение измерительной информации производится средствами программы MR-300. Подробное описание функций и конфигурирование программы MR-300 содержится в эксплуатационной документации и встроенной справке в документе «Программа для регистрации и экспресс обработки сигналов MR-300. Руководство пользователя» [2].

3 Описание крейта комплекса MIC-551 PXI

Устройство крейта PXI-1033 комплекса MIC-551 PXI

Комплекс MIC-551 PXI монтируется в корпусе настольного исполнения. Комплекс компактен, снабжен ручкой для переноски и предназначен для работы с ноутбуком, что позволяет рассматривать комплекс MIC-551 PXI как «переносной».

В качестве основного корпусного элемента комплекса MIC-551 PXI используется крейт PXI-1033 производства корпорации National Instruments или его аналоги.

В крейт может быть установлено от 1 до 4 функциональных модулей, что позволяет оптимизировать структуру измерительного комплекса в соответствии с задачами потребителя.

Структура измерительного комплекса MIC-551 PXI представлена на Рис. 14.

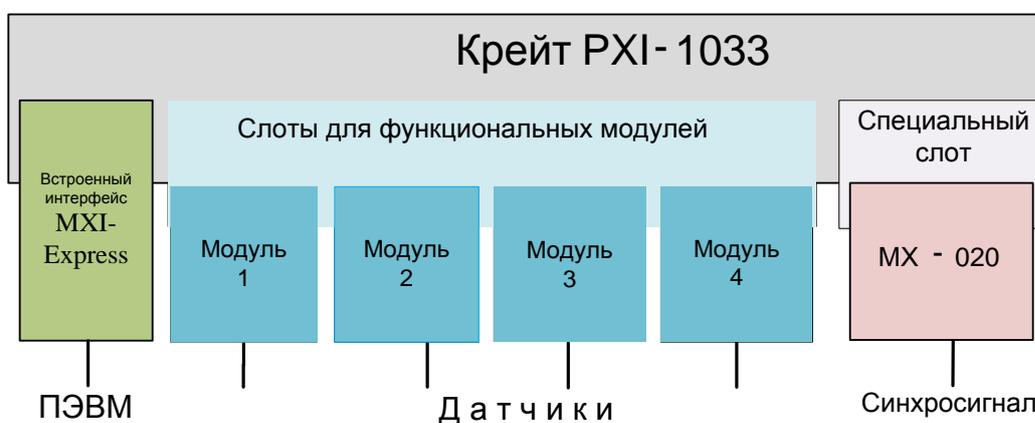


Рис. 14 - Структура измерительного комплекса MIC-551PXI

Крейт PXI обеспечивает и доступ управляющей ПЭВМ (ноутбуку) к функциональным модулям, входящим в состав измерительного комплекса, электропитание и синхронизацию работы модулей.

Обмен данными между комплексом и управляющим ноутбуком обеспечивает встроенный в крейт интерфейсный модуль MXI-Express.

Внешний вид комплекса MIC-551 PXI, построенного на основе крейта PXI-1033 показан на рисунках Рис. 15 - Комплекс MIC-551 (Передний вид) и Рис. 16 - Комплекс MIC-551 (Задний вид).



Рис. 15 - Комплекс MIC-551 (Передний вид)

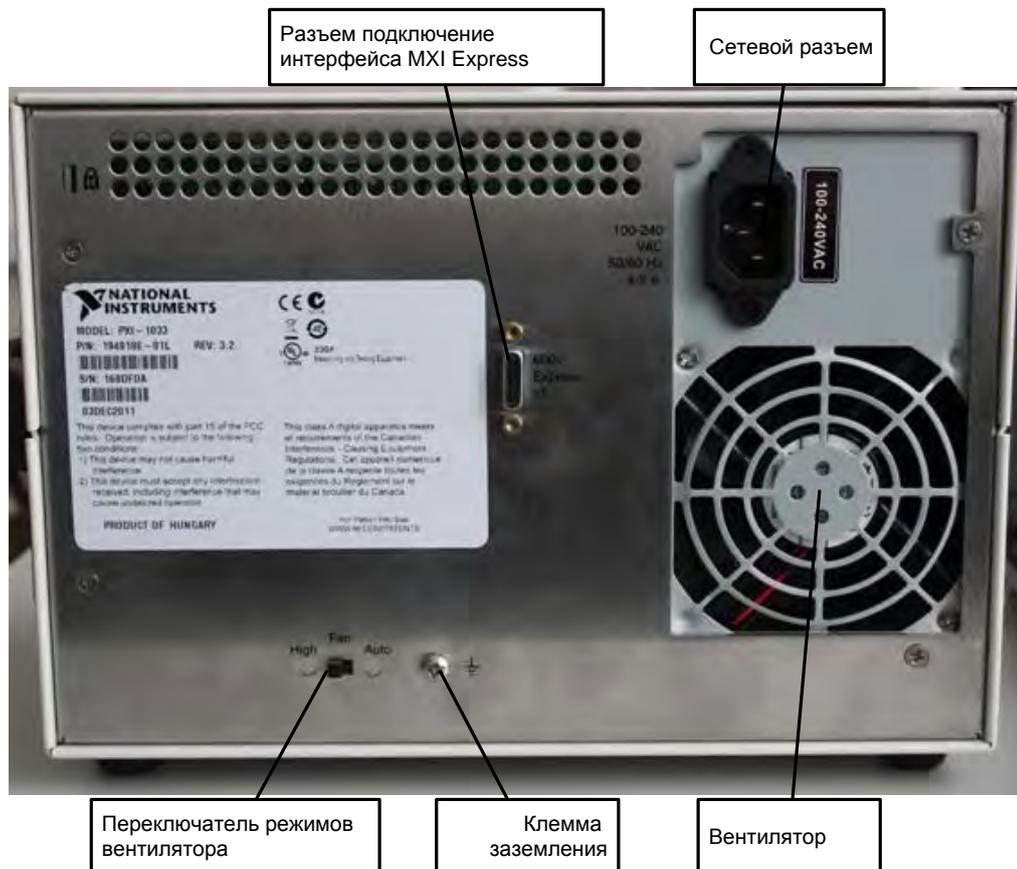


Рис. 16 - Комплекс MIC-551 (Задний вид)

Сборка комплекса и настройка МІС-551 РХІ

В случае поставки измерительного комплекса в виде отдельных компонентов необходимо произвести его сборку и настройку.

Слот №1 не используется. Функциональные модули устанавливаются в свободные слоты крейта с №2 до №5. В слот № 6 устанавливается модуль синхронизации МХ-020. При установке и извлечении модулей необходимо принимать меры направленные на предотвращение их повреждения статическим электричеством.

Для фиксации модулей в корпусе крейта необходимо использовать рычаг с фиксатором и два винта в верхней и нижней части лицевой панели модуля.

Разъем кабеля электропитания, сетевой предохранитель и клемма заземления расположены на задней панели крейта. Перед подключением к сети питания корпус крейта должен быть надежно заземлен.

Корпус крейта имеет встроенный вентилятор, который может работать в автоматическом или непрерывном режиме. При температуре окружающей среды выше 30 °С рекомендуется с помощью переключателя на задней панели установить режим непрерывной вентиляции.

На управляющем ноутбуке должно быть установлено программное обеспечение, поставляемое производителем крейта, драйвер интерфейсного модуля ExpressCard-8360 и программа MR-300.

После установки ПО необходимо выключить управляющее устройство, соединить соответствующим интерфейсным кабелем системный контроллер крейта с интерфейсным контроллером управляющего устройства, затем включить электропитание крейта, после чего включить управляющее устройство. После загрузки операционной системы на управляющем устройстве будут автоматически обнаружены новые подключенные устройства и установлено необходимое для их работы программное обеспечение.

Для начала работы с комплексом необходимо сконфигурировать программу MR-300. Для этого необходимо запустить на выполнение программу MR-300, затем нажать кнопку «Настройка регистратора», расположенную на панели управления в главном окне программы (см. Рис. 7) или клавишу F5 на клавиатуре ПЭВМ (ноутбука).

Далее необходимо следовать указаниям раздела 2.2 по настройке MR-300 с учетом того состава модулей, который применен в МІС-551 РХІ

4 Описание и работа модуля МХ-132

4.1 Описание и работа модуля МХ-132

4.1.1 Назначение и область применения

Модуль МХ-132 представляет собой многоканальный усилитель-преобразователь сигналов с групповой гальванической развязкой и дифференциальными входами.

Модуль предназначен для измерения напряжения и силы постоянного тока (опционально) в составе измерительно-вычислительных комплексов МІС-553, оснащенных шинами РХІ/Compact PCІ.

4.1.1.1 Основные технические характеристики модуля

Таблица 4 - Основные технические характеристики

Характеристика	Значение
Число дифференциальных входов	32
Входной диапазон	$\pm 10\text{В}$; 0..+10В; $\pm 100\text{мВ}$; 0..+100мВ; $\pm 20\text{мВ}$; 0..+20мВ
Разрядность АЦП, бит	16
Частота преобразования F_p , кГц	250; 500; 1000
Частота опроса (32 канала), Гц	0-5000
Программируемый коэффициент усиления	1; 2; 4; 8; 16
Основная погрешность, %	0,025
Дополнительная температурная погрешность, ppm/°C, не хуже	10
Нелинейность, %	0,01
Неравномерность АЧХ в полосе 0,45 F_p , дБ, не более	0,01
Подавление синфазной помехи, дБ, не менее	-95
Межканальное прохождение, дБ, не менее	-95
Максимальная синфазная составляющая, В	11
Максимальное напряжение перегрузки длительное, В	20
Максимальное напряжение перегрузки, В, не более 10 мсек.	40
Максимальное напряжение на входе при отсутствии питания, В	15
Входное сопротивление, МОм	10
Входное сопротивление при перегрузке, кОм	1
Входной ток, нА, не более	10
Гальваническая развязка входов, В	1500

4.1.2 Конструктивное исполнение модуля

Конструктивно модули MX-132 представляют собой печатную плату с закрепленной на ней передней панелью. На передней панели (см. Рисунок 17) размещен входной разъем, предназначенный для подключения источников сигналов. Для установки и извлечения модуля из слота крейта служит экстрактор с рычагом и фиксатором. Невыпадающие винты на передней панели предназначены для закрепления модуля в слоте крейта.

Модули предназначены для работы в составе крейтов стандарта PXI, имеющих слоты для установки модулей типоразмера 3U.

На модуль опционально могут быть установлены submodule MM532 (32-х канальный источник тока) или MM732 (32-х канальный источник напряжения).

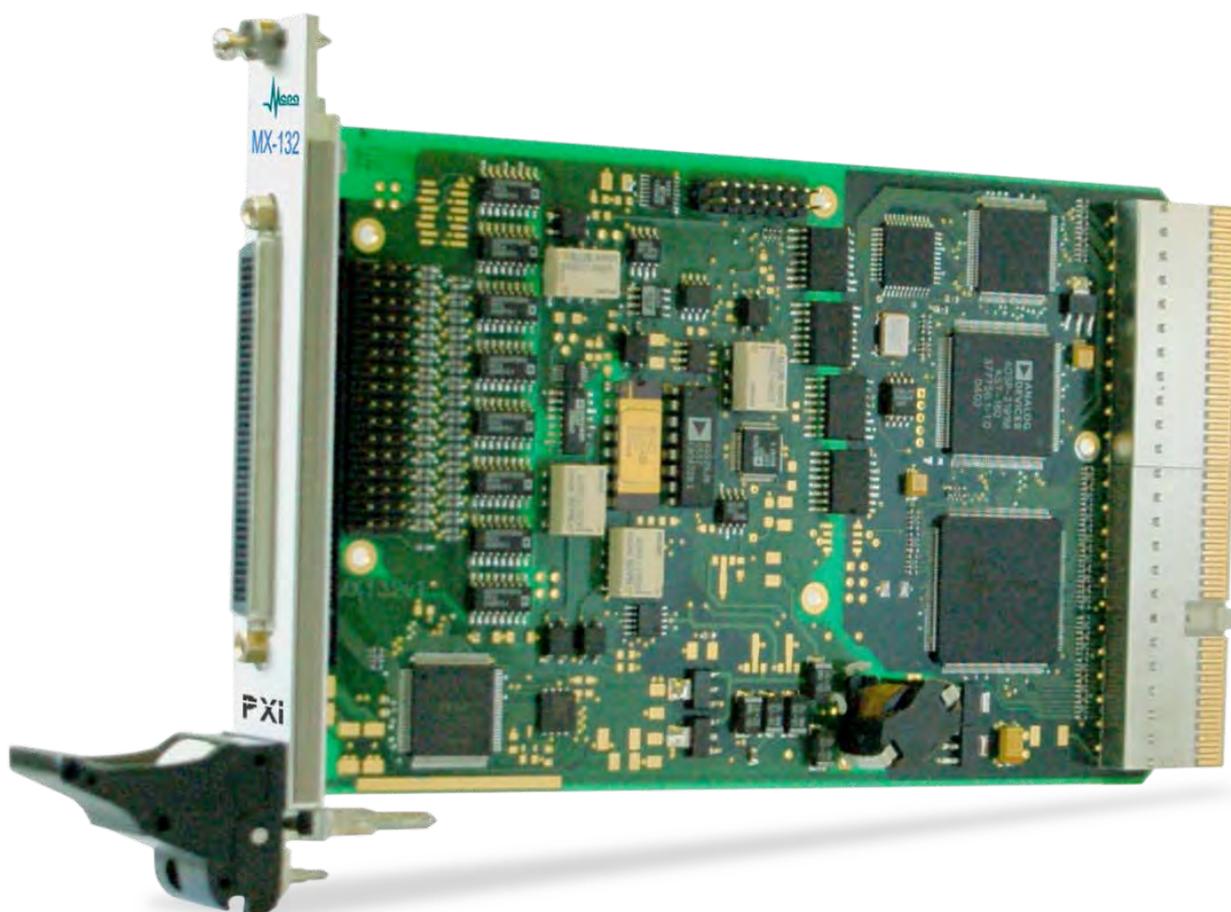


Рисунок 17 - Вид на переднюю панель модуля MX-132

4.1.2.1 Разъемы

На передней панели модуля установлен разъем SDA-71626. Назначение контактов входных разъемов модулей приведено в Таблице 5.

Таблица 5 - Назначение контактов входных разъемов DHR DHR78F

Номер контакта	Цепь	Назначение	Номер контакта	Цепь	Назначение
1	+12B	Питание	41	AGND	аналоговая земля
2	ASENS	общий	42		
3			43		
4			44	-IN32	-Вход канала 32
5	-IN31	-Вход канала 31	45	-IN30	-Вход канала 30
6	-IN29	-Вход канала 29	46	-IN28	-Вход канала 28
7	-IN27	-Вход канала 27	47	-IN26	-Вход канала 26
8	-IN25	-Вход канала 25	48	+IN24	-Вход канала 24
9	-IN23	-Вход канала 23	49	-IN22	-Вход канала 22
10	-IN21	-Вход канала 21	50	-IN20	-Вход канала 20
11	-IN19	-Вход канала 19	51	-IN18	-Вход канала 18
12	-IN17	-Вход канала 17	52	-IN16	-Вход канала 16
13	-IN15	-Вход канала 15	53	-IN14	-Вход канала 14
14	+IN13	-Вход канала 13	54	-IN12	-Вход канала 12
15	-IN11	-Вход канала 11	55	-IN10	-Вход канала 10
16	-IN9	-Вход канала 9	56	-IN8	-Вход канала 8
17	-IN7	-Вход канала 7	57	-IN6	-Вход канала 6
18	-IN5	-Вход канала 5	58	-IN4	-Вход канала 4
19	-IN3	-Вход канала 3	59	-IN2	-Вход канала 2
20	-IN1	-Вход канала 1	60		GND
21	NET00033		61	AGND	аналоговая земля
22	AGND	аналоговая земля	62		
23	+IN31		63	+IN23	+Вход канала 23
24	+IN31	+Вход канала 31	64	+IN30	+Вход канала 30
25	-IN29	+Вход канала 29	65	+IN28	+Вход канала 28
26	+IN27	+Вход канала 27	66	+IN26	+Вход канала 26
27	-IN25	+Вход канала 25	67	+IN24	+Вход канала 24
28	+IN23	+Вход канала 23	68	+IN22	+Вход канала 22
29	-IN21	+Вход канала 21	69	+IN20	-Вход канала 20

Номер контакта	Цепь	Назначение	Номер контакта	Цепь	Назначение
30	+IN19	+Вход канала 19	70	+IN18	+Вход канала 18
31	+IN17	+Вход канала 17	71	+IN16	+Вход канала 16
32	+IN15	+Вход канала 15	72	+IN14	+Вход канала 14
33	+IN13	+Вход канала 13	73	+IN12	+Вход канала 12
34	+IN11	+Вход канала 11	74	+IN10	+Вход канала 10
35	+IN9	+Вход канала 9	75	+IN8	+Вход канала 8
36	+IN7	+Вход канала 7	76	+IN6	+Вход канала 6
37	+IN5	+Вход канала 5	77	+IN4	+Вход канала 4
38	+IN3	+Вход канала 3	78	+IN2	+Вход канала 2
39	+IN1	+Вход канала 1			
40	AGND	аналоговая земля			

4.1.3 Работа модуля МХ-132

4.1.3.1 Функциональная схема модуля

После включения питания и инициализации электронных компонентов производится настройка режима работы модуля. Данные (выбор входного диапазона, частоты опроса каналов, частоты преобразования АЦП) поступают на вход программируемой логической интегральной схемы (ПЛИС), где приводится в готовность автомат опроса каналов.

В момент активизации режима просмотра или регистрации сигналов в программе управления ИВК, на вход ПЛИС поступает соответствующий сигнал и начинается циклический опрос каналов с заданными параметрами.

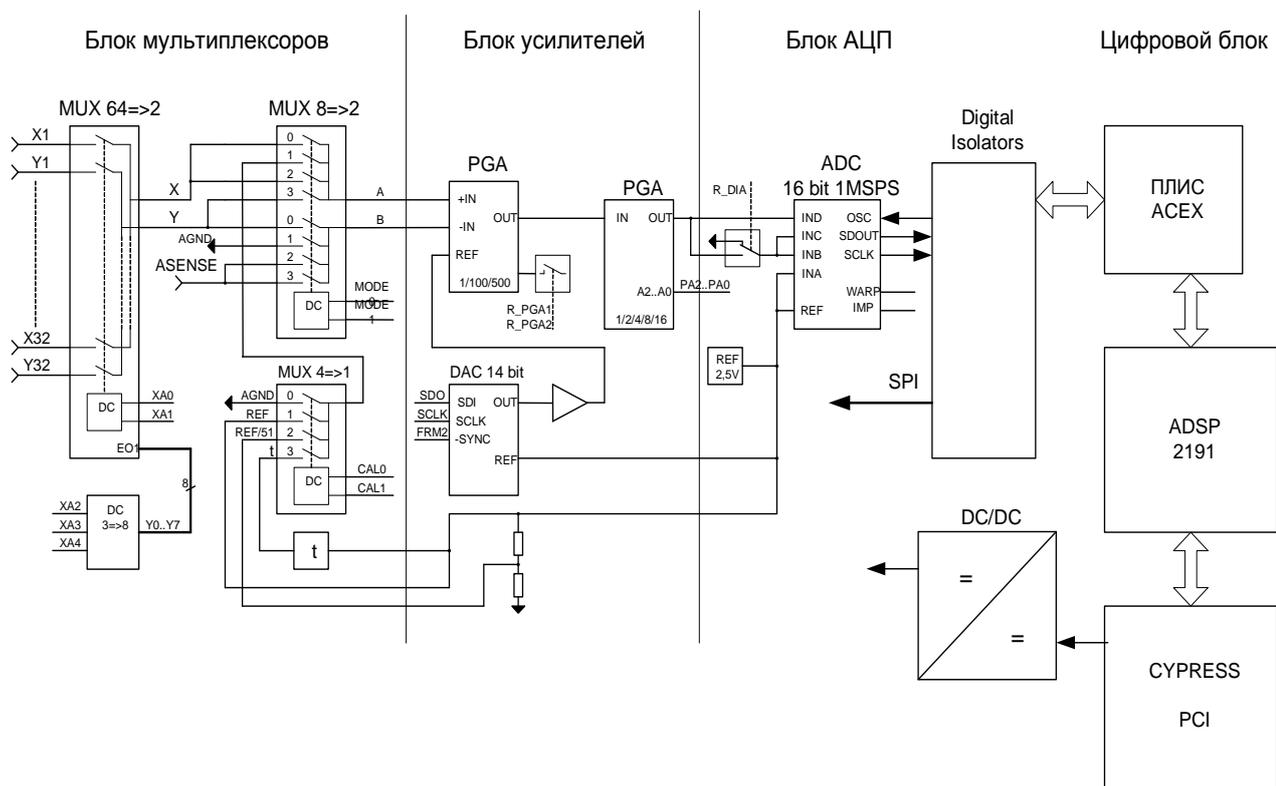


Рисунок 18 - Функциональная схема модуля MX-132

Измеряемые сигналы с входного разъема модуля через цепи защиты и аналоговые коммутаторы (Блок мультиплексоров) поступают на вход ИК (измерительного канала). При помощи коммутатора на вход ИК могут быть поданы сигнал нулевого уровня или опорные напряжения от ЦАП (DAC) для проведения соответственно начальной балансировки или внутренней калибровки чувствительности ИК. Управление коммутаторами осуществляется программно при помощи гальванически развязанных управляющих регистров.

С выхода коммутатора сигнал поступает на вход инструментального усилителя (PGA) с программируемым коэффициентом усиления 1/100/500. С выхода инструментального усилителя сигнал поступает на усилитель (PGA) с программируемым коэффициентом усиления 1/2/4/8/16. Далее сигнал поступает на вход 16-ти разрядного АЦП (ADC) на переключаемых конденсаторах, диапазон (2,5/10В) входного сигнала которого выбирается программно.

Данные с АЦП поступают через цепи гальванической развязки (Digital Isolators) на вход ПЛИС и далее на вход ЦСП (ADSP), который может быть использован для предварительной обработки сигнала непосредственно в процессе сбора информации. Обработанные данные с выхода ЦСП в виде кадра передаются по системной шине (PCI bus) в память модуля центрального процессора (ЦП) ИВК.

Внутренняя калибровка ИК производится с использованием напряжений двух ИОН (источников опорного напряжения).

Схема единой синхронизации с использованием интерфейса PXI (PXI bus) обеспечивает межмодульную синхронизацию в многоканальных измерительных системах.

4.1.3.2 Особенности опроса каналов

На диаграмме приведена схема опроса одного канала (см. Рисунок 19). После завершения опроса канала (N-1) производится коммутация сигнала канала N на вход АЦП, после чего осуществляется временная задержка на время не менее 3 мсек. для стабилизации сигнала после коммутации. Далее производится m запусков АЦП сигнала с заданной частотой (FADC). Результат каждого преобразования АЦП передается на ПЛИС. По окончании опроса канала N производится коммутация на вход АЦП сигнала канала (N+1) и цикл повторяется. Данные результатов АЦП буферизируются ПЛИС, и передаются на ЦСП с соответствующими идентификаторами канала и отсчета для дальнейшей обработки.

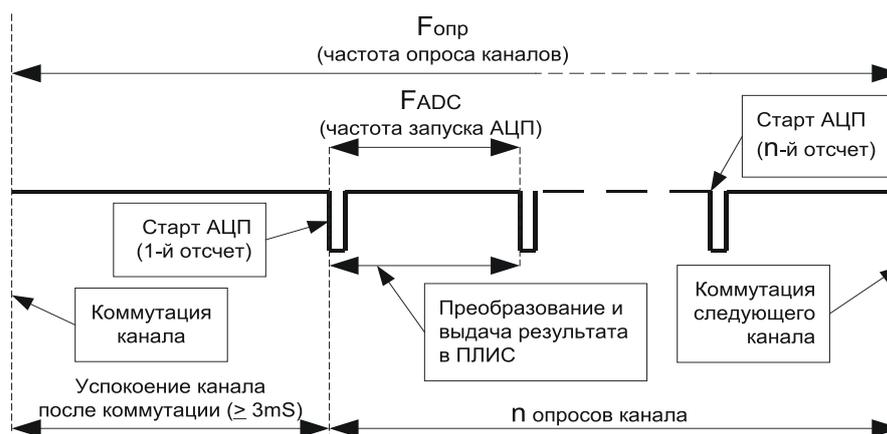


Рисунок 19 – Диаграмма опроса одного канала

4.1.4 Подключение источников сигнала

4.1.4.1 Схемы подключения

Источники сигнала должны иметь дифференциальное подключение к входам модуля при этом обеспечивается эффективное подавление помех и наводок, действующих на оба провода. Для корректной работы измерительной части модуля потенциал сигналов на дифференциальных входах не должен превышать $\pm 11\text{В}$ относительно потенциала аналоговой земли.

Источник сигнала должен представлять собой симметричную нагрузку на измерительную землю для токов утечки каждого из входов дифференциального входного усилителя. Большой разбаланс (более 1 кОм) сопротивлений может привести к появлению постоянного напряжения смещения на входе канала и, как следствие, к снижению точности измерений.

Для подключения дифференциальных сигналов к входу модуля следует использовать провода свитые попарно (витые пары). Для снижения уровня помех рекомендуется использовать кабель с экранированными проводами. Наружный экран кабеля должен соединять контакты земли измерительного крейта и земли источника сигнала. При этом токи, вызванные разностью потенциалов между землями источника сигнала и измерительного крейта, будут протекать по наружному экрану. Провод цепи аналоговой или измерительной земли, должен быть так же экранирован.

Цепи аналоговой земли рекомендуется соединять с общим контуром заземления в одной точке в непосредственной близости от источника сигнала.

Для подключения цепей земли цифровых и аналоговых сигналов должны использоваться отдельные провода.

Усилитель-преобразователь

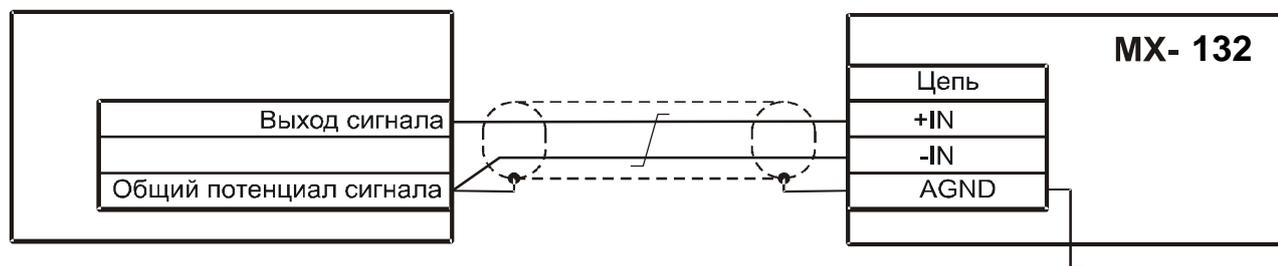


Рисунок 20 – Схема подключения модуля МХ-132

4.1.4.2 Подключение заземленных источников сигнала

Заземленный источник сигналов должен соединяться с входом соответствующего канала двумя проводниками одной витой пары. Аналоговая земля должна соединяться с общим контуром заземления вблизи от точки заземления источника сигнала. При этом проводник аналоговой земли служит также возвратным проводником для входных токов всех каналов АЦП модуля. Высокая точность измерений достигается только при использовании эквипотенциального земляного контура для всех источников сигнала и низкоомного проводника для аналогового заземления.

4.1.5 Настройка измерительного канала

Модуль МХ-132 может быть включен в конфигурацию и проинициализирован после нажатия в левой нижней части окна «Настройка MR-300» кнопки «Поиск». В результате, при наличии, подключенного к компьютеру комплекса МІС-553 с модулем МХ-132, он будет отображен на вкладке «Устройства» (см. Рисунок 21).

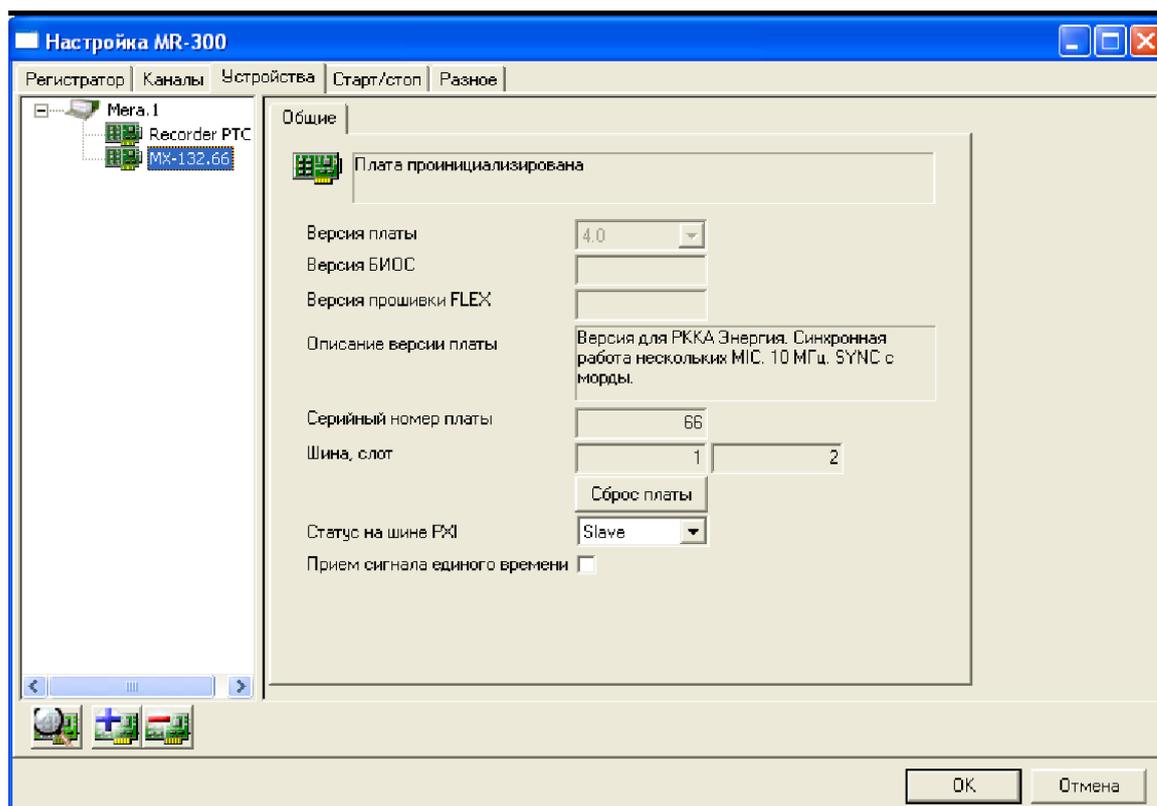


Рисунок 21 - Включение модуля MX-132 в конфигурацию системы

4.1.5.1 Вкладка "Настройки канала MX-132"

Для настройки канала достаточно дважды щелкнуть левой клавишей мыши на настраиваемый канал в правой части Главного окна MR-300 со списком каналов, после чего

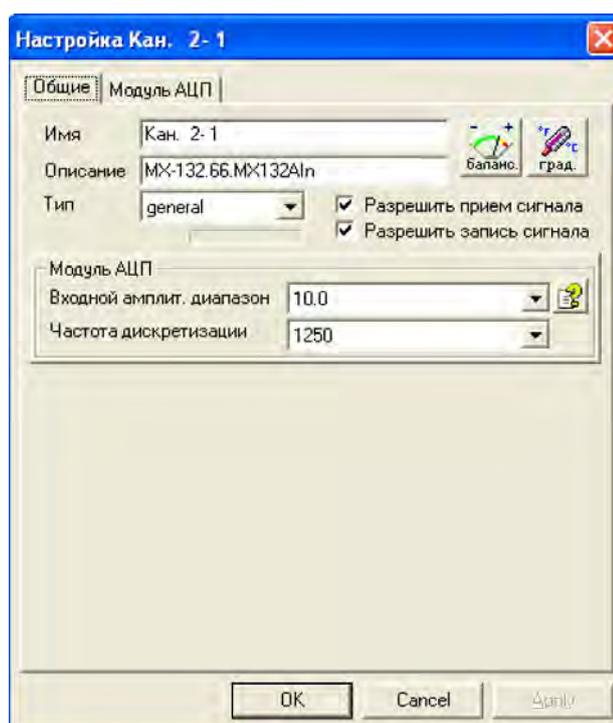


Рисунок 22 - Окно «Настройка канала {X-Y}», вкладка «Общие»

на вкладке «Параметры» откроется окно «Настройка канала {X-Y}», где в скобках указан номер слота модуля и номер настраиваемого канала (см. Рисунок 22).

На вкладке «Общие» может быть установлен:

- тип модуля,
- выбран входной амплитудный диапазон,
- выбрана частота дискретизации (единая для всех каналов модуля),
- произведена «Балансировка нуля».

4.1.5.2 Вкладка "Модуль АЦП"

На вкладке «Модуль АЦП» (см. Рисунок 23) могут быть установлены:

- источник сигнала: входной разъем или встроенный калибратор,
- длина порции отсчетов, используемых для оценки,
- выбрана единица измерения,
- произведена аппаратная балансировка,
- дано описание канала.
-

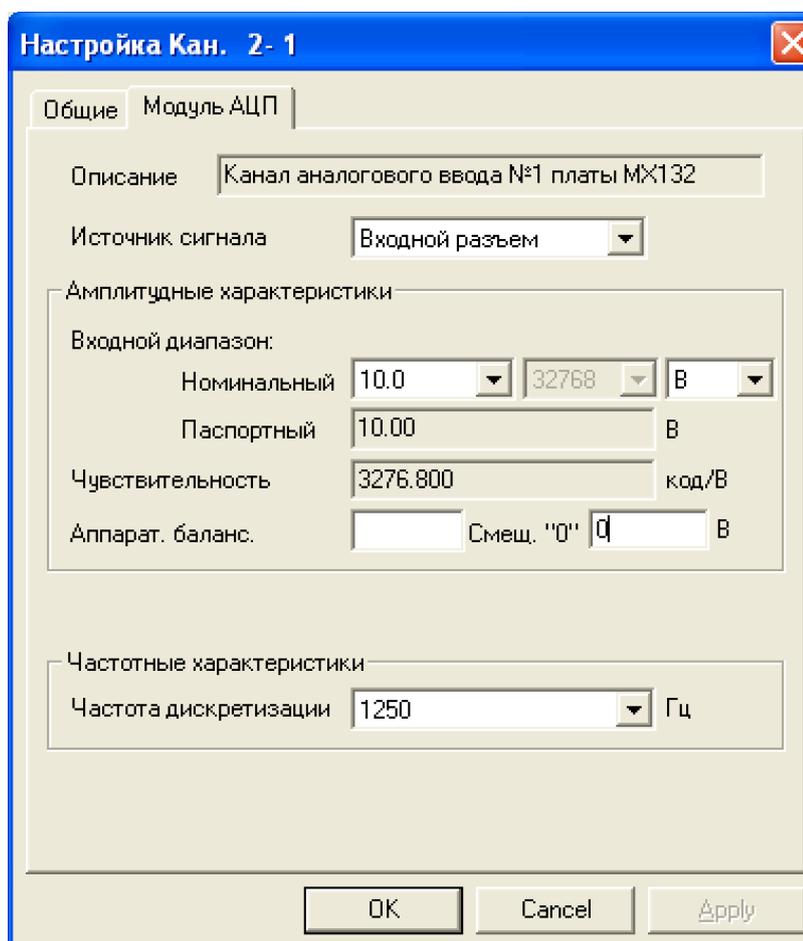


Рисунок 23 - Настройка канала. Вкладка "Модуль АЦП"

5 Описание и работа модуля МХ-224, АЦП

5.1 Назначение и область применения

Модули МХ-224 (БЛИЖ.404240.224.001) представляют собой многоканальные устройства, предназначенные для преобразования аналоговых сигналов электрического напряжения на входах каналов в цифровые данные. Преобразование входных сигналов осуществляется синхронно по всем каналам модуля посредством индивидуальных АЦП.

Источниками входных сигналов для модулей могут служить пьезоэлектрические акселерометры, микрофоны, датчики пульсаций давления, тензодатчики с соответствующими внешними усилителями-преобразователями, а также датчики со встроенными усилителями-преобразователями с питанием постоянным током по двухпроводной линии (датчики типа ICP, Isotron®, IEPЕ и аналогичные).

Модули предназначены для установки и работы в составе крейтов стандарта PXI.

Управление модулями, измерение, экспресс-анализ и регистрация сигналов осуществляется средствами программы MEPA MR-300. Для отображения, обработки, детального анализа зарегистрированных сигналов и вывода на печать результатов служит программа MEPA WinПОС (поставляется отдельно).

Основная область применения модулей - исследования быстропеременных процессов, диагностика и контроль механического, акустического и вибрационного состояния элементов машин и механизмов преимущественно в частотной области.

5.2 Основные технические характеристики модуля

Таблица 6 - Основные технические характеристики

Количество каналов	4	
Режим работы канала по входу (тип входа)	- дифференциальный вход по напряжению; - недифференциальный вход по напряжению; - недифференциальный вход по напряжению с питанием датчика типа ICP;	
Входные диапазоны (количество разрядов)	±10 В (АЦП 24 бит)*; ±10 В (АЦП 16 бит); ±6 В (АЦП 16 бит); ±3 В (АЦП 16 бит); ±1,5 В (АЦП 16 бит); ±0,75 В (АЦП 16 бит); ±0,375 В (АЦП 16 бит); ±0,188 В (АЦП 16 бит);	
Частота дискретизации сигналов Fs	422 Гц 844 Гц 1688 Гц 3375 Гц 6750 Гц	13500 Гц 27 кГц 54 кГц 108 кГц 216 кГц
Частота среза (программно отключаемого) ФВЧ по уровню -3 дБ на входе АЦП	1,7 Гц	

Величина тока питания датчика типа ICP (в диапазоне выходных напряжений от 0,5 до 29 В)*	4 ±0,4 мА 10 ±0,5мА
Напряжение встроенного источника опорного напряжения	4,096±0,004 В
Подавление входного синфазного сигнала в полосе частот от 50 Гц до 1 кГц, не менее	64 дБ
Основная погрешность напряжения встроенного источника опорного напряжения	±0,1%
Максимальный ток нагрузки служебного питания +12 В и -12 В одного канала	120 мА

* размер отсчета дискретизации сигнала при регистрации на диск в 24-битном режиме равен 4 байтам

5.3 Нормируемые метрологические характеристики

Таблица 7- Нормируемые метрологические характеристики

Пределы основной приведенной погрешности измерения напряжения постоянного тока (входной диапазон - 10,0...+10,0 В)	±0,1%
Пределы основной приведенной погрешности измерения напряжения переменного тока частотой 1кГц (входной диапазон -10,0...+10,0 В)	±0,1%
Пределы дополнительной приведенной погрешности измерений, вызванной изменением температуры, в диапазоне температур от +5 до +50°С	±0,1%
Неравномерность АЧХ в диапазоне частот от 0 Гц до 40 кГц, не более	±0,015 дБ
Неравномерность АЧХ в диапазоне частот от 40 кГц до 100 кГц, не более	±0,15 дБ

5.4 Конструктивное исполнение модуля

Конструктивно модули MX-224 представляют собой печатную плату с закрепленной на ней передней панелью. На передней панели (См. Рис. 24) размещены четыре входных разъема, предназначенные для подключения источников сигналов, и светодиодные индикаторы. Для установки и извлечения модуля из слота крейта служит экстрактор с рычагом и фиксатором. Невыпадающие винты на передней панели предназначены для закрепления модуля в слоте крейта.

Модули предназначены для работы в составе крейтов стандарта PXI, имеющих слоты для установки модулей типоразмера 3U.



Рис. 24 - Вид на переднюю панель модуля MX-224

5.4.1 Разъемы

На передней панели модуля установлены входных 4 разъема:

- трехконтактные типа LEMO EGG.1B.303 для подключения источников сигнала, или
- пятиконтактные типа LEMO EGG.1B.305 для подключения источников сигнала и питания внешних усилителей-преобразователей, датчиков типа ICP и т.п.

Назначение контактов входных разъемов модулей приведено в Таблица 8, и зависит от выбора типа входа в меню настройки. Для подключения к входному разъему на соединительном кабеле должны быть смонтированы разъемы типа LEMO FGG.1B.303 / 305.

Расположение контактов разъемов LEMO EGG.1B.305 показано на и Рис. 25

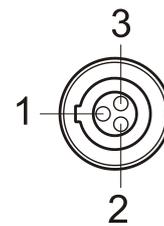


Рис. 25а - Расположение контактов входного разъема LEMO EGG.1B.303 (вид на переднюю панель).

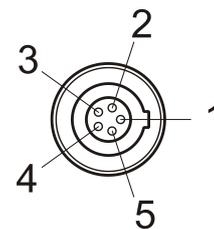


Рис.186 - Расположение контактов входного разъема LEMO EGG.1B.305 (вид на переднюю панель).

Таблица 8 - Назначение контактов входных разъемов

Номер контакта LEMO EGG.1B.303	Номер контакта LEMO EGG.1B.305	Цепь	Назначение
	1	-12V	Выход -12 В служебного питания
2	2	+IN	Неинвертирующий вход канала
1	3	AGND	Потенциал аналоговой земли, общий потенциал служебного питания
3	4	-IN	Инвертирующий вход канала
	5	+12V	Выход +12 В служебного питания

5.4.2 Функциональная схема модуля MX-224

Функциональная схема модуля приведена на Рис. 26.

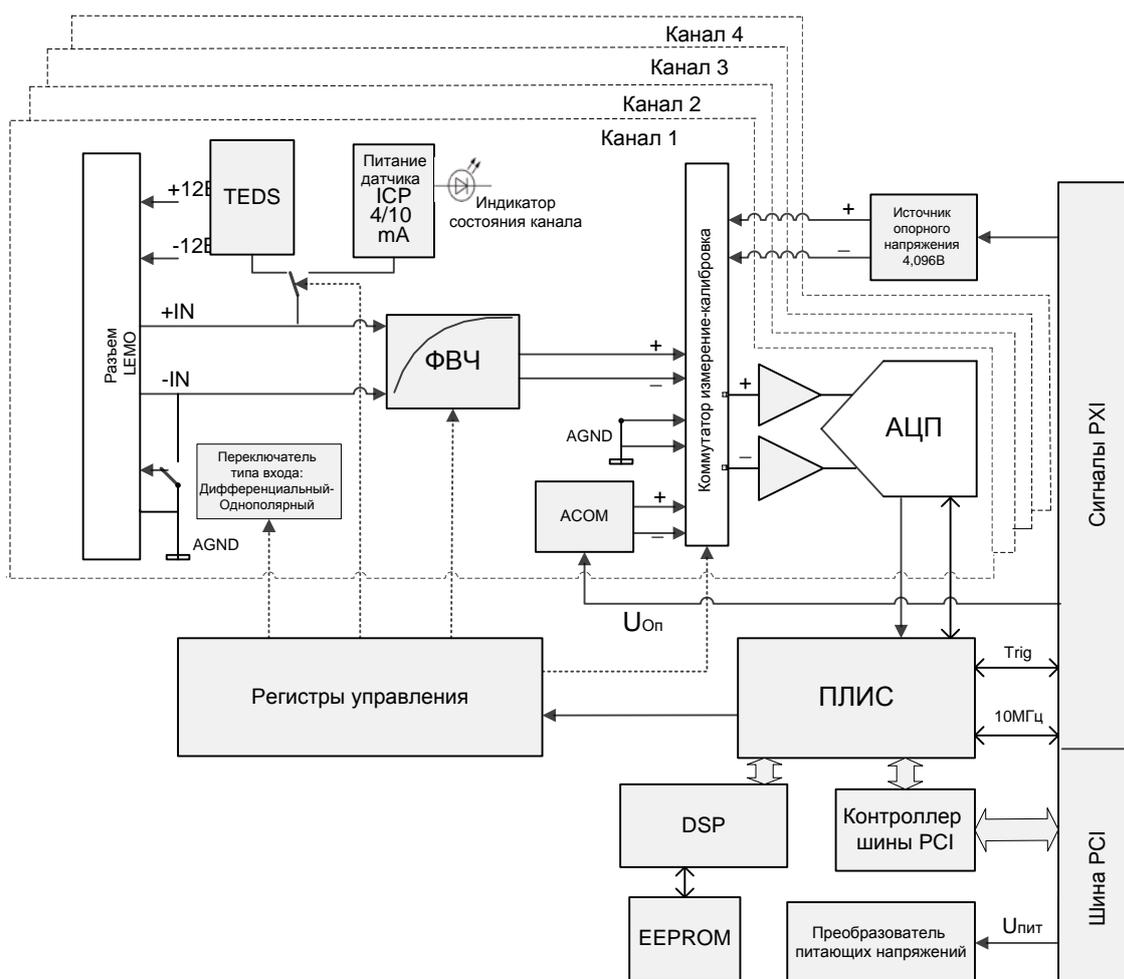


Рис. 26 - Функциональная схема модуля MX-224

Модуль содержит четыре идентичных канала, программируемую логическую интегральную схему (ПЛИС), сигнальный процессор (DSP), контроллер шины PCI, энергонезависимую память EEPROM и преобразователь питающих напряжений +5В, +15В, -15В, +30В.

Сигналы измерительных схем, которые могут иметь однополярную или дифференциальную схему включения, через входной разъем и программно-отключаемый фильтр высокой частоты (ФВЧ) поступают на вход «коммутатора измерения-калибровка» управляемого ПЛИС. На вход коммутатора поступает также опорное напряжения 4,096В, формируемое в модуле и опорное калибровочное напряжение от модуля МХ-020.

Выход коммутатора через усилители подключен к входу аналого-цифрового преобразователя (АЦП).

Модуль содержит контроллер TEDS, предназначенный для опроса ПЗУ датчиков, подключаемых к входам измерительных каналов, и считывает записанные в ПЗУ характеристики датчиков, используемые для настройки каналов.

После окончания настройки каналов контроллер TEDS отключается и к неинвертирующему входу канала подключаются источники тока 4 или 10 мА для питания датчиков ИСР. Схема питания датчиков используется и для диагностики измерительной схемы (обрыв или замыкание датчика): индикатором состояния канала является светодиод, вынесенный на лицевую панель модуля.

Напряжения +12В и -12В, выведенные на внешний разъем каждого канала, могут быть использованы для питания внешних усилителей, включаемых в измерительную схему.

5.5 Подключение источников сигнала

5.5.1 Работа с внешними усилителями с недифференциальным выходом

Датчики, выходным сигналом которых является электрический заряд, такие как пьезоэлектрические акселерометры и микрофоны должны подключаться с применением соответствующих внешних усилителей-преобразователей заряда с выходными сигналами электрического напряжения. Тензодатчики должны подключаться с применением внешних тензоусилителей, для питания которых на внешний разъем каждого канала модуля выводятся напряжения $\pm 12В$. Усилители также могут иметь автономное батарейное питание, питание от внешнего источника постоянного тока или иметь встроенный сетевой источник питания.

Как правило, внешние усилители-преобразователи имеют несимметричные выходы, которые могут быть подключены к входам модуля МХ-224 с использованием дифференциального подключения, как показано на Рис. 27. Для дифференциального подключения следует использовать кабель типа витая пара в экране, при этом необходимо выбрать дифференциальный тип входа в меню настройки соответствующих каналов модуля.

Для недифференциального (несимметричного) подключения может быть использован коаксиальный кабель. При недифференциальном подключении в меню настройки соответствующих каналов модуля необходимо выбрать недифференциальный тип входа и/или установить (рекомендуется) электрическую перемычку между цепями "-IN" и "AGND" в кабельной части разъема, как показано на Рис. 28.

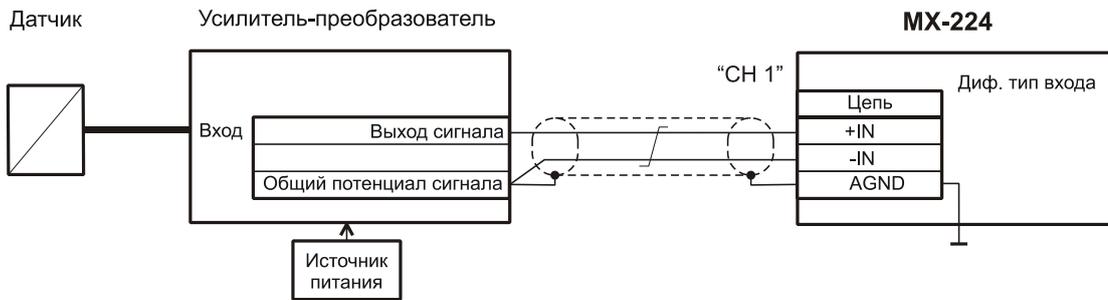


Рис. 27 - Схема подключения внешнего усилителя-преобразователя к дифференциальному входу модуля MX-224

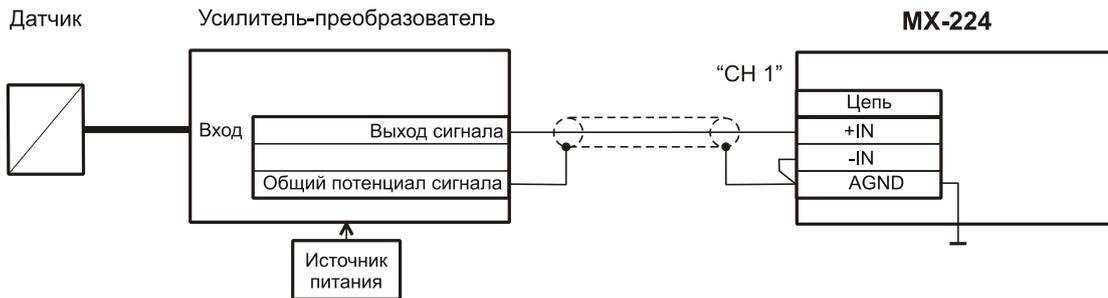


Рис. 28 - Схема подключения внешнего усилителя-преобразователя к недифференциальному входу модуля MX-224

5.5.2 Работа с внешними усилителями-преобразователями с дифференциальным выходом

Некоторые внешние усилители-преобразователи, например, такие как ME-230 производства НПП "МЕРА" имеют дифференциальные выходы каналов, которые могут быть подключены к входам модуля, как показано на Рис. 29. Для данного подключения следует использовать кабель типа витая пара в экране.

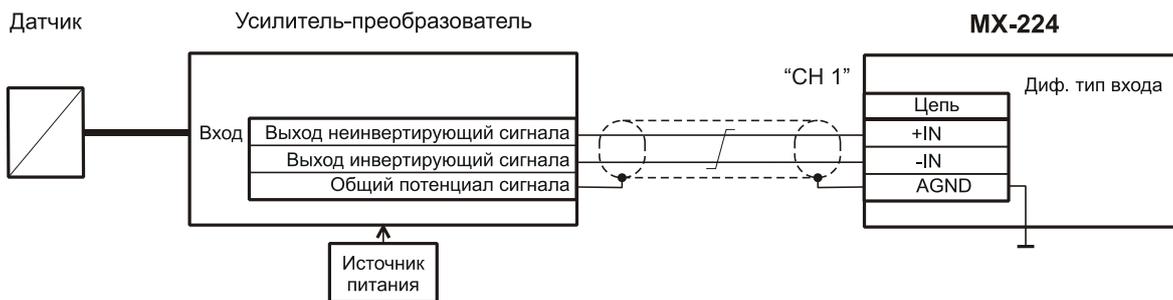


Рис. 29 - Схема подключения внешнего усилителя-преобразователя к дифференциальному входу модуля MX-224

5.5.3 Работа с датчиками и внешними усилителями-преобразователями с питанием током ICP

Датчики с встроенными усилителями-преобразователями (датчики типа ICP®, IERE, Isotron®, DeltaTron® и аналогичные) или внешние усилители-преобразователи с питанием постоянным током по двухпроводной линии, такие как Edevco Model 2771, следует подключать к входам модуля, как показано на рисунках 30 и 31 соответственно. Для подключения может быть использован коаксиальный кабель. В меню настройки соответствующих каналов модуля необходимо включить питание ICP и выбрать требуемую величину тока питания датчика. При этом будут автоматически включены

входные ФВЧ фильтры и выбран не дифференциальный тип входа для соответствующих каналов. Как правило, большее значение тока питания ICP выбирается при использовании соединительных кабелей большой длины (более 100 м) или при использовании кабелей с высокой величиной погонной электрической ёмкости.

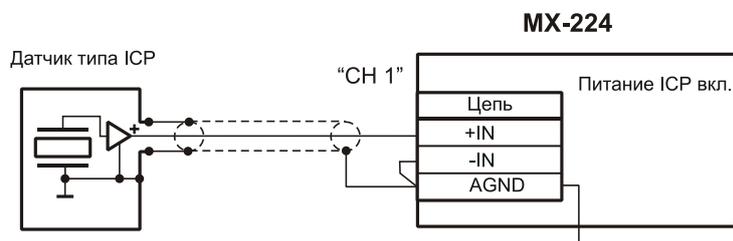


Рис. 30 - Схема подключения датчика типа ICP к входу модуля МХ-224

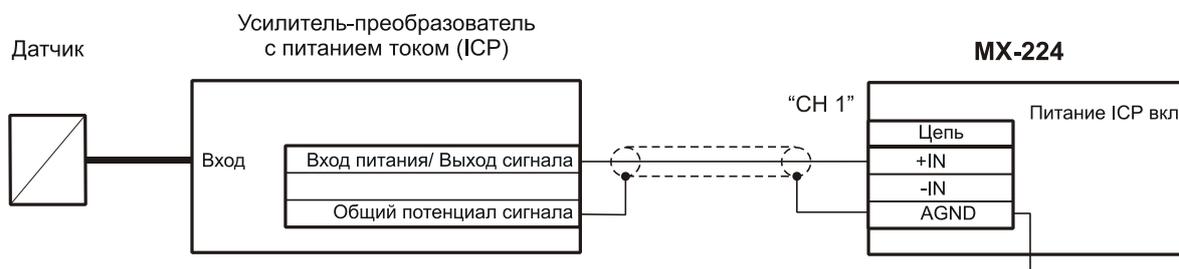


Рис. 31 - Схема подключения внешнего усилителя преобразователя с питанием током ICP к входу модуля МХ-224

При подключении источников сигналов к модулям следует избегать образования замкнутых контуров земли, которые могут являться источниками помех.

5.6 Настройка измерительного канала

Настройка измерительного канала модуля МХ-224 производится с помощью Диалога настройки MR-300, либо непосредственно из списка каналов главного окна MR-300 (см. Рис. 7).

Диалог позволяет одновременно настраивать свойства произвольного числа каналов модулей МХ-224 (требуемые каналы должны быть предварительно выделены).

Добавление измерительных каналов в список активных каналов производится с помощью закладки «Каналы» окна «Настройка MR-300», как показано на Рис. 32.

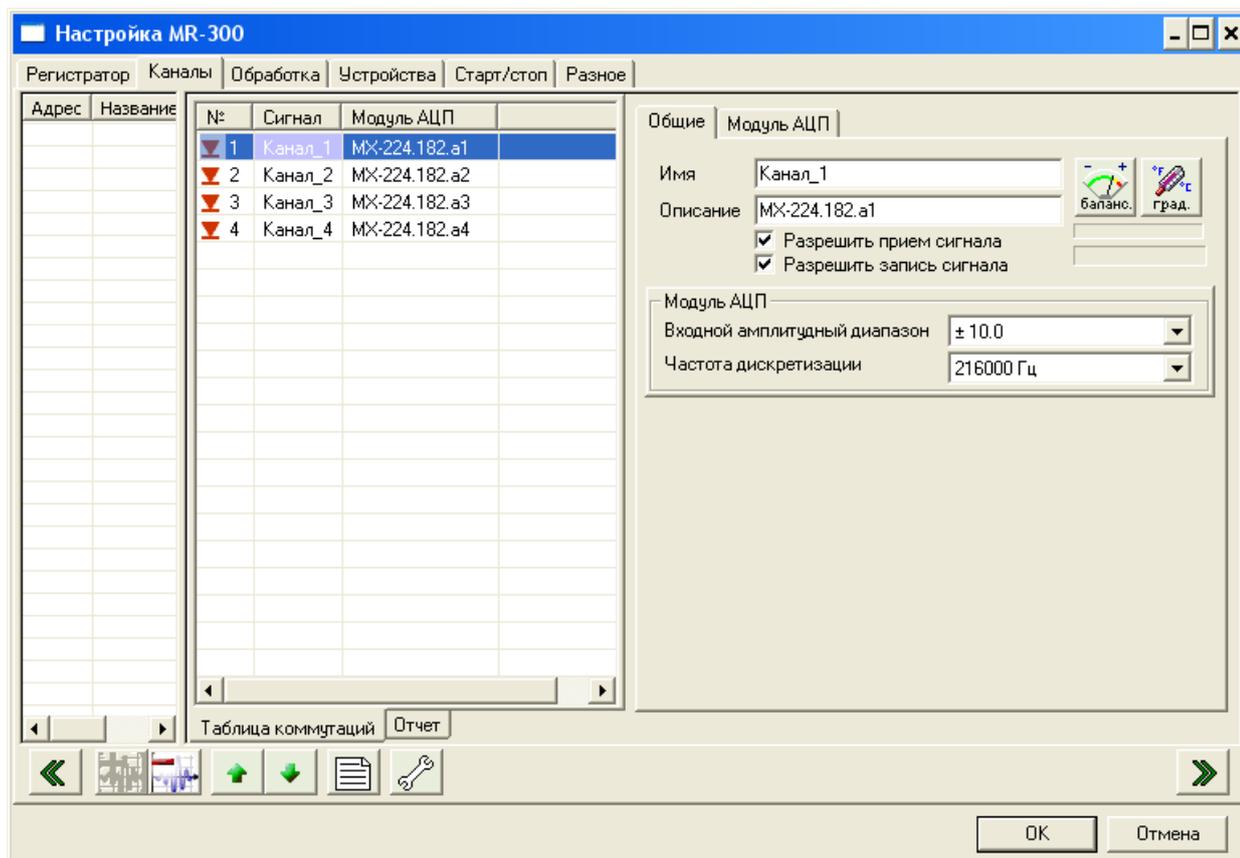


Рис. 32 - Добавление измерительного канала модуля MX-224

5.6.1 Вкладка "Общие настройки"

Вкладка "Общие" содержит основные и наиболее используемые свойства всего измерительного канала. Остальные вкладки опциональные, и служат для более подробной настройки конкретного преобразователя (датчик/усилитель/АЦП). При отключении датчика его вкладка не отображается.

На Рис. 33 приведены поля общих настроек измерительного канала. Ниже этих полей располагаются основные свойства АЦП.

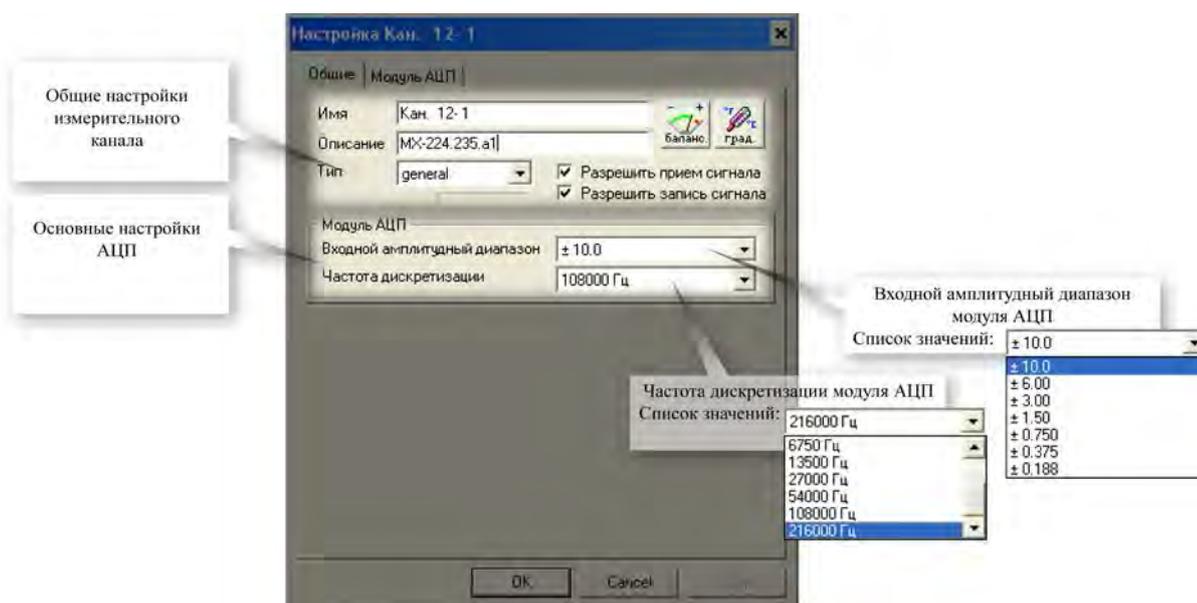


Рис. 33 - Настройка канала. Вкладка "Общие настройки"

При добавлении датчика в измерительный канал, в диалоге, приведенном на Рис. 33, будут отображены его краткие настройки.

5.6.2 Вкладка "Модуль АЦП"

Во вкладке "Модуль АЦП", приведенной на рис. 27, содержатся поля, необходимые, для детальной настройки измерительного канала.



Если разрядность отсчетов дискретизации установлена в 24 бит, то в файл, фактически, записываются отсчеты в 32-битном знаковом формате (4 байта). В этом случае доступен только один входной амплитудный диапазон ± 10 В. С учетом собственного шума канала модуля АЦП (СКЗ шума не более 30 мкВ), количество эффективных разрядов АЦП не превышает 20 бит. При работе с реальными датчиками, случайный шум всего измерительного канала, включая датчик, требует снижения числа разрядов АЦП до 17-18. Таким образом, при регистрации сигнала в 24-битном режиме, почти половина из 32-битного слова - избыточная. Как следствие - замеры занимают вдвое больше места и дольше обрабатываются в программах пост-обработки.



Для оптимизации использования дискового места и повышения быстродействия, более предпочтительным является 16-битный режим с набором амплитудных диапазонов. Т.к. аппаратно амплитудный диапазон всего один (± 10 В), амплитудные диапазоны образуются программно, путем деления исходного 24-битного диапазона на 2, 4, ...

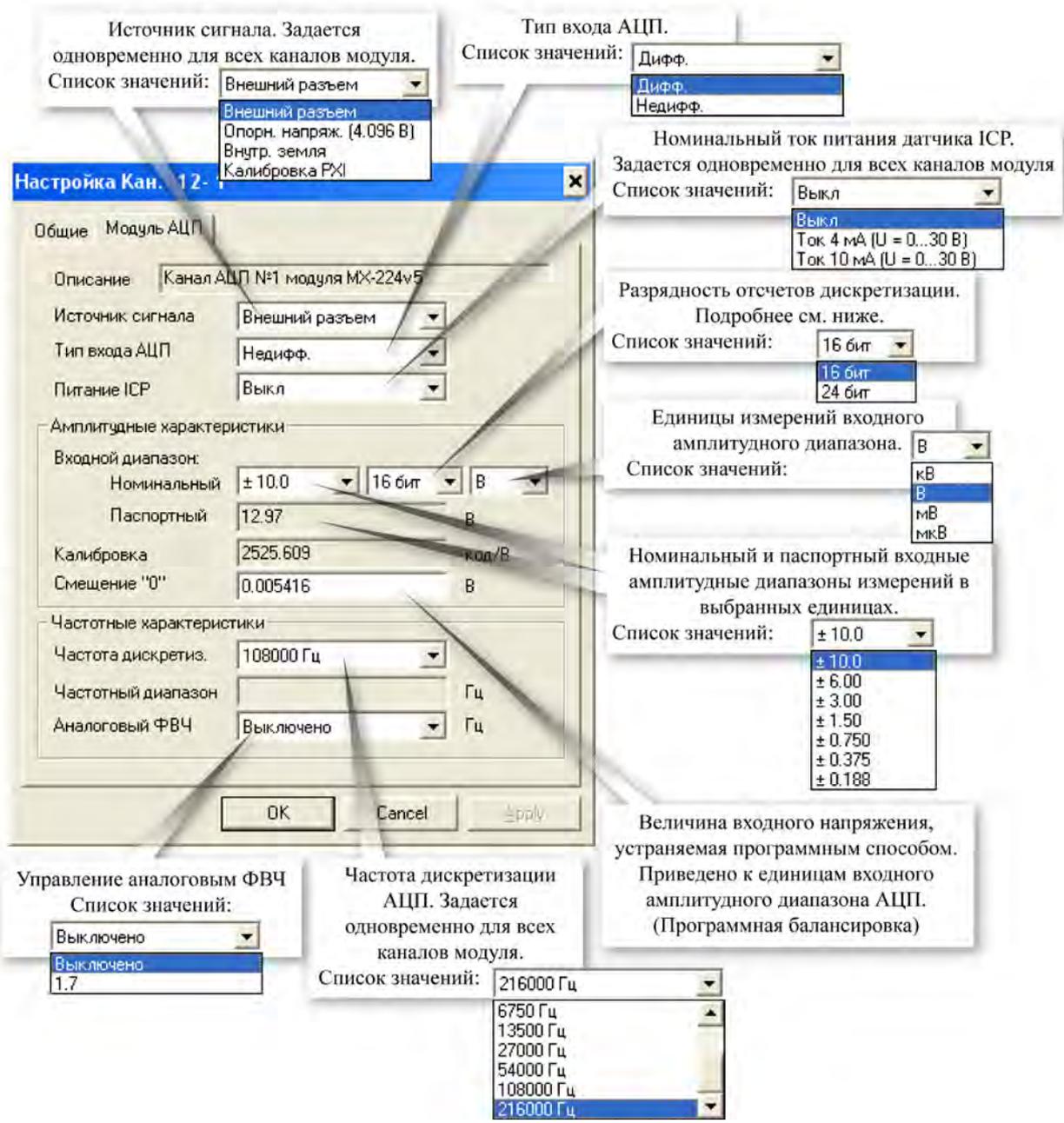


Рис. 34 - Настройка канала. Вкладка "Модуль АЦП"

5.6.3 Конфигурирование датчиков

Для включения в измерительный канал датчика сначала необходимо добавить устройство - датчик соответствующего типа. Для этого необходимо на вкладке "Устройства" окна "Настройка MR-300" нажать кнопку "Добавить устройство" в нижней части окна. Затем в открывшемся окне "Добавить устройство" установить метку перед строкой "Датчик" и нажать кнопку "ОК" (см. Рис. 35) .

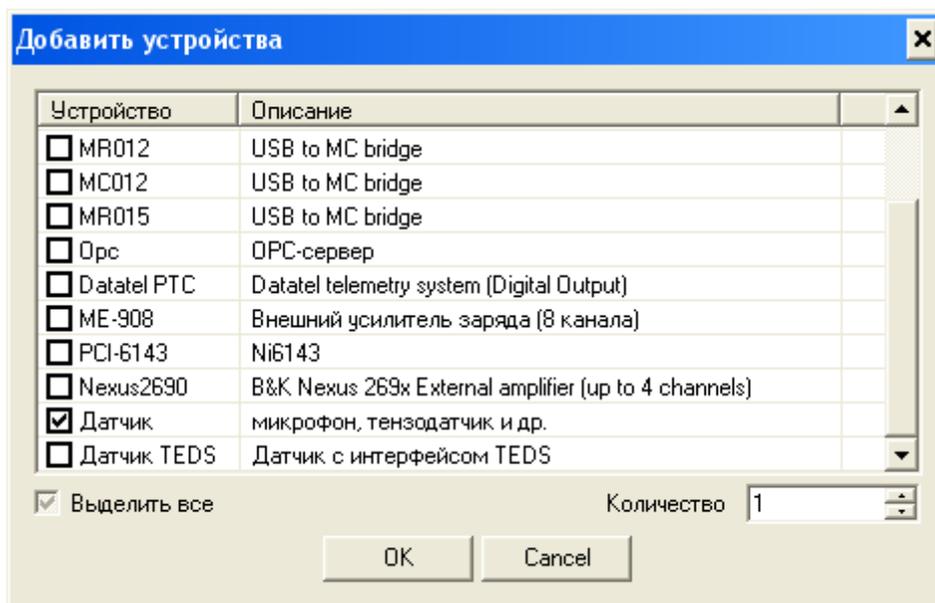


Рис. 35 - Добавление датчика

При добавлении датчика можно указывать количество добавляемых датчиков (см.

Рис. 35).

Датчик будет добавлен в список устройств на вкладке "Устройства".

Далее необходимо выделить добавленный датчик и выбрать из поля "Тип датчика" в правой части окна значение "датчик давления / микрофон" (см. Рис. 36).

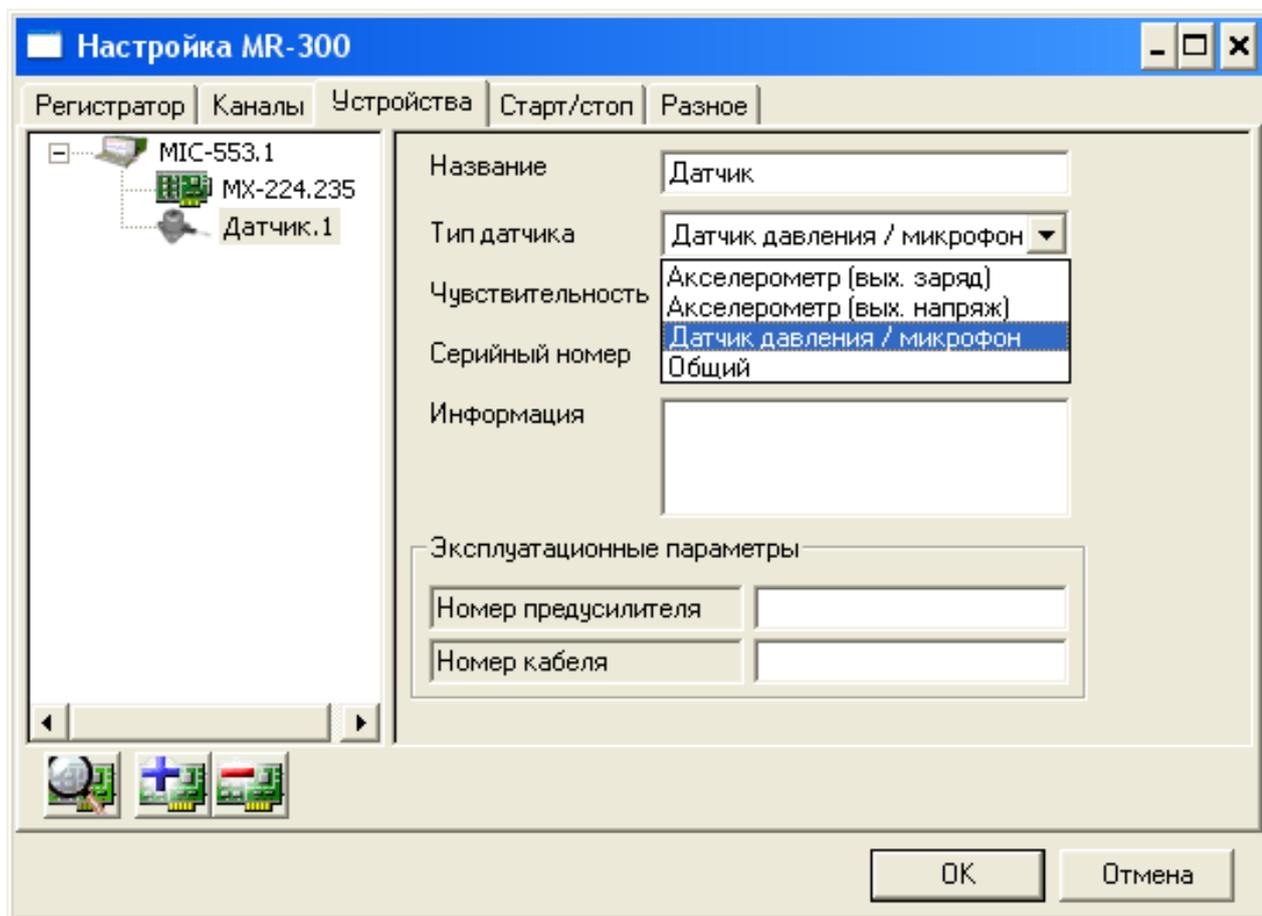


Рис. 36 - Выбор типа датчика



Если у какого-либо существующего датчика изменить тип, то новым добавляемым датчикам будет присваиваться этот тип по-умолчанию.

Редактирование полей "Название", "Серийный номер" и других полей для идентификации и хранения информации о датчике и его подключении аналогично действиям при добавлении количества датчиков для всех измерительных каналов.

Для включения датчика в измерительный канал необходимо на вкладке "Каналы" окна "Настройка MR-300" в таблице коммутаций выполнить двойной щелчок мышью в ячейке столбца "Датчик" измерительного канала и выбрать из выпадающего списка соответствующий датчик. При этом справа от таблицы коммутаций появится вкладка "Датчик", в которой необходимо ввести паспортные параметры датчика (см. Рис. 37).

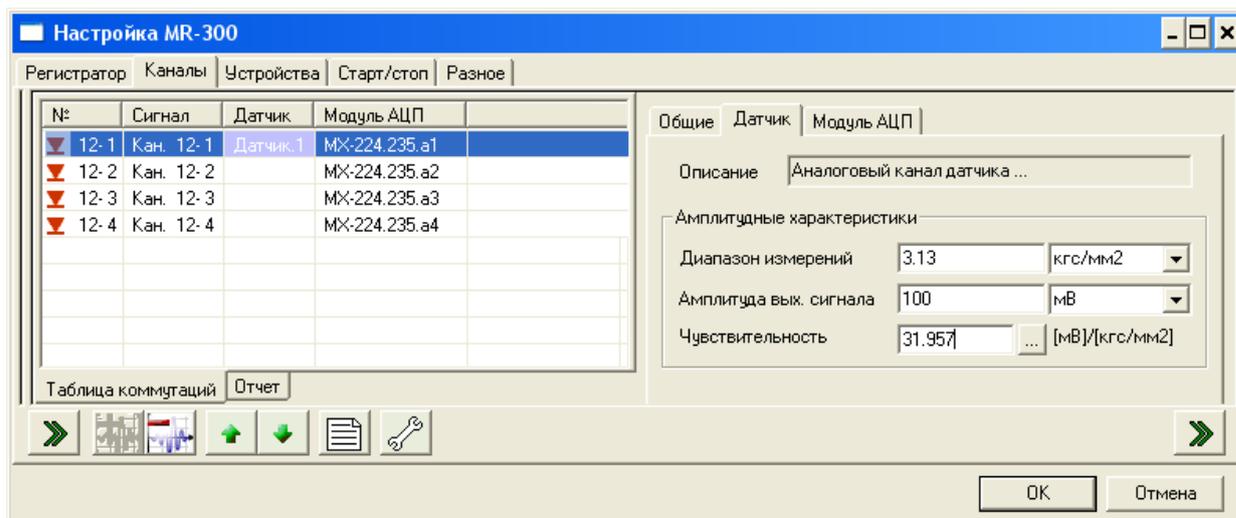


Рис. 37 - Ввод параметров датчика

5.6.4 Проверка настройки каналов

Для просмотра и проверки амплитудных и частотных характеристик измерительных каналов, получаемых в результате текущих настроек, необходимо на вкладке "Каналы" окна "Настройка MR-300" выбрать вкладку "Отчет" в нижней части таблицы. В отчете будут указаны частотные характеристики, входные и выходные диапазоны составляющих частей измерительных каналов. При этом будут автоматически выделены измерительные каналы, имеющие ошибочные или несоответствующие параметры, например, несоответствие входных и выходных диапазонов. Измерительные каналы с включенными диагностическими средствами, например, с включенными источниками опорного напряжения или встроенными калибраторами будут выделены цветом.

5.6.5 Балансировка каналов

Для автоматической балансировки выделенного канала необходимо подать на его вход нулевой сигнал и нажать кнопку "Баланс.", расположенную на вкладке "Общие", в результате выполнения значение, требуемое для компенсации смещения нуля, будет рассчитано и установлено в поле "Смещение 0" на вкладке "Модуль АЦП".

5.6.6 Проверка работоспособности

Проверка работоспособности каналов может быть произведена с использованием встроенных средств модуля.

Для проверки работоспособности АЦП каналов необходимо активировать вкладку "Каналы" окна "Настройка MR-300" и в таблице коммутаций выбрать один или несколько каналов, работоспособность которых требуется проверить. Затем справа от таблицы коммутаций открыть вкладку "Модуль АЦП", выбрать из списка "Источник сигнала" значение "Опорн. напряж. (4.096В)", выбрать из списка "Входной диапазон" значение не менее " ± 6.0 В" и выключить ФВЧ, выбрав соответствующее значение из списка "Аналоговый ФВЧ". Нажать кнопку "ОК" для сохранения сделанных изменений и закрытия текущего окна. Запустить режим просмотра в главном окне программы при помощи нажатия соответствующей кнопки на панели управления.

Оценка математического ожидания для всех проверяемых АЦП каналов должна быть равна $4,096 \text{ В} \pm 0,1\%$, при условии, что каналы были предварительно сбалансированы. После завершения проверки работоспособности АЦП каналов, следует восстановить их настройки.

5.7 Метрология

Для просмотра информации о калибровке необходимо выбрать модуль из списка на вкладке "Устройства" окна "Настройка MR-300" и открыть вкладку "Метрология" (см. Рис. 38).

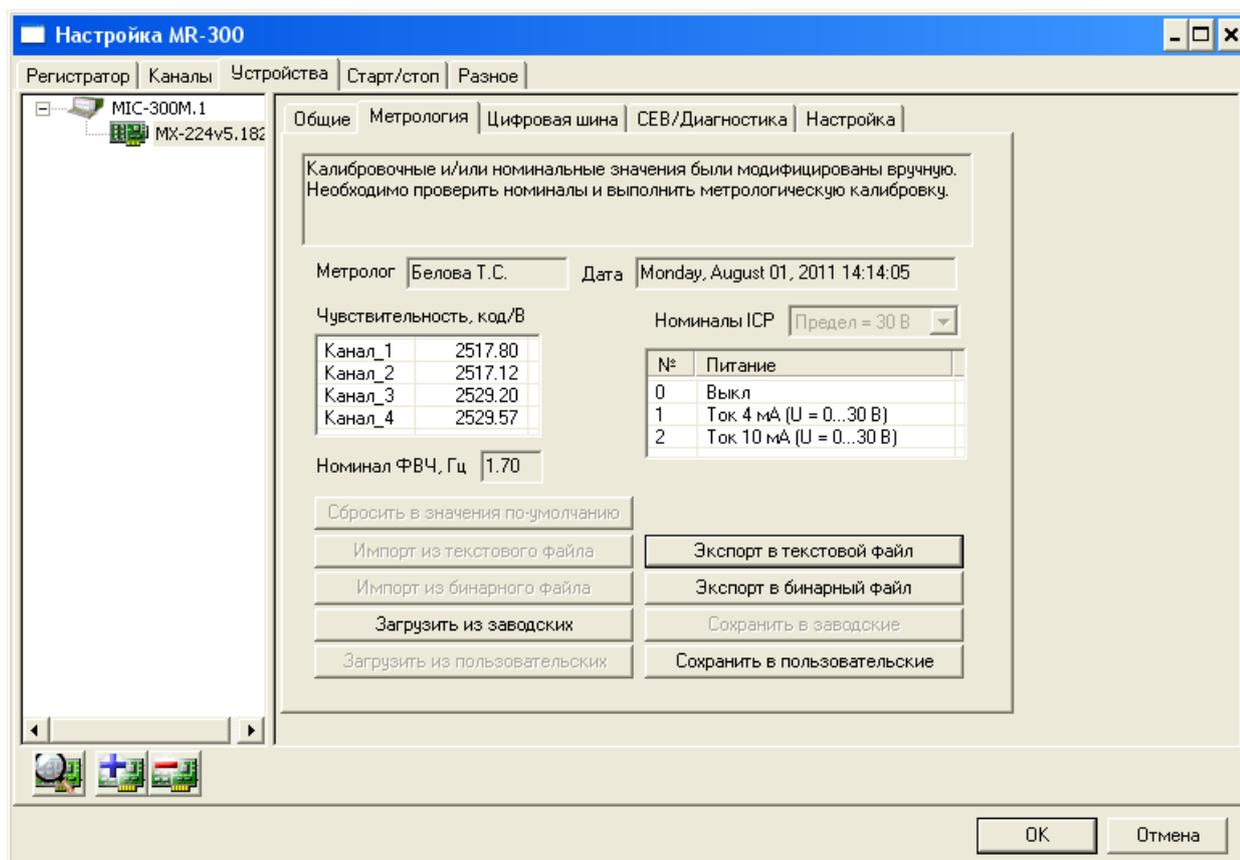


Рис. 38 - Настройка модуля. Вкладка "Метрология"

На вкладке "Метрология" отображаются диагностические сообщения, дата последней заводской калибровки модуля, текущие калибровки модуля, номиналы частот среза встроенных фильтров модуля, списки доступных режимов модуля, команды для работы с данными калибровок. Набор действий доступных для работы с калибровочными данными зависит от текущих прав доступа. Полный перечень калибровок и номиналов данного модуля можно увидеть в текстовом файле, предварительно создав его с помощью команды "Экспорт в текстовый файл"

Команда "Загрузить из заводских" служит для загрузки калибровок из ПЗУ модуля в файл текущих калибровок программы MR-300. Выполнение команды "Загрузить из заводских" требуется после перекалибровки модуля или получения сообщения о несовпадении данных файла текущих калибровок MR-300 и данных в ПЗУ модуля.

Команды "Экспорт в текстовый файл" и "Экспорт в бинарный файл" предназначены для сохранения текущих калибровок модуля в файл с целью сохранения и передачи производителю при возникновении проблем.

5.8 Индикация состояний канала

Светодиодные индикаторы, установленные на передней панели (см. поз.2 на Рис. 24), служат для индикации текущего состояния каналов модуля. Непосредственно после включения электропитания индикаторы включаются и светятся красным цветом. После

загрузки ПО MR-300 и инициализации модуля индикаторы каналов принимают состояние в соответствии с таблицей 9.

Таблица 9 - Индикация состояний канала

Состояние индикатора канала	Состояние канала
Зеленый	Нормальное функционирование датчика типа ICP
Выключен	Обрыв в цепи питания датчика типа ICP

5.9 Неисправности и методы их устранения

При обнаружении неисправностей, перечисленных в следующей таблице, ремонт производится силами обслуживающего персонала.

Таблица 10 - Неисправности и методы их устранения

Описание неисправности	Возможная причина	Метод устранения
Индикатор состояния канала выключен	Обрыв кабеля	Проверить кабель
Канал не регистрирует данные в режиме ПРОСМОТР	Неправильно настроен источник тактовой частоты	Настроить на вкладке "Цифровые шины"
Канал не регистрирует данные в режиме ПРОСМОТР	Неправильно настроена линия SYNC	Настроить PXI-бриджи
Канал регистрирует "нулевой" сигнал	Не правильно выбран источник сигнала модуля АЦП	Выбрать опцию "Внешний разъем"

При обнаружении неисправностей, не указанных в таблице, или механических повреждений разъемов комплекса и электронных компонентов, ремонт комплекса должны выполнять специалисты предприятия-изготовителя.

6 Описание и работа модуля МХ-228, АЦП

6.1 Назначение и область применения

Модули МХ-228 (БЛИЖ.404240.228.001) представляют собой многоканальные устройства, предназначенные для преобразования аналоговых сигналов электрического напряжения на входах каналов в цифровые данные. Преобразование входных сигналов осуществляется синхронно по всем каналам модуля посредством индивидуальных АЦП.

Источниками входных сигналов для модулей могут служить пьезоэлектрические акселерометры, микрофоны, датчики пульсаций давления, тензодатчики с соответствующими внешними усилителями-преобразователями, а также датчики со встроенными усилителями-преобразователями с питанием постоянным током по двухпроводной линии (датчики типа ICP, Isotron®, IEPE и аналогичные).

Модули предназначены для установки и работы в составе крейтов стандарта PXI.

Управление модулями, измерение, экспресс-анализ и регистрация сигналов осуществляется средствами программы MEPA MR-300. Для отображения, обработки, детального анализа зарегистрированных сигналов и вывода на печать результатов служит программа MEPA WinПОС (поставляется отдельно).

Основная область применения модулей - исследования быстропеременных процессов, диагностика и контроль механического, акустического и вибрационного состояния элементов машин и механизмов преимущественно в частотной области.

Электрическая схема, технические характеристики и настройки каналов модуля МХ-228 аналогичны каналам модуля МХ-224 с теми отличиями, что модуль МХ-228 содержит 8 измерительных каналов, входы которых подключаются через общий групповой разъем MDR-68F. Кроме 8 аналоговых входов и выходов питания 12 В, разъем имеет три выхода цифровых данных: SDO_OUT, CONTROL_OUT и CLKD1_OUT.

В отличие от модуля МХ-224 в модуле МХ-228 отсутствует светодиодная индикация состояния каналов, выведенная на лицевую панель.

6.2 Основные технические характеристики модуля

Таблица 11- Основные технические характеристики

Количество каналов	8
Режим работы канала по входу (тип входа)	- дифференциальный вход по напряжению; - недифференциальный вход по напряжению; - недифференциальный вход по напряжению с питанием датчика типа ICP;
Входные диапазоны (количество разрядов)	±10 В (АЦП 24 бит)*; ±10 В (АЦП 16 бит); ±6 В (АЦП 16 бит); ±3 В (АЦП 16 бит); ±1,5 В (АЦП 16 бит); ±0,75 В (АЦП 16 бит); ±0,375 В (АЦП 16 бит); ±0,188 В (АЦП 16 бит);

Частота дискретизации сигналов F_s	422 Гц 844 Гц 1688 Гц 3375 Гц 6750 Гц	13500 Гц 27 кГц 54 кГц 108 кГц 216 кГц
Частота среза (программно отключаемого) ФВЧ по уровню -3 дБ на входе АЦП	1,7 Гц	
Величина тока питания датчика типа ICP (в диапазоне выходных напряжений от 0,5 до 29 В)*	4 ±0,4 мА 10 ±0,5 мА	
Напряжение встроенного источника опорного напряжения	4,096±0,004 В	
Подавление входного синфазного сигнала в полосе частот от 50 Гц до 1 кГц, не менее	70 дБ	
Основная погрешность напряжения встроенного источника опорного напряжения	±0,1%	
Максимальный ток нагрузки служебного питания +12 В и -12 В одного канала	120 мА	
Диапазон балансировки (без уменьшения входного амплитудного диапазона)	±5% от диапазона	
Время установления рабочего режима, не менее	40 мин	

* размер отсчета дискретизации сигнала при регистрации на диск в 24-битном режиме равен 4 байтам

6.3 Нормируемые метрологические характеристики

Таблица 12- Основные нормируемые метрологические характеристики

Пределы основной приведенной погрешности измерения напряжения постоянного тока (входной диапазон -10,0...+10,0 В)	±0,1%
Пределы основной приведенной погрешности измерения напряжения переменного тока частотой 1кГц (входной диапазон -10,0...+10,0 В)	±0,1%
Пределы дополнительной приведенной погрешности измерений, вызванной изменением температуры, в диапазоне температур от +5 до +50°С	±0,1%
Неравномерность АЧХ в диапазоне частот от 0 Гц до 40 кГц, не более	±0,015 дБ
Неравномерность АЧХ в диапазоне частот от 40 кГц до 100 кГц, не более	±0,15 дБ

6.4 Конструктивное исполнение модуля

Конструктивно модули MX-228 представляют собой печатную плату с закрепленной на ней передней панелью. На передней панели модуля (См. Рис. 39) размещен входной разъем типа MDR-68F, предназначенный для подключения источников сигналов. Для установки и извлечения модуля из слота крейта служит экстрактор с рычагом и фиксатором. Невыпадающие винты на передней панели предназначены для закрепления модуля в слоте крейта.

Модули предназначены для работы в составе крейтов стандарта PXI, имеющих слоты для установки модулей типоразмера 3U.



Рис. 39 - Вид модуля MX-228

6.4.1 Разъемы

Модули MX-228 могут поставляться с двумя типами входных разъемов: MDR-68F и DB-37. Назначение контактов указанных разъемов приведено в таблицах 13 а и 13 б.

Таблица 13 а - Назначение контактов входных разъемов MDR-68F

Контакт	Назначение	Контакт	Назначение
1	-	2	SDO_OUT
3	-	4	AGND
5	-	6	-
7	AGND	8	-12P
9	AGND	10	-
11	-	12	AGND
13	AGND	14	+12P
15	AGND	16	-
17	-	18	AGND
19	-	20	-
21	-	22	-
23	-IN8	24	AGND
25	+IN7	26	-IN6
27	AGND	28	+IN5
29	AGND	30	+IN4
31	-IN3	32	AGND
33	+IN2	34	-IN1
35	AGND	36	AGND
37	-	38	-
39	AGND	40	-
41	-	42	-
43	-	44	AGND
45	CONTROL_OUT	46	CLKD1_OUT
47	-	48	-
49	-	50	AGND
51	-	52	-
53	AGND	54	AGND
55	AGND	56	AGND
57	+IN8	58	-IN7
59	AGND	60	+IN6
61	-IN5	62	AGND
63	-IN4	64	AGND

65	+IN3	66	-IN2
67	AGND	68	+IN1

Таблица 14 а - Назначение контактов входных разъемов DB-37

Контакт	Назначение	Контакт	Назначение
1	+IN1	2	AGND
3	+IN2	4	AGND
5	+IN3	6	AGND
7	+IN4	8	AGND
9	+IN5	10	AGND
11	+IN5	12	AGND
13	+IN7	14	AGND
15	+IN8	16	CLKD1_OUT
17	-12P	18	CDO_OUT
19	+12P	20	-IN1
21	AGND	22	-IN2
23	AGND	24	-IN3
25	AGND	26	-IN6
27	AGND	28	-IN5
29	AGND	30	-IN6
31	AGND	32	-IN7
33	AGND	34	-IN8
35	-12P	36	CONTROL_OUT
37	+12P		

6.4.2 Функциональная схема модуля МХ-228

Функциональная схема модуля приведена на Рис. 40.

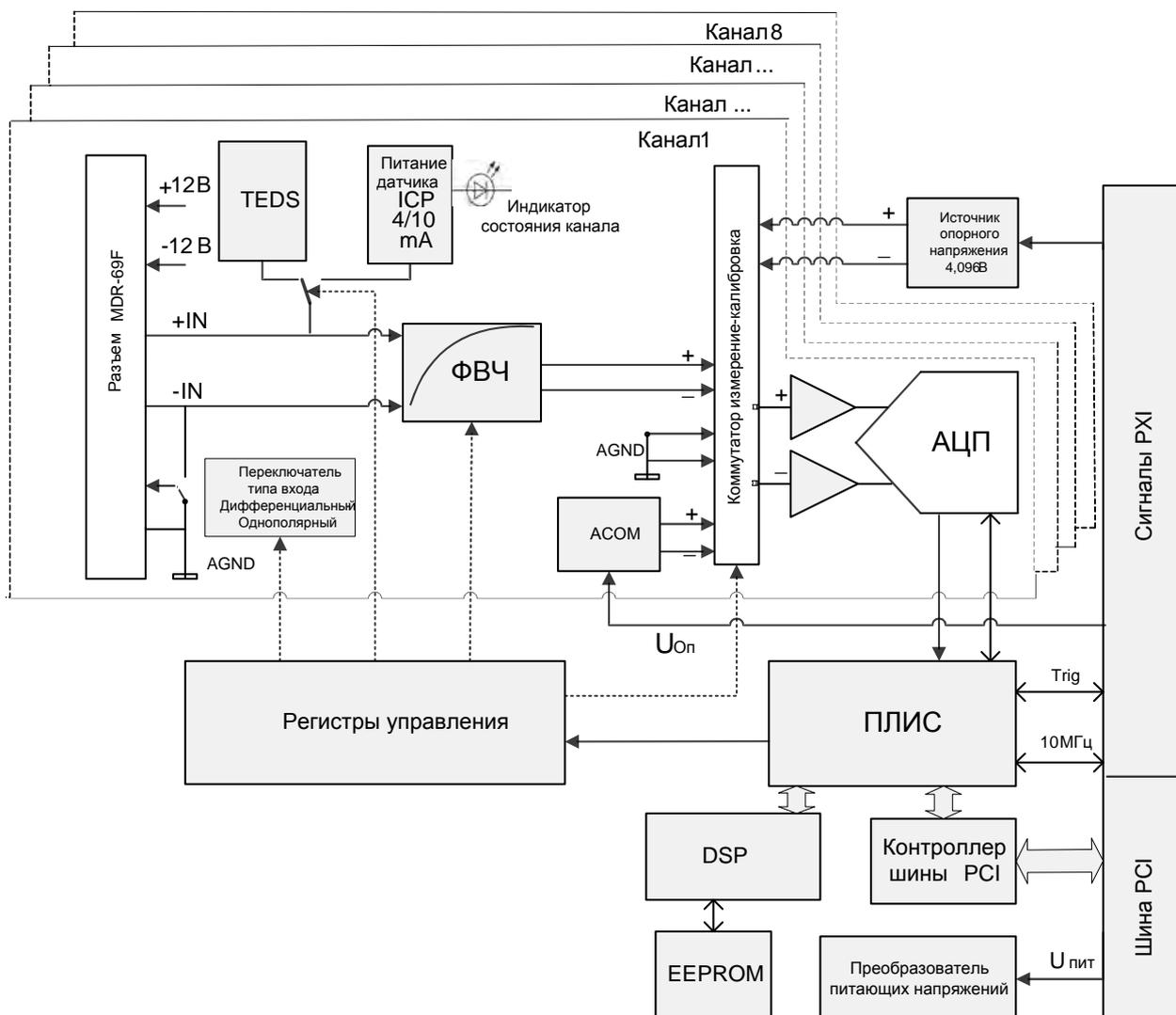


Рис. 40 - Функциональная схема модуля МХ-228

Модуль содержит восемь идентичных каналов, программируемую логическую интегральную схему (ПЛИС), сигнальный процессор (DSP), контроллер шины PCI, энергонезависимую память EEPROM и преобразователь питающих напряжений +5В, +15В, -15В, +30В.

Сигналы измерительных схем, которые могут иметь однополярную или дифференциальную схему включения, через входной разъем и программно-отключаемый фильтр высокой частоты (ФВЧ) поступают на вход «коммутатора измерение-калибровка» управляемого ПЛИС. На вход коммутатора поступает также опорное напряжения 4,096В, формируемое в модуле и опорное калибровочное напряжение от модуля МХ-020.

Выход коммутатора через усилители подключен к входу аналого-цифрового преобразователя (АЦП).

Модуль содержит контроллер TEDS, предназначенный для опроса ПЗУ датчиков, подключаемых к входам измерительных каналов, и считывает записанные в ПЗУ характеристики датчиков, используемые для настройки каналов.

После окончания настройки каналов контроллер TEDS отключается и к неинвертирующему входу канала подключаются источники тока 4 или 10 мА для питания датчиков ИСР. Схема питания датчиков используется и для диагностики измерительной схемы (обрыв или замыкание датчика): индикатором состояния канала является светодиод, вынесенный на лицевую панель модуля.

Напряжения +12В и -12В, выведенные на внешний разъем каждого канала, могут быть использованы для питания внешних усилителей, включаемых в измерительную схему.

6.5 Подключение источников сигнала

Схемы подключения измерительных каналов модулей МХ-224 и МХ-228 описаны в разделе 6.5 настоящего РЭ.

6.6 Настройка измерительного канала

Настройка измерительного канала модулей МХ-224 и МХ-228 производится с помощью Диалога настройки MR-300, либо непосредственно из списка каналов главного окна MR-300 и описаны в разделах 7.6 и 7.7 настоящего РЭ.

Диалог позволяет одновременно настраивать свойства произвольного числа каналов модулей МХ-228 (требуемые каналы должны быть предварительно выделены).

6.7 Неисправности и методы их устранения

Диагностика состояния каналов модуля МХ-228 производится встроенными средствами MR-300. Неисправности кабелей и датчиков могут быть устранены силами специалистов эксплуатирующей организации.

Неисправности, не определяемые средствами MR-300 или механические повреждения разъемов комплекса и электронных компонентов устраняются специалистами предприятия-изготовителя.

7 Описание и работа модуля МХ-240, АЦП с усилителем-преобразователем заряда

7.1 Назначение и область применения

Четырехканальный РХИ-модуль МХ-240 (БЛИЖ.404240.240.001) предназначен для измерения динамических параметров электрического напряжения или заряда.

Для преобразования входных сигналов заряда в сигналы напряжения и подачи на входы АЦП каналов служат отключаемые встроенные усилители-преобразователи заряда.

Модули МХ-240 могут применяться со следующими типами датчиков:

- пьезоэлектрические датчики с заземленным выходом (датчики SEPE типа);
- пьезоэлектрические датчики с дифференциальным (симметричным) выходом (датчики DIFFPE типа), на выходе которых формируется сигнал электрического заряда;
- датчики со встроенным усилителем-преобразователем заряда (датчики типа ICP или IEPE типа), на выходе которых формируется сигнал электрического напряжения.

Модули МХ-240 имеют аппаратные средства для работы со встроенной памятью датчиков, т.н. встроенными электронными таблицами данных преобразователей (TEDS).

Модули МХ-240 предназначены для установки в слоты и работы в составе РХИ крейтов комплексов МИС-РХИ.

Управление модулями, измерение, экспресс-анализ и регистрация сигналов осуществляется средствами программы MR-300.

Модуль имеет встроенные средства для калибровки и проверки работоспособности канала.

7.2 Основные технические характеристики

Таблица 15 - Основные технические характеристики

Количество каналов	4
Режим работы канала по входу (тип входа)	- дифференциальный вход по напряжению; - недифференциальный вход по напряжению; - недифференциальный вход по напряжению с питанием датчика типа ICP; - дифференциальный вход по заряду; - недифференциальный вход по заряду;
Входные амплитудные диапазоны каналов в режиме работы дифференциальный или недифференциальный входы по напряжению	± 10 В (АЦП 24 бит)*; ± 10 В (АЦП 16 бит)**; ± 6 В (АЦП 16 бит); ± 3 В (АЦП 16 бит); $\pm 1,5$ В (АЦП 16 бит); $\pm 0,75$ В (АЦП 16 бит); $\pm 0,375$ В (АЦП 16 бит); $\pm 0,188$ В (АЦП 16 бит);
Частота дискретизации сигналов F_s	422 Гц 844 Гц 1688 Гц 3375 Гц 6750 Гц 13500 Гц 27 кГц 54 кГц 108 кГц 216 кГц
Коэффициент преобразования (усиления) канала в режиме работы дифференциальный или недифференциальный вход по заряду	0,1 мВ/пКл (-20 дБ); 1 мВ/пКл (0 дБ); 10 мВ/пКл (20 дБ); 100 мВ/пКл (40 дБ); 1000 мВ/пКл (60 дБ);
Входной амплитудный диапазон канала по заряду - при коэффициенте усиления -20 дБ - при коэффициенте усиления 0 дБ - при коэффициенте усиления 20 дБ - при коэффициенте усиления 40 дБ - при коэффициенте усиления 60 дБ	$\pm 100\ 000$ пКл; $\pm 10\ 000$ пКл; ± 1000 пКл; ± 100 пКл; ± 10 пКл;

* размер отсчета дискретизации сигнала при регистрации на диск в 24-битном режиме равен 4 байта

** размер отсчета дискретизации сигнала при регистрации на диск в 16-битном режиме равен 2 байта

7.2.1 Нормируемые метрологические характеристики

Таблица 16 - Нормируемые метрологические характеристики

Пределы основной приведенной погрешности измерения напряжения постоянного тока в диапазоне измерений $\pm 10\text{В}$ в режиме работы дифференциальный или недифференциальный вход по напряжению	$\pm 0,1\%$
Пределы основной приведенной погрешности измерения напряжения переменного тока частотой 1кГц в диапазоне измерений $\pm 10\text{В}$ в режиме работы дифференциальный или недифференциальный вход по напряжению	$\pm 0,1\%$
Неравномерность АЧХ в диапазоне частот от 0 Гц до 40 кГц в режиме работы дифференциальный или недифференциальный вход по напряжению	$\pm 0,015\text{ дБ}$
Неравномерность АЧХ в диапазоне частот от 40 до 100 кГц в режиме работы дифференциальный или недифференциальный вход по напряжению, не более	$\pm 0,15\text{ дБ}$
Пределы основной приведенной погрешности измерения электрического заряда частотой 1кГц в режиме дифференциальный или недифференциальный вход по заряду	$\pm 1\%$
Полоса частот пропускания канала по уровню -3дБ (в зависимости от коэффициента усиления встроенного усилителя заряда) в режиме дифференциальный или недифференциальный вход по заряду (ФНЧ выключен)	$0,3\text{Гц} \dots 100\text{кГц}$ (-20дБ , 0дБ , 20дБ , 40дБ) $3\text{Гц} \dots 70\text{кГц}$ (60дБ)
Полосы частот, в которых неравномерность АЧХ каналов не превышает $\pm 0,15\text{дБ}$ (в зависимости от коэффициента усиления встроенного усилителя заряда) в режиме дифференциальный или недифференциальный вход по заряду (ФНЧ выключен)	$10\text{Гц} \dots 70\text{кГц}$ (-20дБ , 0дБ , 20дБ , 40дБ) $10\text{Гц} \dots 10\text{кГц}$ (60дБ)

7.3 Конструктивное исполнение модуля

Конструктивно модули МХ-240 представляют собой печатную плату с закрепленной на ней передней панелью. На передней панели (См. Рис. 41) размещены четыре входных разъема, предназначенные для подключения источников сигналов (датчиков), и светодиодные индикаторы. Электрическое соединение интерфейсных цепей, цепей питания модуля и соответствующих цепей на общей шине крейта при установке модуля в слот обеспечивает интерфейсный разъем, расположенный на основной печатной плате модуля.

Для установки и извлечения модуля из слота крейта служит экстрактор с рычагом и фиксатором. Невыпадающие винты на передней панели предназначены для крепления модуля к конструкции крейта.



Рис. 41 - Вид на переднюю панель и входной разъем модуля MX-240

На передней панели модуля, предназначенные для подключения источников сигнала (датчиков). Назначение контактов разъема (см. таблицу 16) зависит от выбора типа входа (режима работы канала) в меню настройки.

Таблица 17- Назначение контактов входных разъемов

Внешний вид	Номер контакта	Цепь	Назначение
	1	AGND	Общий контакт (земля) / Экран кабеля
	2	+IN / ICP_IN*	Неинвертирующий вход / Вход сигнала и выход тока питания датчика типа ICP*
	3	- IN / ICP_COM*	Инвертирующий вход / Общий контакт датчика типа ICP*

* В режиме работы входа "ICP"

В качестве ответной части используется вилка LEMO FGG.1B.303.CLAD62.

7.4 Функциональная схема модуля МХ-240

Функциональная схема модуля приведена на Рис. 42.

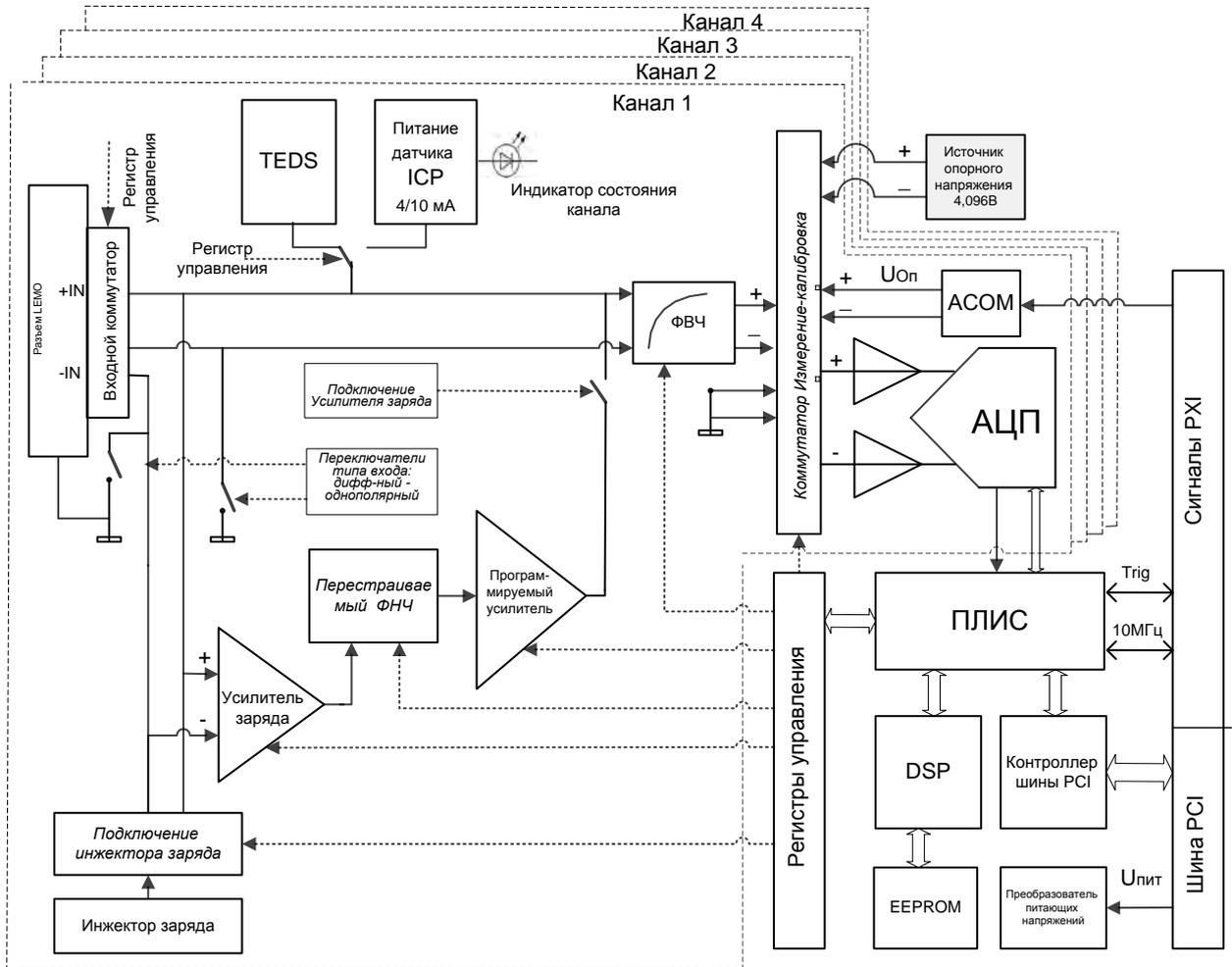


Рис. 42 - Функциональная схема модуля МХ-240

Модуль содержит четыре идентичных канала и общую шину PCI/PXI, программируемую логическую интегральную схему (ПЛИС), сигнальный процессор (DSP), контроллер шины PCI, энергонезависимую память EEPROM и преобразователь питающих напряжений +5В, +15В, -15В, +30В.

Сигналы измерительных схем, которые могут иметь однополярную или дифференциальную схему включения, через входной разъем и программно-отключаемый фильтр высокой частоты (ФВЧ) поступают на вход «коммутатора измерение-калибровка» управляемого ПЛИС. На вход коммутатора поступает также опорное напряжения 4,096 В, формируемое в модуле и опорное калибровочное напряжение от модуля МХ-020.

Выход коммутатора через усилители подключен к входу АЦП.

Модуль содержит контроллер TEDS, предназначенный для опроса ПЗУ датчиков, подключаемых к входам измерительных каналов, и считывает записанные в ПЗУ характеристики датчиков, используемые для настройки каналов.

После окончания настройки датчиков устройство TEDS отключается и к неинвертируемому входу канала подключаются источники тока 4 или 10 мА для питания датчиков ИСР. Схема питания датчиков используется и для диагностики измерительной схемы (обрыв или замыкание датчика): индикатором состояния канала является светодиод, вынесенный на лицевую панель модуля.

Режим работы канала по входу (тип входа) задается входным коммутатором и переключателем типа входов: дифференциальный-однополярный.

В режиме измерения напряжений сигналы измерительных схем, которые могут иметь однополярную или дифференциальную схему включения, через программно управляемый ФВЧ и коммутатор измерение-калибровка поступают на входы усилителей, выходы которых подключены к входу АЦП.

В режимах измерения зарядов (дифференциальный и однополярные входы) сигналы после коммутатора входов поступают на усилитель заряда, программно-управляемый ФНЧ и однополярный программируемый усилитель. Выход усилителя подключается в режиме измерения зарядов к неинвертируемому каналу измерения напряжений на входе ФВЧ. Для тестирования канала измерения заряда в схему каждого канала введен инжектор заряда, который может быть подключен к входу усилителя заряда.

Для балансировки усилителя его входы заземляются.

Балансировка канала с подключенным к входу датчиком производится без заземления.

7.5 Настройка измерительного канала усилителя

Изменение свойств измерительного канала модуля МХ-240 происходит с помощью его диалога настройки, который можно вызвать из диалога общей настройки MR-300, либо непосредственно из списка каналов главного окна MR-300 (см. Рис. 43).

Диалог настройки каналов позволяет одновременно настраивать свойства произвольного числа каналов модулей МХ-240 (требуемые каналы должны быть предварительно выделены).

Если измерительные каналы предварительно не были добавлены в список активных каналов, то их необходимо добавить.

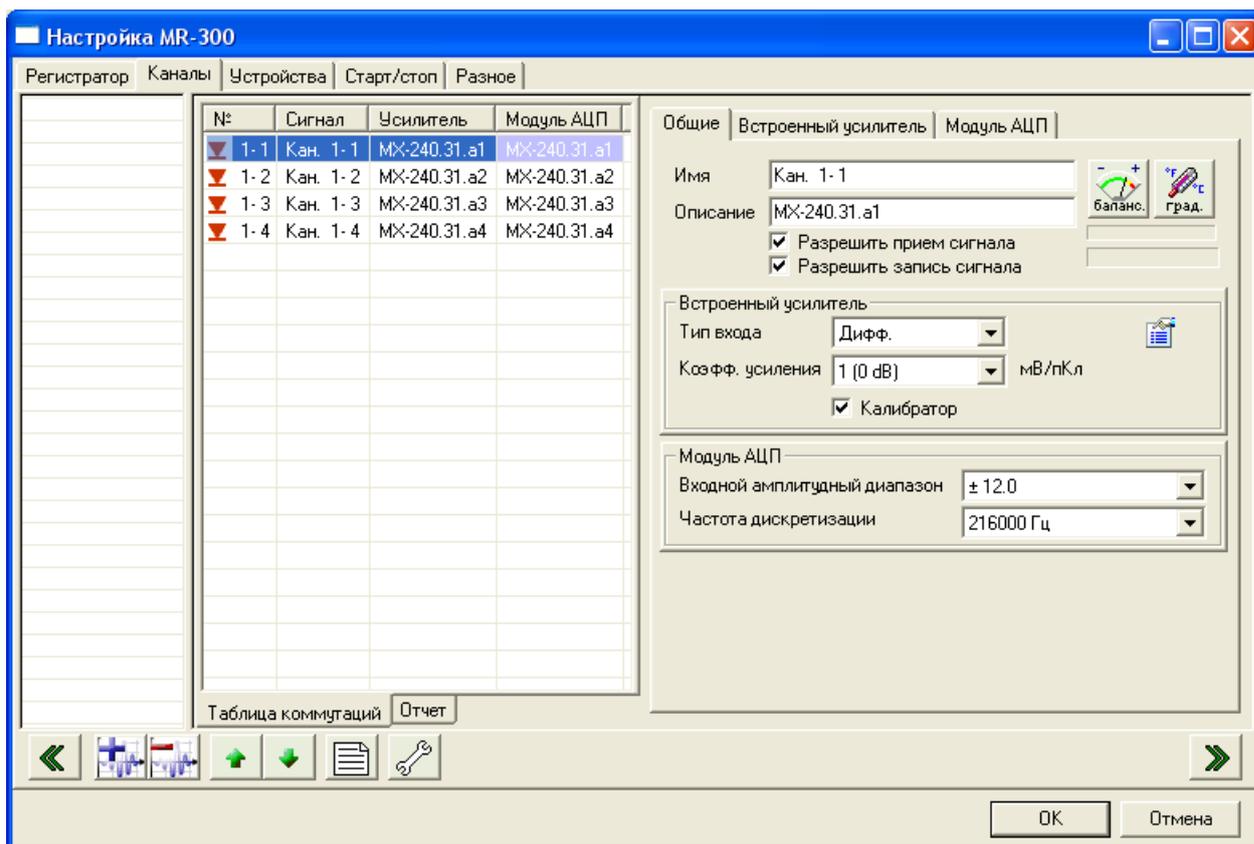


Рис. 43 - Добавление измерительного канала усилителя МХ-240

7.5.1 Включение/выключение встроенного усилителя заряда

После добавления, встроенный усилитель канала по-умолчанию включен, и диалог настройки будет содержать вкладку "Встроенный усилитель" (см. Рис. 43).

При отключении встроенного усилителя будет удалена вкладка "Встроенный усилитель" (см. Рис. 44) и управление модулем будет осуществляться через вкладку "Модуль АЦП". Этот режим может использоваться для работы с внешним усилителем, например ME-320. Таким образом, канал можно перенастроить на измерение, например, тензометрических сигналов.

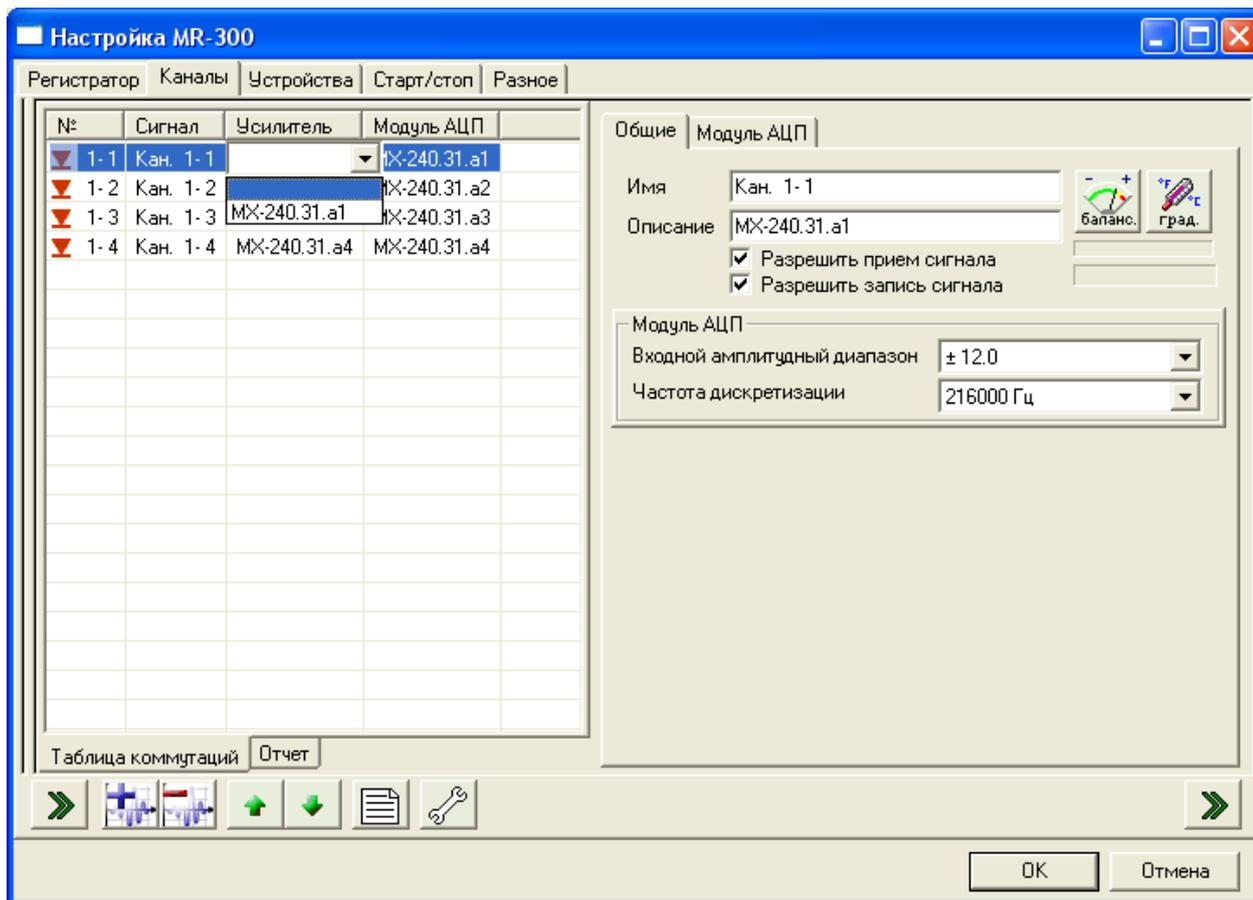


Рис. 44 - Включение/выключение внутреннего усилителя заряда модуля MX-240

7.5.2 Вкладка "Общие настройки"

Порядок вызова диалога настройки каналов, приведенный на Рис. 45, описан в разделе «Диалог настройки измерительных каналов» [2].

В «Общие» содержит основные и наиболее используемые свойства всего измерительного канала. Остальные вкладки опциональные, и служат для более подробной настройки конкретного преобразователя (датчик/усилитель/АЦП). При отключении встроенного усилителя или датчика их вкладки не отображаются.

На Рис. 45 приведены поля общих настроек измерительного канала.

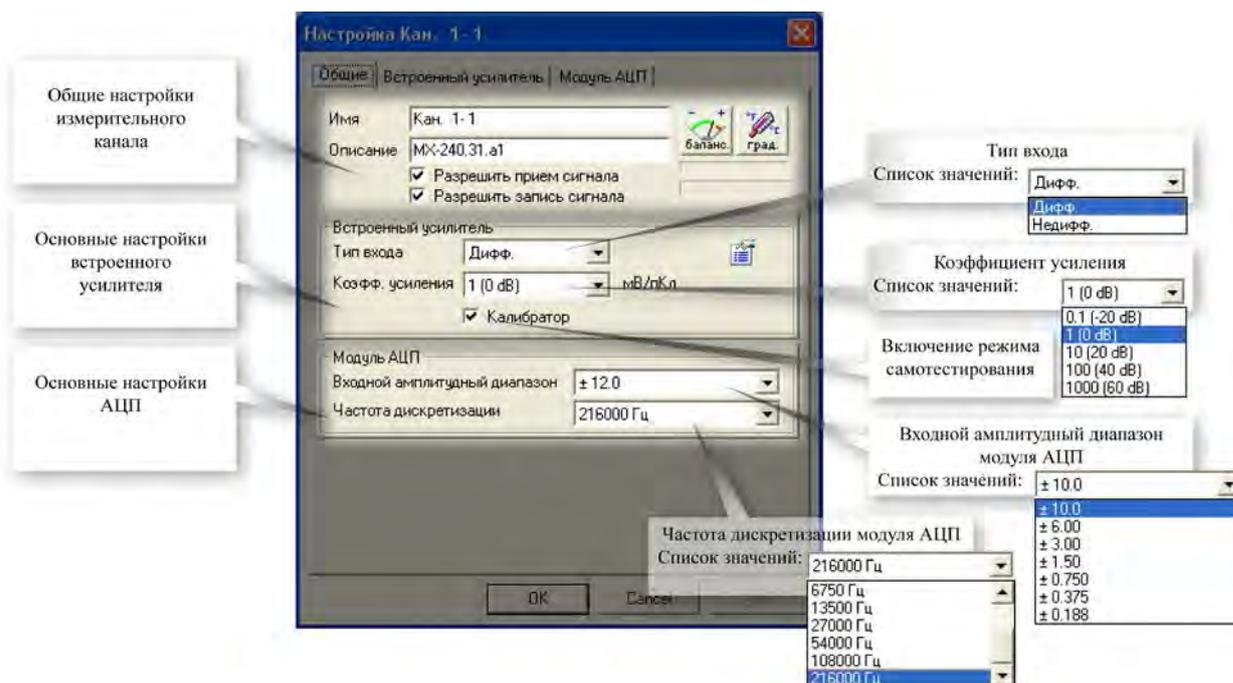


Рис. 45 - Настройка канала. Вкладка "Общие настройки"

7.5.3 Вкладка "Встроенный усилитель"

Тип входа встроенного усилителя.
Список значений: Дифф., Дифф., Недифф.

Номинальный и паспортный входные амплитудные диапазоны в выбранных единицах.
Список значений: ± 10000, ± 100000, ± 10000, ± 1000, ± 100, ± 10.0

Номинальный и паспортный выходные амплитудные диапазоны в выбранных единицах.

Единицы измерений входного амплитудного диапазона.
Список значений: пКл, нКл, пКл

Единицы измерений выходного амплитудного диапазона.
Список значений: мВ, кВ, В, мВ, мкВ

Номинальный и паспортный коэффициенты усиления встроенного усилителя по напряжению.
Список значений: 1 (0 dB), 0.1 (-20 dB), 1 (0 dB), 10 (20 dB), 100 (40 dB), 1000 (60 dB)

Выбор частоты среза аналогового ФНЧ по уровню -3 дБ.
Список значений: Выключено, 1000, 10000

Включение режима самотестирования усилителя.

Настройка Кан. 1-1

Общие Встроенный усилитель | Модуль АЦП |

Описание: Канал №1 встроенного усилителя заряда МХ-240

Тип входа усилителя: Дифф.

Амплитудные характеристики

	Номинальные	Паспортные	Единицы
Входной диапазон	± 10000	± 10000	пКл
Выходной диап.	± 10000	± 10000	мВ
Козф. усиления	1 (0 dB)	1.000000	мВ/пКл

Аналоговый ФНЧ: Выключено Гц

Справка

Калибратор

Частота, Гц: 422.0

Заряд, пКл: 150.0

OK Cancel Apply

Рис. 46 - Настройка канала. Вкладка "Встроенный усилитель"

7.5.4 Вкладка "Модуль АЦП"

Во вкладке "Модуль АЦП", приведенной на 47, содержатся поля, необходимые, для детальной настройки АЦП измерительного канала.

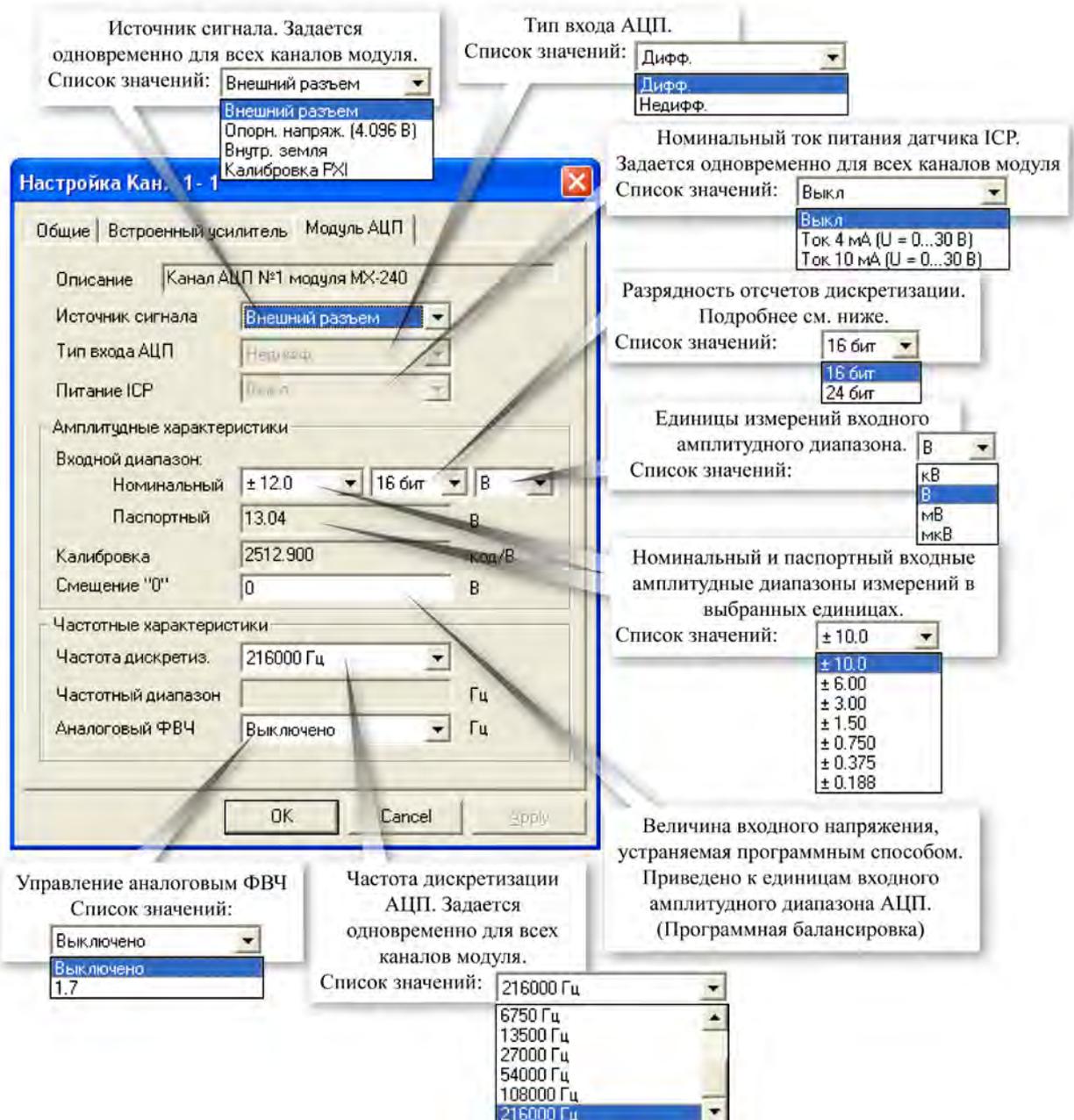


Рис. 47 - Настройка канала. Вкладка "Модуль АЦП"

При включении встроенного усилителя, значение параметра "Тип входа АЦП" устанавливается в "Недифф.", а значение "Питание ИСР" в положение "Выкл.". Оба эти параметра становятся недоступны к изменению (см. Рис. 40).

Если разрядность отсчетов дискретизации установлена в 24 бит, то в файл, фактически, записываются отсчеты в 32-битном знаковом формате (4 байта). В этом случае доступен только один входной амплитудный диапазон ±10В. С учетом собственного шума канала модуля АЦП (СКЗ шума не более 30мкВ), количество эффективных разрядов АЦП не превышает 20 бит. При работе с реальными датчиками, случайный шум всего измерительного канала (включая датчик) снижает число

необходимых битов квантования до 17-18. Таким образом, при регистрации сигнала в 24-битном режиме, почти половина из 32-битного слова - избыточная. Как следствие - замеры занимают вдвое больше места и дольше обрабатываются в программах пост-обработки.

Для оптимизации расходования дискового места и повышения быстродействия, более предпочтительным является 16-битный режим с набором амплитудных диапазонов. Т.к. аппаратно амплитудный диапазон всего один ($\pm 10V$), амплитудные диапазоны образуются программно, путем деления исходного 24-битного диапазона на 2, 4,

7.5.5 Работа с пьезоэлектрическими датчиками (PE)

Для работы с пьезоэлектрическими датчиками, на выходе которых генерируется электрический заряд, должны быть включены встроенные усилители заряда на входах АЦП каналов модуля.

На вкладке "Встроенный усилитель" необходимо в поле "Тип входа усилителя" выбрать значение: дифференциальный или недифференциальный в соответствии с типом подключения датчика. Из выпадающего списка "Входной диапазон" выбрать значение входного диапазона или коэффициент усиления из списка "Коэфф.усиления" (при выборе значения одного параметра, значение второго будет установлено автоматически, т.к. они взаимосвязаны). Входной амплитудный диапазон усилителя заряда следует выбирать не меньше чем ожидаемый выходной диапазон сигнала датчика. При необходимости на выходе встроенного усилителя заряда может быть включен противорезонансный фильтр. Для этого необходимо на вкладке "Встроенный усилитель" выбрать из выпадающего списка "Аналоговый ФНЧ" значение частоты среза фильтра ниже, чем частота механического резонанса применяемого датчика.

На вкладке "Модуль АЦП" выбрать из списка "Источник сигнала" значение "Входной разъем", а из списка "Номинальный" "Входной диапазон" - значение входного диапазона АЦП. Сделанные изменения (настройки) сохраняются при закрытии окна при помощи кнопки "ОК".

Перед проведением измерений или регистрацией сигналов следует убедиться, что встроенный калибратор (генератор заряда) выключен, для этого необходимо проверить его состояние на вкладке "Встроенный усилитель" вкладки "Каналы" окна "Настройка MR-300".

7.5.6 Работа с датчиками типа ICP (IEPE)

Для работы с датчиками, оснащенными встроенными усилителями-преобразователями заряда (типа ICP), на выходе которых генерируется сигнал электрического напряжения, требуется выключить встроенные усилители заряда на входах соответствующих АЦП каналов модуля и включить ток для питания датчиков, в случае если не будут использоваться внешние источники питания.

На вкладке "Модуль АЦП" необходимо выбрать из списка "Источник сигнала" значение "Входной разъем".

Выбрать величину тока питания датчика из списка "Ток питания ICP", если требуется обеспечить электропитание датчика средствами модуля. Большее значение величины тока питания датчика следует выбирать, если используются более длинные соединительные провода или провода с большей электрической емкостью.

Выбрать из списка "Номинальный" "Входной диапазон" значение входного диапазона АЦП. Входной амплитудный диапазон следует выбирать не меньше чем ожидаемый выходной диапазон сигнала датчика.

При включении тока питания датчика ICP, для подавления постоянной составляющей сигнала на выходе датчика ICP, автоматически включается аналоговый ФВЧ соответствующего канала.

Сделанные изменения (настройки) сохраняются при закрытии окна при помощи кнопки "ОК".

7.5.7 Работа с усилителями заряда или источниками сигналов напряжения

Для работы с источниками сигналов электрического напряжения, например, с внешними усилителями-преобразователями заряда, требуется включить встроенные усилители заряда на входах соответствующих АЦП каналов модуля.

Затем на вкладке "Модуль АЦП" выбрать из списка "Источник сигнала" значение "Входной разъем". Выключить источник тока питания ICP, выбрав из списка "Ток питания ICP" соответствующее значение. Выбрать из списка "Номинальный" "Входной диапазон" значение входного диапазона АЦП. Входной амплитудный диапазон АЦП следует выбирать не меньше чем ожидаемый выходной диапазон источника сигнала.

При необходимости, для подавления постоянной составляющей сигнала, следует включить аналоговый ФВЧ, выбрав частоту среза из списка "Аналоговый ФВЧ". Сделанные настройки сохраняются при закрытии окна при помощи кнопки "ОК".

7.6 Конфигурирование датчиков

Для включения в измерительный канал датчика сначала необходимо добавить устройство - датчик соответствующего типа. Для этого необходимо на вкладке "Устройства" окна "Настройка MR-300" нажать кнопку "Добавить устройство" в нижней части окна. Затем в открывшемся окне "Добавить устройство" установить метку перед строкой "Датчик" и нажать кнопку "ОК" (см. Рис. 48).

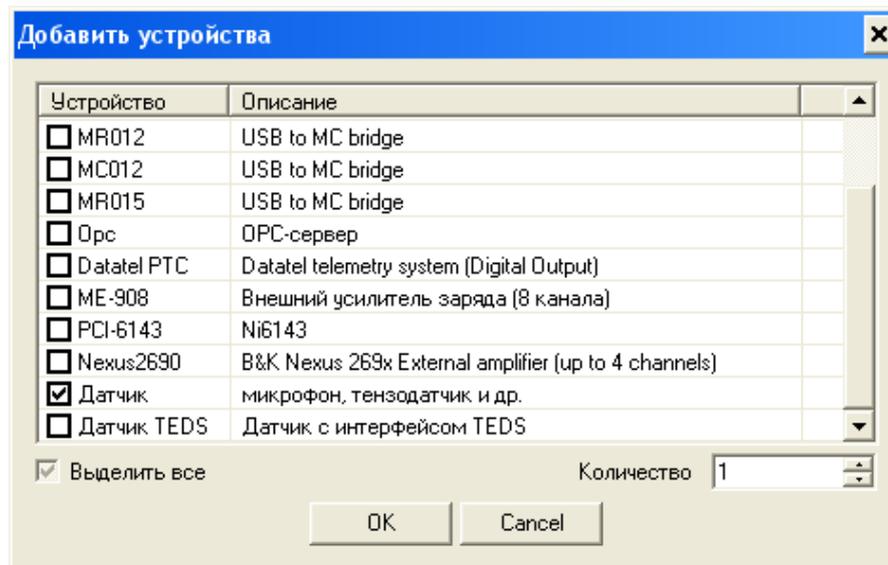


Рис. 48 - Добавление датчика

При добавлении датчика можно указывать количество добавляемых датчиков (см. Рис. 48).

Датчик будет добавлен в список устройств на вкладке "Устройства".

Далее необходимо выделить добавленный датчик и выбрать из поля "Тип датчика" (см. Рис. 49) в правой части окна значение "Акселерометр (вых. заряд.)" для

пьезоэлектрического датчика с выходом заряда (датчик PE типа) и "Акселерометр (вых. напряж.)" для датчика типа ICP.

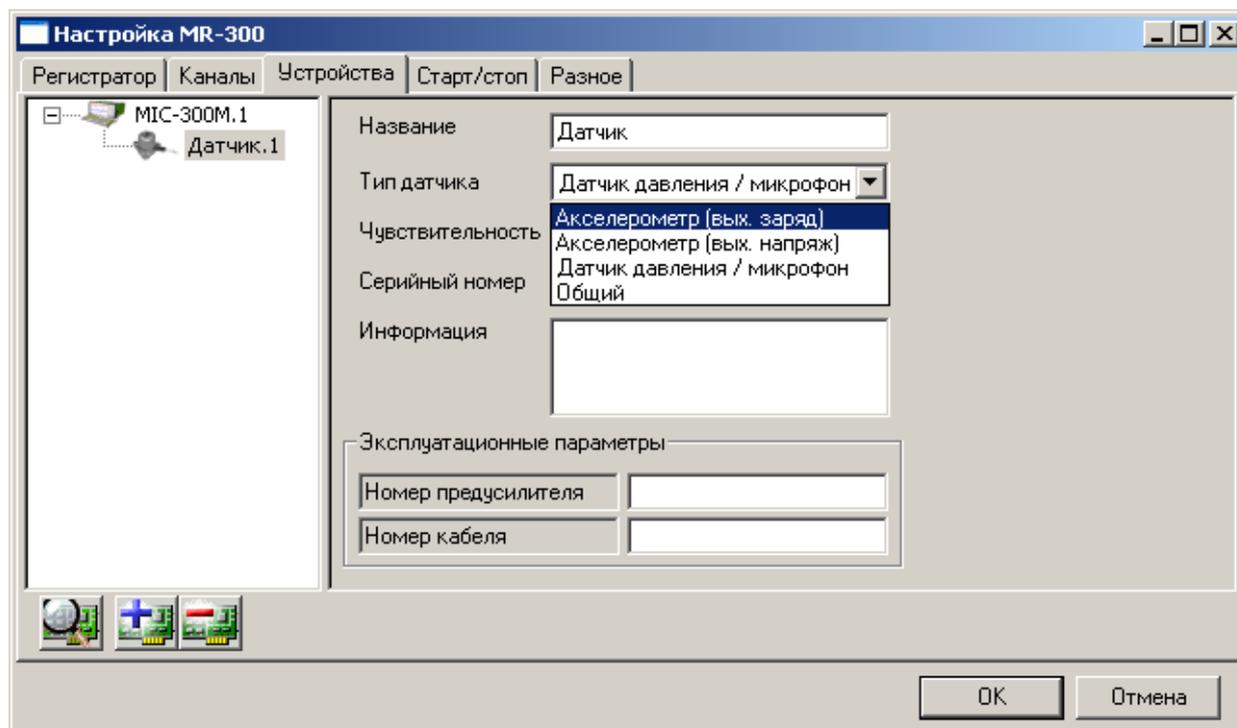


Рис. 49 - Выбор типа датчика

Если у какого-либо существующего датчика изменить тип, то новым добавляемым датчикам будет присваиваться этот тип по-умолчанию.

При необходимости отредактировать поля "Название", "Серийный номер" и другие поля для идентификации и хранения информации о датчике и его подключении. Повторить действия для добавления требуемого количества датчиков для всех измерительных каналов.

Для того чтобы включить датчик в измерительный канал необходимо на вкладке "Каналы" окна "Настройка MR-300" в таблице коммутаций выполнить двойной щелчок мышью в ячейке столбца "Датчик" измерительного канала и выбрать из выпадающего списка соответствующий датчик. При этом справа от таблицы коммутаций появится вкладка "Датчик", в которой необходимо ввести паспортные параметры датчика (см. рисунки 50 и 51).

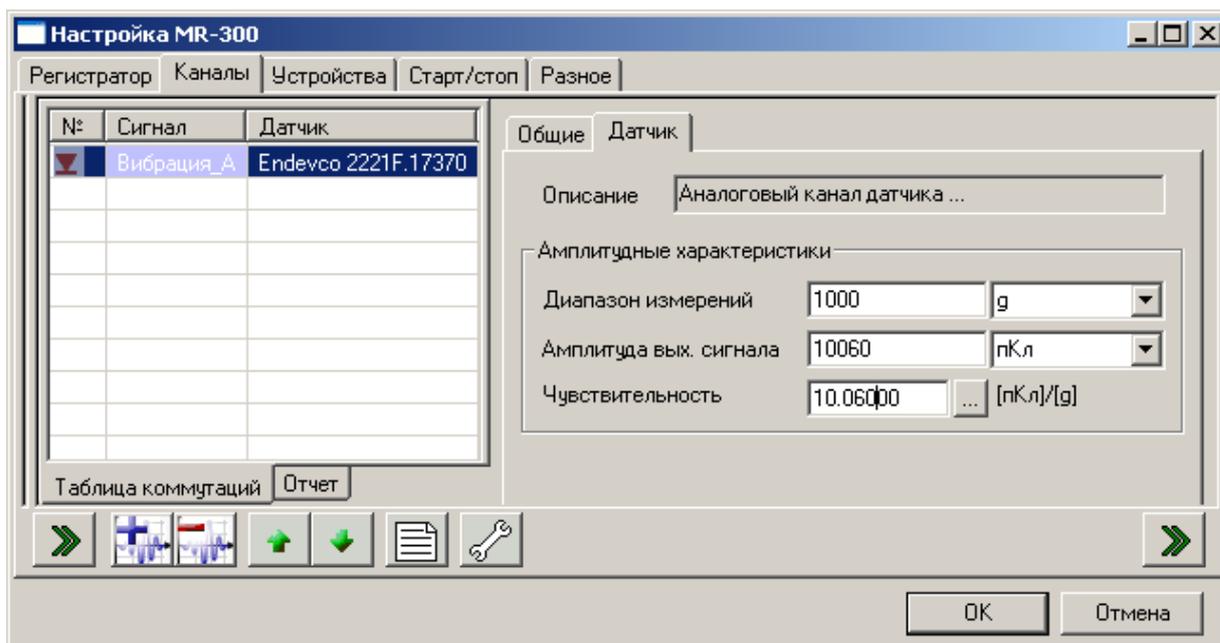


Рис. 50 - Ввод параметров пьезоэлектрического датчика (РЕ типа)

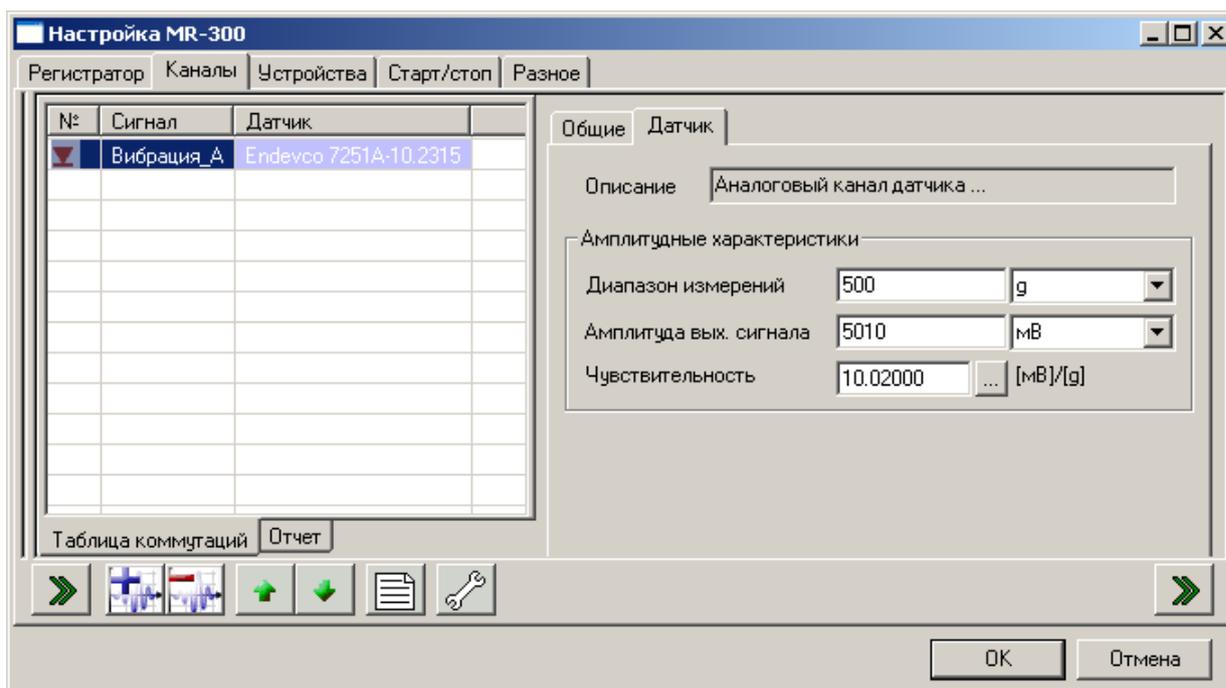


Рис. 51 - Ввод параметров пьезоэлектрического датчика с встроенным усилителем преобразователем заряда (датчика типа ICP)

7.7 Проверка настройки каналов

Для просмотра и проверки амплитудных и частотных характеристик измерительных каналов, получаемых в результате текущих настроек, необходимо на вкладке "Каналы" окна "Настройка MR-300" выбрать вкладку "Отчет" в нижней части таблицы. В отчете будут указаны частотные характеристики, входные и выходные диапазоны составляющих частей измерительных каналов (см. Рис. 52). При этом будут автоматически выделены измерительные каналы, имеющие ошибочные или несоответствующие параметры, например, несоответствие входных и выходных диапазонов. Измерительные каналы с

включенными диагностическими средствами, например, с включенными источниками опорного напряжения или встроенными калибраторами будут выделены цветом.

Рис. 52 - Отчет о настройке измерительных каналов на вкладке "Каналы" окна "Настройка MR-300"

7.8 Балансировка каналов

Для программной компенсации смещения нуля выходного сигнала необходимо выделить канал в таблице коммутаций на вкладке "Каналы" окна "Устройства" и в поле "Смещение 0" на вкладке "Модуль АЦП" ввести требуемое значение. Для автоматической балансировки выделенного канала необходимо подать на его вход нулевой сигнал и нажать кнопку "Баланс.", расположенную на вкладке "Общие". В результате значение, требуемое для компенсации смещения нуля, будет рассчитано и установлено в поле "Смещение 0" на вкладке "Модуль АЦП".

7.9 Проверка работоспособности

Проверка работоспособности каналов может быть произведена с использованием встроенных средств модуля.

Для проверки работоспособности АЦП каналов необходимо активировать вкладку "Каналы" окна "Настройка MR-300" и в таблице коммутаций выбрать один или несколько каналов, работоспособность которых требуется проверить. Затем справа от таблицы коммутаций открыть вкладку "Модуль АЦП", выбрать из списка "Источник сигнала" значение "Опорн. напряж. (4.096В)", выбрать из списка "Входной диапазон" значение не менее "±6.0 В" и выключить ФВЧ, выбрав соответствующее значение из списка "Аналоговый ФВЧ". Нажать кнопку "ОК" для сохранения сделанных изменений и закрытия текущего окна. Запустить режим просмотра в главном окне программы при помощи нажатия соответствующей кнопки на панели управления. Оценка среднего значения для всех проверяемых АЦП каналов должна быть равна 4,096 В ±0,1%, при условии, что каналы были предварительно сбалансированы. После завершения проверки работоспособности АЦП каналов, следует восстановить их настройки.

Для проверки работоспособности встроенных усилителей каналов необходимо открыть вкладку "Каналы" окна "Настройка MR-300" и в таблице коммутаций выделить один или несколько каналов, работоспособность которых требуется проверить. На вкладке

"Встроенный усилитель" выбрать из выпадающего списка "Входной диапазон" значение " ± 1000 пКл". Включить встроенный калибратор (генератор заряда), установив метку перед строкой "Калибратор". Закрыть окно, нажав кнопку "ОК". Запустить режим просмотра в главном окне программы при помощи нажатия соответствующей кнопки на панели управления. Сигнал на осциллограммах проверяемых каналов должен иметь амплитуду и частоту близкие к паспортным величинам, указанным в поле "Частота" и "Заряд" секции "Калибратор".

7.10 Подключение источников сигнала

7.10.1 Работа с недифференциальными датчиками

Наиболее распространенными пьезоэлектрическими датчиками ускорения являются датчики с заземленным выходом (датчики типа SEPE), у которых один из выводов электрически подключен к корпусу датчика или к корпусу разъема. Датчики такого типа следует подключать к входам модуля, как показано на Рис. 53. Для подключения необходимо использовать специальный малошумящий коаксиальный кабель минимальной длины. Для уменьшения входных шумов, связанных с трибоэлектрическим эффектом кабель необходимо неподвижно закреплять с шагом 30-50 мм при помощи зажимов или хомутов.

Контакт общего потенциала (заземленный вывод) датчика через корпус датчика и посадочное место на объекте может электрически соединяться с потенциалом земли (см. Рис. 53А). При этом разность потенциалов земли измерительной аппаратуры и земли в месте крепления датчика вызовет протекание электрического тока через проводник кабеля, соединяющий корпус датчика, и контакт входного разъема аппаратуры (образуется т.н. паразитный контур земли). Это в свою очередь приводит к возникновению шума на входе аппаратуры. Для ослабления шума, возникающего из-за протекания тока (паразитного контура земли), необходимо надежно заземлить объект и аппаратуру при помощи шины заземления с низким импедансом. Необходимо также избегать образования паразитного контура заземления.

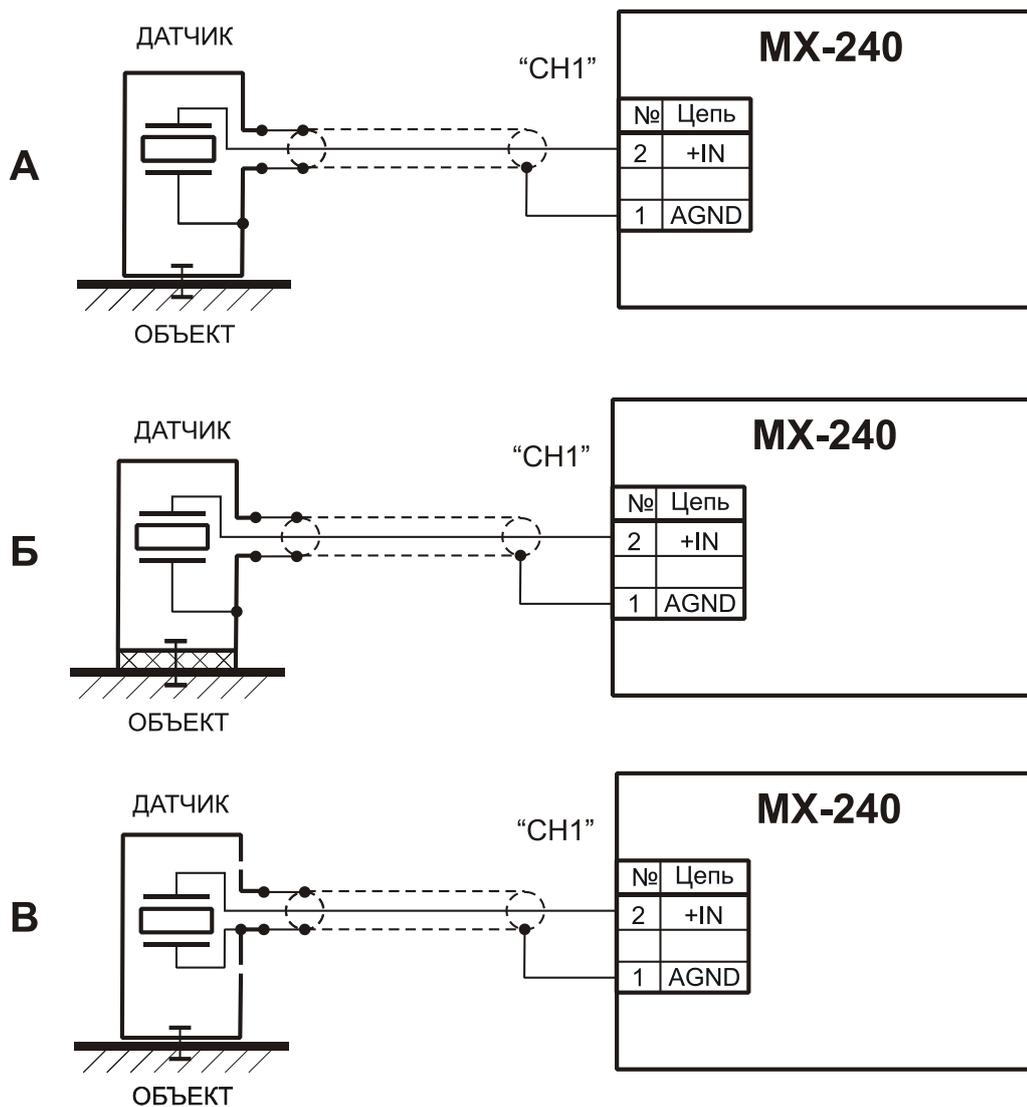


Рис. 53 - Схемы подключения пьезоэлектрических датчиков с заземленным выходом (датчики SEPE)

В зависимости от схемы подключения датчика в меню настройки канала необходимо в поле "Тип входа" выбрать значение "Диф" или "Недифф".

Для работы с пьезоэлектрическими датчиками с заземленным выходом необходимо в меню настройки соответствующих каналов модуля включить встроенный усилитель заряда и выбрать недифференциальный тип входа.

7.10.2 Работа с дифференциальными датчиками

Для измерений в обстановке с высоким уровнем электромагнитных полей следует применять пьезоэлектрические датчики с дифференциальным (симметричным) выходом.

Датчики с дифференциальным выходом следует подключать к входам модуля, как показано на Рис. 54. Для подключения датчиков с дифференциальным выходом необходимо использовать специальную малошумящую экранированную витую пару. Для уменьшения входных шумов, связанных с трибоэлектрическим эффектом кабель необходимо неподвижно закреплять с шагом 30-50 мм при помощи зажимов или хомутов.

Для работы с пьезоэлектрическими датчиками с дифференциальным выходом необходимо в меню настройки соответствующих каналов модуля включить встроенный усилитель заряда и выбрать дифференциальный тип входа.

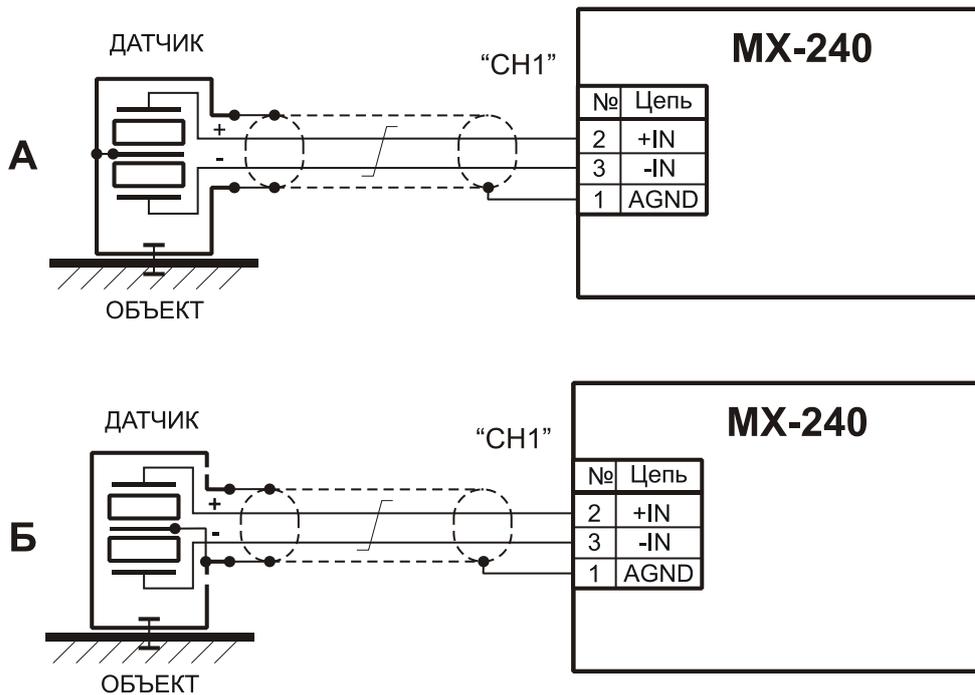


Рис. 54 - Схемы подключения пьезоэлектрических датчиков с дифференциальным выходом (датчики DIFFPE)

7.10.3 Работа с датчиками ICP

Пьезоэлектрические датчики с встроенным усилителем-преобразователем заряда (датчики ИЕРЕ: торговые марки ICP, Isotron, Deltatron, Piezotron и другие), как правило, применяют при окружающей температуре до плюс 125°C. Датчики типа ICP имеют низкоимпедансный выход (выходной сигнал - электрическое напряжение) и не требуют применения специальных малозумящих кабелей. Длина соединительного кабеля может быть более 100 м (зависит от электрической емкости кабеля при прочих равных условиях).

Датчики с неизолированным от корпуса общим выводом, датчики с электрически изолированной монтажной поверхностью следует подключать к входам модуля с использованием коаксиального кабеля, как показано на Рис. 55 А и Б соответственно. Датчики с выходными контактами изолированными от земли следует подключать к входам модуля, как показано на Рис. 55 В с использованием витой пары, экранированный кабель следует применять для работы в условиях сильных электромагнитных помех.

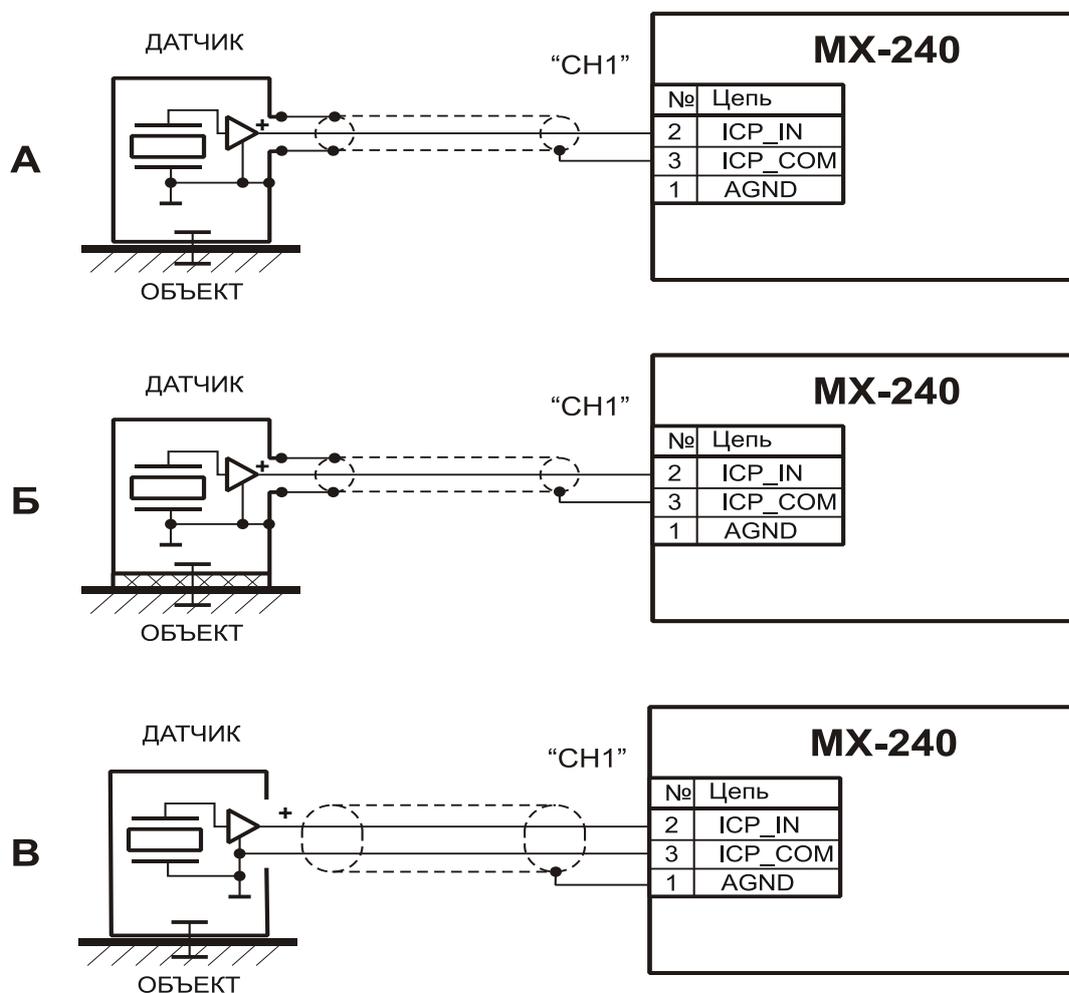


Рис. 55 - Схемы подключения пьезоэлектрических датчиков со встроенным усилителем-преобразователем заряда (датчики IEPE, ICP)

Для работы с датчиками типа ICP необходимо в меню настройки соответствующих каналов модуля выключить встроенный усилитель заряда и выбрать (включить) ток питания датчика.

7.10.4 Работа с внешними усилителями

Применение внешних усилителей-преобразователей заряда позволяет минимизировать использование специального малошумящего кабеля для передачи заряда от пьезоэлектрического датчика. Усилитель-преобразователь располагают на небольшом расстоянии от датчика в зоне, где температура допустима для работы усилителя. Для передачи низкоимпедансного выходного сигнала (электрического напряжения) от усилителя-преобразователя на вход модуля используют обычный коаксиальный кабель.

Внешние усилители-преобразователи заряда с внешним питанием и усилители с питанием постоянным током по двухпроводному выходу следует подключать к модулю согласно схемам, приведенным на Рис. 56 А и Б соответственно.

Для работы с внешними усилителями-преобразователями заряда необходимо в меню настройки соответствующих каналов модуля выключить встроенный усилитель заряда, выбрать недифференциальный тип входа, выключить ток питания ICP датчика для внешних усилителей, которые питаются от внешнего источника питания, и включить (выбрать) ток питания ICP для внешних усилителей с питанием по двухпроводному выходу.

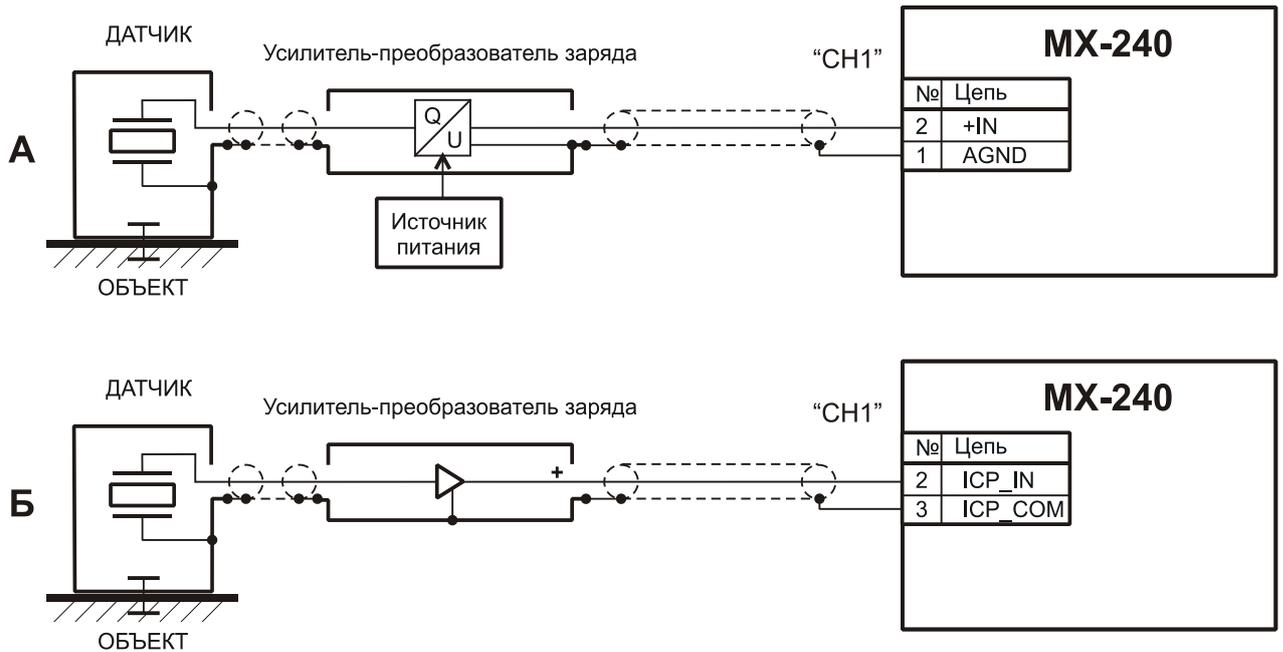


Рис. 56 - Схемы подключения пьезоэлектрических датчиков с использованием внешних усилителей-преобразователей заряда

7.11 Идентификация модуля

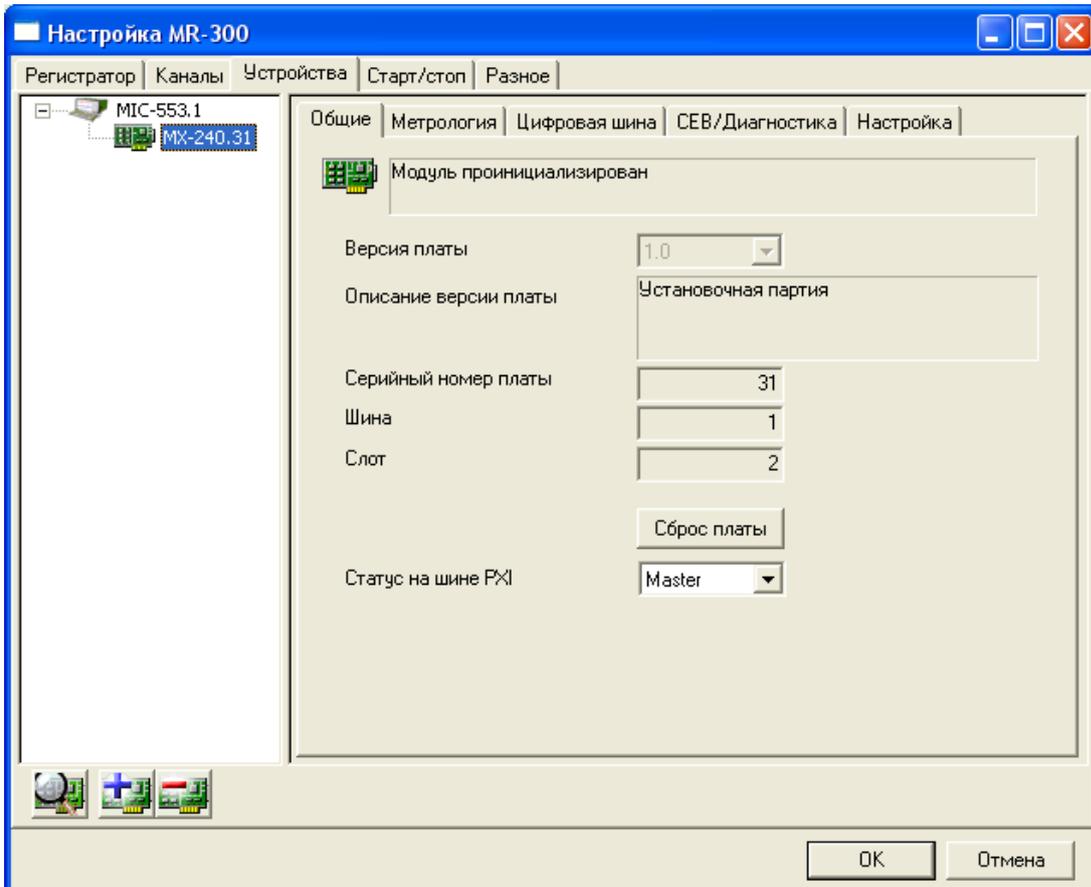


Рис. 57 - Настройка модуля. Вкладка "Общие настройки"

7.12 Метрология

Для просмотра информации о калибровке необходимо выбрать модуль из списка на вкладке "Устройства" окна "Настройка MR-300" и открыть вкладку "Метрология" (см. Рис. 58).

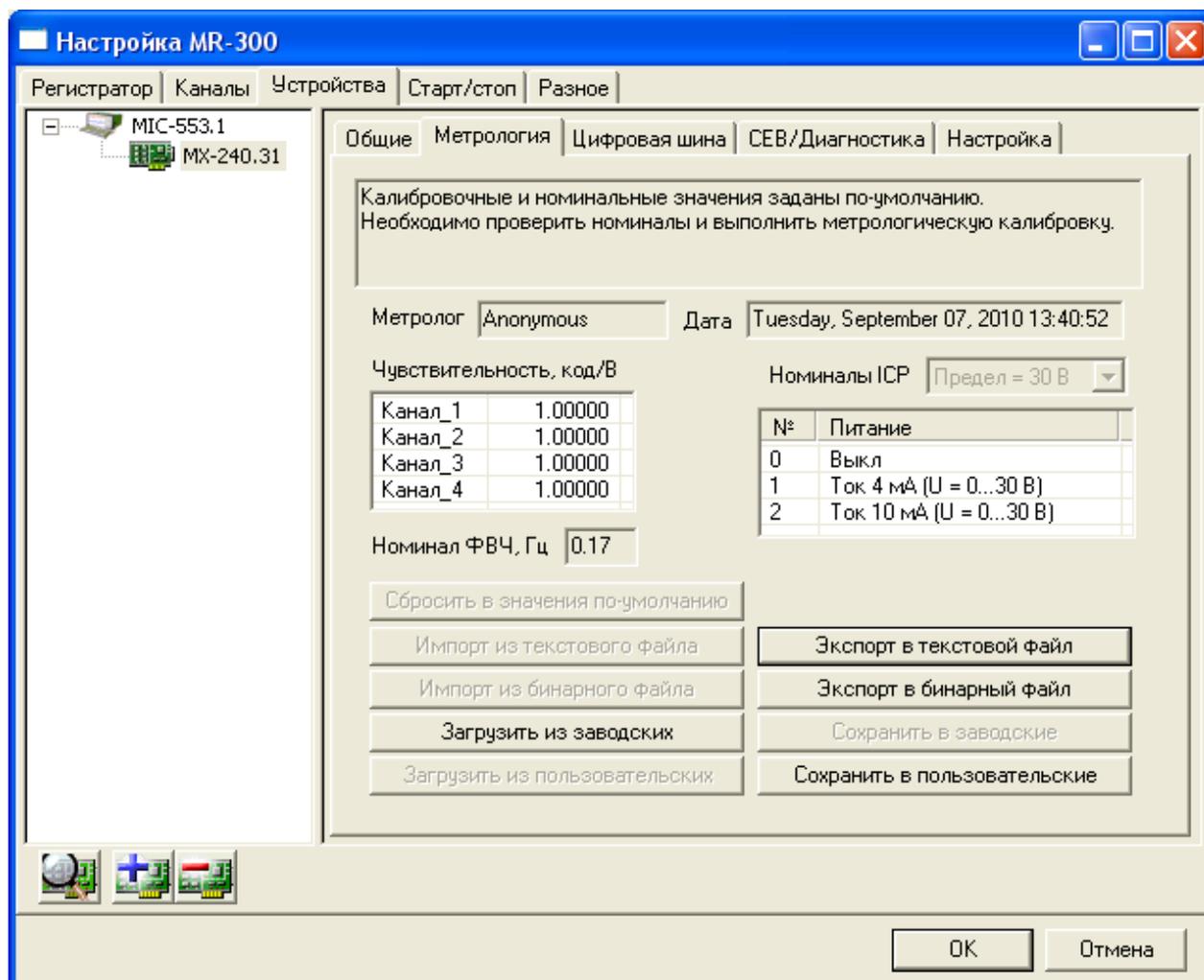


Рис. 58 - Настройка модуля. Вкладка "Метрология"

На вкладке "Метрология" отображаются диагностические сообщения, дата последней заводской калибровки модуля, текущие калибровки модуля, номиналы частот среза встроенных фильтров модуля, списки доступных режимов модуля, команды для работы с данными калибровок. Набор действий доступных для работы с калибровочными данными зависит от текущих прав доступа. Полный перечень калибровок и номиналов данного модуля можно увидеть в текстовом файле, предварительно создав его с помощью команды "Экспорт в текстовый файл"

Команда "Загрузить из заводских" служит для загрузки калибровок из ППЗУ модуля в файл текущих калибровок программы MR-300. Выполнение команды "Загрузить из заводских" требуется после перекалибровки модуля или получения сообщения о несовпадении данных файла текущих калибровок MR-300 и данных в ППЗУ модуля.

Команды "Экспорт в текстовый файл" и "Экспорт в бинарный файл" предназначены для сохранения текущих калибровок модуля в файл с целью сохранения и передачи производителю при возникновении проблем.

7.13 Индикация состояний канала

Светодиодные индикаторы зеленого цвета свечения, установленные на передней панели модуля (поз.2 на 34), служат для индикации состояния каналов в режиме работы с датчиками типа ICP. Возможные состояния индикаторов и соответствующие состояния каналов приведено в следующей таблице.

Таблица 18 - Индикация состояний канала

Состояние индикатора канала	Состояние канала
Зеленый	Нормальное функционирование датчика типа ICP
Выключен	Обрыв цепи питания датчика типа ICP

7.14 Неисправности и методы их устранения

При обнаружении неисправностей перечисленных в следующей таблице ремонт производится силами обслуживающего персонала.

Таблица 19 - Неисправности и методы их устранения

Описание неисправности	Возможная причина	Метод устранения
Индикатор состояния канала выключен (в режиме ICP)	Обрыв кабеля	Проверить кабель

При обнаружении неисправностей, не указанных в таблице, или механических повреждений разъемов или электронных компонентов, ремонт комплекса должны выполнять специалисты предприятия-изготовителя.

8 Описание и работа модуля МХ-310, АЦП с тензоусилителем

8.1 Назначение и область применения

Модули МХ-310 (БЛИЖ.404240.310.001) представляют собой многоканальные аналого-цифровые измерительные преобразователи со встроенными программно-отключаемыми усилителями и взвешенными источниками тока для питания тензорезисторов. Преобразование входных сигналов осуществляется посредством отдельных аналого-цифровых преобразователей одновременно (синхронно) по всем каналам модуля.

Модули предназначены для динамических тензоизмерений в полосе частот от 10 Гц до 100 кГц. Источниками входных сигналов могут служить тензорезисторы, внешние усилители-преобразователи (кондиционеры) сигналов, датчики генераторного типа или датчики со встроенным усилителем-преобразователем и питанием постоянным током по двухпроводной линии (датчики типа ICP).

Питание (возбуждение) внешнего тензорезистора постоянным балансным током при помощи двух согласованных источников обеспечивает высокую защищенность канала от влияния внешних электростатических помех, действующих на соединительную линию (по сравнению с несимметричным (заземленным) источником тока).

Управление модулями, измерение, экспресс-анализ и регистрация сигналов осуществляется средствами ПО MR-300.

Основная область применения модулей - исследования быстропеременных процессов, диагностика и контроль состояния элементов подвижных (вращающихся) механизмов и машин.

8.2 Основные технические характеристики модуля МХ-310

Таблица 20 - Основные технические характеристики

Количество каналов	4	
Режимы работы канала по входу (тип входа): - дифференциальный вход по напряжению; - недифференциальный вход по напряжению; - недифференциальный вход по напряжению с питанием датчика типа ICP; - дифференциальный вход встроенного тензометрического усилителя;		
Входные диапазоны с выключенным встроенным тензометрическим усилителем (количество разрядов)	± 10 В (АЦП 24 бит)*; ± 10 В (АЦП 16 бит); ± 6 В (АЦП 16 бит); ± 3 В (АЦП 16 бит); $\pm 1,5$ В (АЦП 16 бит); $\pm 0,75$ В (АЦП 16 бит); $\pm 0,375$ В (АЦП 16 бит); $\pm 0,188$ В (АЦП 16 бит);	
Входные диапазоны с включенным встроенным тензометрическим усилителем (в зависимости от коэффициента усиления K_u усилителя)	± 10 мВ (1000); ± 20 мВ (500); ± 50 мВ (200); ± 100 мВ (100)	
Частота дискретизации сигналов F_s	422 Гц 844 Гц 1688 Гц 3375 Гц 6750 Гц	13500 Гц 27 кГц 54 кГц 108 кГц 216 кГц
Частота среза ФВЧ по уровню -3 дБ на входе АЦП	1,7 Гц	
Величина тока питания датчика типа ICP (в диапазоне выходных напряжений от 0,5 до 29 В)*	8 \pm 0,4 мА 10 \pm 0,5 мА	
Напряжение встроенного источника опорного напряжения	4,096 \pm 0,004 В	
Подавление входного синфазного сигнала в полосе частот от 50 Гц до 1 кГц, не менее	64 дБ	
Номинальный ток питания тензорезисторов	20 мА	
Номинальная частота среза ФНЧ усилителя по уровню -3 дБ	2,2 кГц; 48 кГц	
Номинальная частота импульсной модуляции (меандр) тока питания тензорезистора при включении калибратора	420 Гц	
Номинальный размах модуляции тока питания тензорезистора при включении калибратора	3,5 мкА	
Номинальное сопротивление встроенного имитатора тензорезистора	200 Ом	

* размер отсчета дискретизации сигнала при регистрации на диск в 24-битном режиме равен 4 байтам

8.3 Нормируемые метрологические характеристики

Таблица 21 - Нормируемые метрологические характеристики

Пределы основной приведенной погрешности измерения напряжения постоянного тока (входной диапазон -10,0...+10,0 В)	±0,1%
Пределы основной приведенной погрешности измерения напряжения переменного тока частотой 1кГц (входной диапазон -10,0...+10,0 В)	±0,1%
Пределы допускаемых значений дополнительной погрешности измерений, вызванной изменением температуры, в диапазоне температур от +5 до +50°С	±0,2%
Неравномерность АЧХ каналов в диапазоне частот от 20 Гц до 40 кГц (дифференциальный тип входов), не более	±0,015 дБ
Неравномерность АЧХ каналов в диапазоне частот от 40 кГц до 100 кГц (дифференциальный тип входов), не более	±0,15 дБ
Пределы основной приведенной погрешности измерения напряжения переменного тока частотой 1кГц с включенным усилителем	±0,3%
Полоса частот пропускания каналов с включенным усилителем по уровню -3 дБ	10 Гц...100 кГц
Неравномерность АЧХ каналов с включенным усилителем в полосе частот 20 Гц...60 кГц	±0,5 дБ

8.4 Конструктивное исполнение модуля

Конструктивно модули MX-310 представляют собой печатную плату с закрепленной на ней передней панелью. На передней панели (см. Рис. 59) размещены четыре входных разъема типа LEMO EGG.1B.308 или типа LEMO FGG/EGG.1B.303, предназначенные для подключения источников сигналов, и светодиодные индикаторы.

Модули предназначены для работы в составе крейтов стандарта PXI, имеющих слоты для установки модулей типоразмера 3U.



Рис. 59 - Вид на переднюю панель модуля MX-310

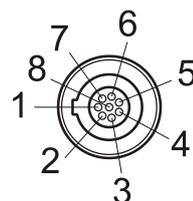


Рис. 60а - расположение контактов входного разъема LEMO EGG.1B.308

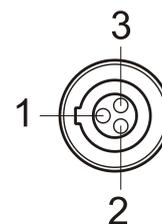


Рис. 61б - расположение контактов входного разъема LEMO FGG/EGG.1B.303

Расположение контактов входных разъемов LEMO EGG 1B 308 показано на Рис. 60. Назначение контактов входных разъемов модулей приведено в таблице 21.

Таблица 22а - Назначение контактов входных разъемов LEMO EGG.1B.308

Контакт	Цепь	Назначение
1	+EXC	Плюс сбалансированного источника тока
2,3,6		Не используется
4	+IN	Неинвертирующий вход, выход тока питания тензорезистора, выход тока питания и вход сигнала
5	-IN	Инвертирующий вход, выход тока питания тензорезистора, общий потенциал датчика типа ICP
7	-EXC	Минус сбалансированного источника тока
8	AGND	Потенциал аналоговой земли

Таблица 236 - Назначение контактов входных разъемов LEMO EGG.1B.303

Контакт	Цепь	Назначение
1	AGND	Потенциал аналоговой земли
2,		Неинвертирующий вход, выход тока питания тензорезистора, выход тока питания и вход сигнала
3	-IN	Инвертирующий вход, выход тока питания тензорезистора, общий потенциал датчика типа ICP

8.4.1 Функциональная схема модуля MX-310

Функциональная схема модуля MX-310 приведена на Рис. 62.

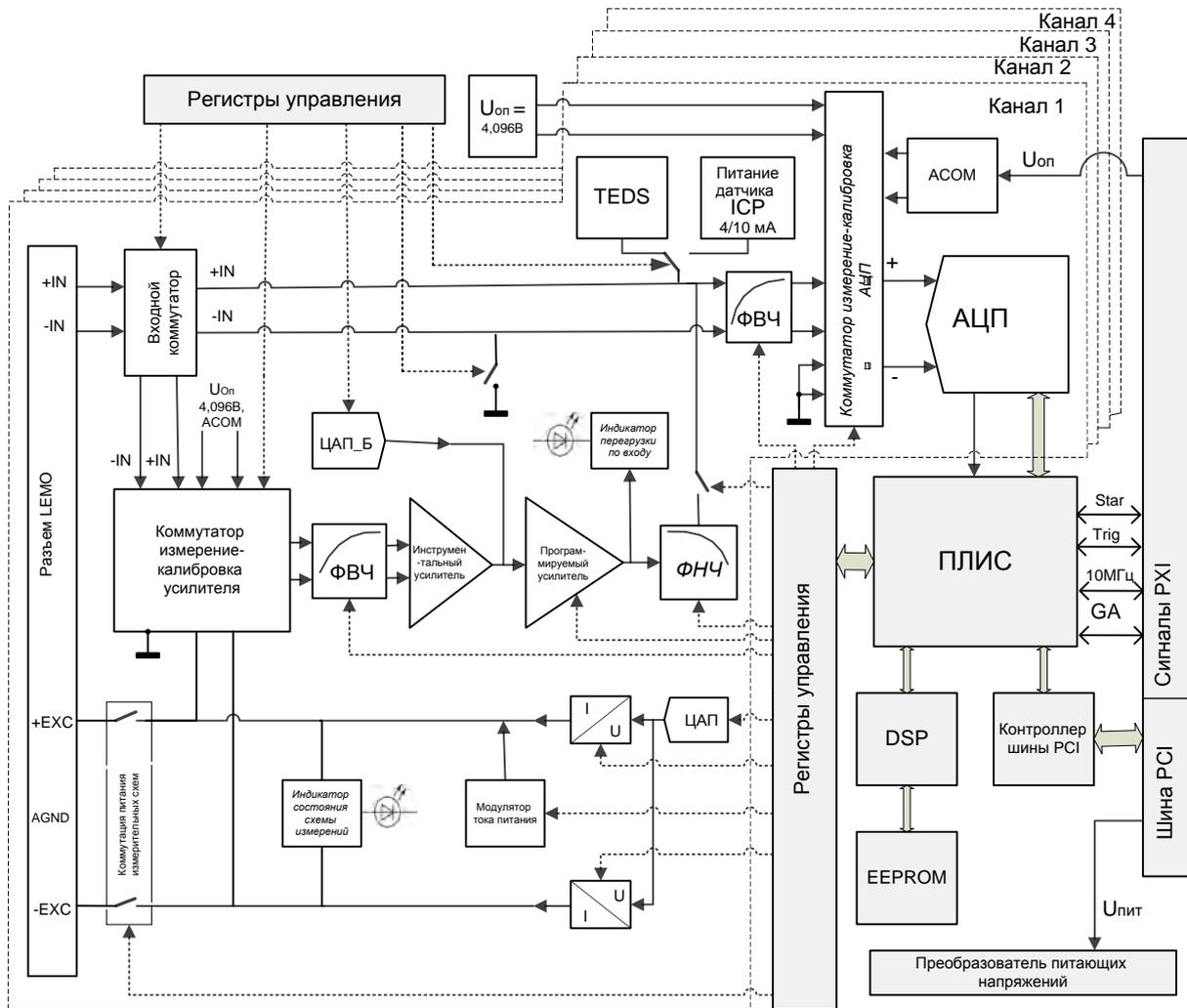


Рис. 62 - Функциональная схема модуля MX-310

Модуль содержит четыре идентичных канала и общую шину PCI/PXI, ПЛИС, DSP, контроллер шины PCI, энергонезависимую память EEPROM и преобразователь питающих напряжений +5В, +15В, -15В, +30В.

Модуль содержит контроллер TEDS, предназначенный для опроса ПЗУ датчиков, подключаемых к входам измерительных каналов, и считывает записанные в ПЗУ характеристики датчиков, используемые для настройки каналов.

После окончания настройки датчиков устройство TEDS отключается, и к неинвертируемому входу канала подключаются источники тока 4 или 10 мА для питания датчиков ICP.

С помощью входного коммутатора канал может быть подключен ко входу АЦП в режим измерения напряжений или переключен на вход тензометрического усилителя.

В режиме измерения напряжений входной дифференциальный или недифференциальный сигнал через программно-отключаемый ФВЧ и коммутатор «измерение-калибровка АЦП» поступает на АЦП, формирующее выходной сигнал канала. В этом же режиме входного коммутатора производятся измерения с использованием датчиков со встроенными усилителями-преобразователями (типа ICPTTM, IEPЕ, IsotronTM, DeltatronTM и аналогичных). Для питания датчиков типа ICP в режиме измерений к неинвертируемому входу подключается источник тока на 4 или 10 мА.

На вход коммутатора поступает также опорное напряжения 4,096 В, формируемое в модуле и опорное калибровочное напряжение от модуля МХ-020.

Выход коммутатора через усилители подключен к входу АЦП, управляемому ПЛИС.

При заземлении инвертирующего входа, канал становится однополярным и может быть использован для недифференциальных схем измерений.

При переключении входного коммутатора на тензометрический усилитель в канале могут быть сформированы различные схемы измерений, подробно описанные в разделе 4.5 и Приложении 2. Для реализации этих схем в каждый канал модуля включены:

- программно-управляемые ФВЧ и ФНЧ;
- инструментальный усилитель, подключение управляемого ЦАП_Б на выход которого, позволяет производить балансировку канала;
- программируемый усилитель, обеспечивающий измерение сигналов различных уровней; На выходе программируемого усилителя включена светодиодная схема индикации перегрузки канала при амплитудах сигнала более 11В, т.е. более допустимого входного напряжения АЦП;
- регулируемые ЦАП, взвешенные источники питания током измерительных схем;
- схема питания со светодиодным индикатором, который сигнализирует об обрыве или замыкании входной измерительной цепи.
- схемы калибровки тензометрического (инструментального и программируемого) усилителей.
- Тестирование измерительного канала может быть произведено путем имитации воздействия на датчик при модуляции тока источника питания измерительной схемы.

8.5 Подключение источников сигнала

8.5.1 Работа с одиночным тензорезистором

Для работы с тензорезисторами в качестве источников сигналов необходимо подключить тензорезисторы ко входам каналов модуля по схеме, показанной на Рис. 63, и включить встроенные тензо-усилители на входах АЦП. Порядок включения описан в разделе «Включение/выключение встроенного тензометрического усилителя».

При добавлении новых каналов (из списка доступных в список используемых) встроенные усилители включены по-умолчанию.

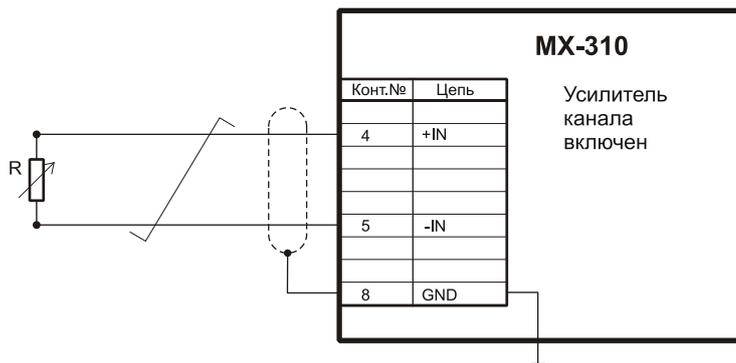


Рис. 63 - Схема подключения тензорезистора к входу канала модуля МХ-310

Далее необходимо настроить усилитель, используя вкладку "Встроенный усилитель". Из выпадающего списка "Входной диапазон" выбрать значение входного диапазона или коэффициент усиления из списка "k усиления" (при выборе значения одного параметра, значение второго будет установлено автоматически, т.к. они взаимосвязаны). Входной амплитудный диапазон усилителя следует выбирать не меньше чем ожидаемый выходной диапазон сигнала датчика.

На вкладке "Модуль АЦП" выбрать из списка "Источник сигнала" значение "Входной разъем", а из списка "Номинальный входной диапазон" - значение входного диапазона АЦП. Измененные настройки сохраняются при закрытии окна при помощи кнопки "ОК".

Перед проведением измерений или регистрацией сигналов следует убедиться, что выключен встроенный генератор тестового возбуждения датчика. И источник сигнала встроенного усилителя задан правильно.

8.5.2 Работа с внешними усилителями-преобразователями (дифференциальное подключение)

Для работы с внешними усилителями-преобразователями, с питанием постоянным током по двухпроводной линии, или другими усилителями, выходными сигналами которых является электрическое напряжение, необходимо отключить встроенные усилители соответствующих каналов модуля.

Как правило, внешние усилители-преобразователи имеют несимметричные (заземленные) выходы, которые могут быть подключены к входам модуля с использованием дифференциального подключения, как показано на Рис. 64. В меню настройки соответствующих каналов модуля необходимо выбрать дифференциальный тип входа. Для дифференциального подключения следует использовать кабель типа витая пара в экране.

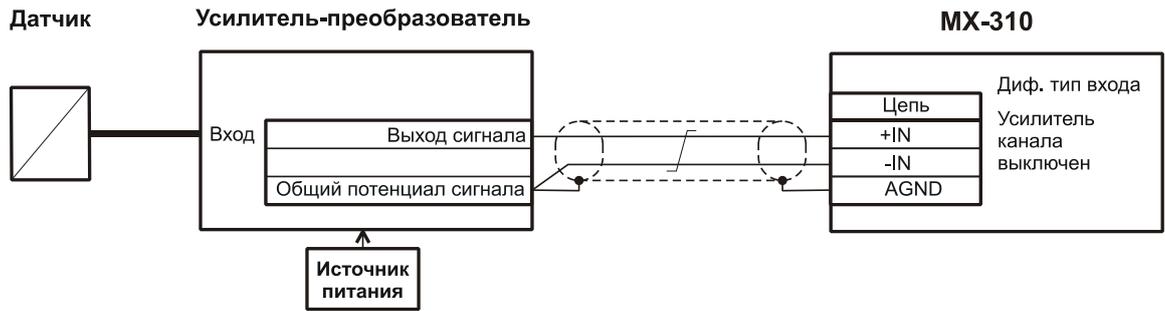


Рис. 64 - Схема дифференциального подключения внешнего усилителя-преобразователя к входу канала модуля МХ-310

8.5.3 Работа с внешними усилителями-преобразователями (недифференциальное подключение)

Для недифференциального подключения выходов внешних усилителей к входам каналов модуля может быть использован коаксиальный кабель, при этом в меню настройки соответствующих каналов модуля необходимо выбрать недифференциальный тип входа и установить электрическую перемычку между цепями "-IN" и "AGND" в кабельной части разъема, как показано на Рис. 65.

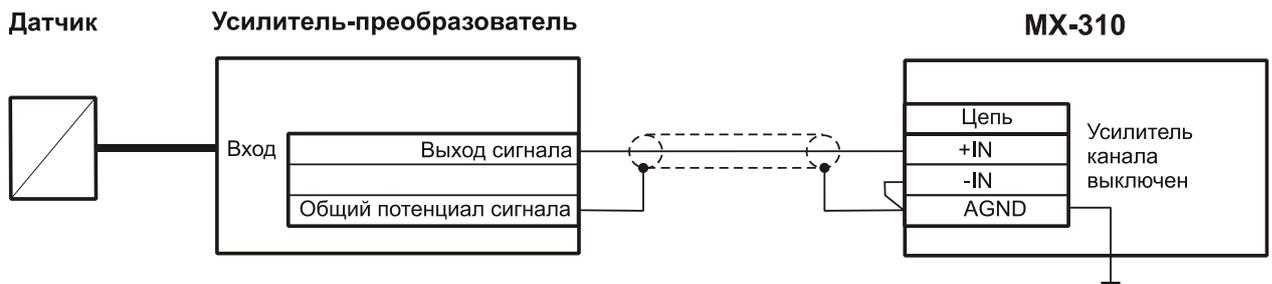


Рис. 65 - Схема недифференциального подключения внешнего усилителя-преобразователя к входу канала модуля МХ-310

8.5.4 Работа с внешними усилителями-преобразователями с питанием токoм ICP

Применение внешних усилителей-преобразователей позволяет минимизировать использование специального малошумящего кабеля для передачи сигнала от тензометрического датчика. Усилитель-преобразователь располагают на небольшом расстоянии от датчика в зоне, где температура допустима для работы усилителя. Для передачи низкоимпедансного выходного сигнала (электрического напряжения) от усилителя-преобразователя на вход модуля используют обычный коаксиальный кабель.

Внешние усилители-преобразователи с питанием постоянным токoм по двухпроводной линии следует подключать к модулю согласно схеме, приведенной на Рис. 66.

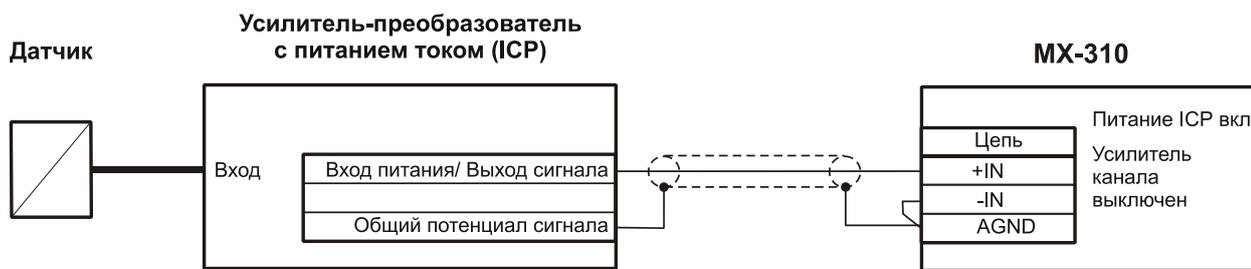


Рис. 66 - Схема подключения внешнего усилителя преобразователя с питанием током ICP к входу канала модуля MX-340

Для работы с внешними тензометрическими усилителями-преобразователями необходимо в меню настройки соответствующих каналов модуля выключить встроенный усилитель, выбрать недифференциальный тип входа, выключить ток питания ICP датчика для внешних усилителей, которые питаются от внешнего источника питания, и включить (выбрать) ток питания ICP для внешних усилителей с питанием по двухпроводному выходу.

8.5.5 Работа с датчиками типа ICP

Датчики со встроенными усилителями-преобразователями (датчики типа ICP®, Isotron®, DeltaTron® и аналогичные) или внешние усилители-преобразователи с питанием постоянным током по двухпроводной линии следует подключать к входам модуля, как показано на рисунках 66 и 67 соответственно. Для подключения может быть использован коаксиальный кабель. В меню настройки соответствующих каналов модуля необходимо выключить усилители, выбрать величину тока питания ICP, при этом будут автоматически включены входные ФВЧ и выбран недифференциальный тип входа каналов. При использовании соединительных кабелей большой длины (более 100 м) или кабелей с высокой электрической ёмкостью следует выбирать величину тока питания ICP 10 мА.

Для работы с датчиками типа ICP необходимо в меню настройки соответствующих каналов модуля выключить встроенный тензометрический усилитель и выбрать (включить) ток питания датчика.

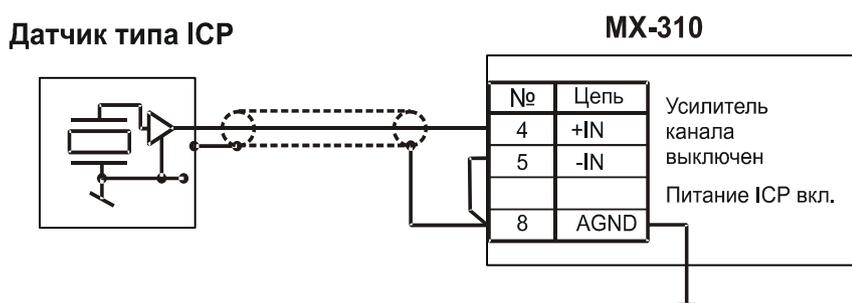


Рис. 67 - Схема подключения датчика типа ICP к входу канала модуля MX-340

Для работы с датчиками, оснащенными встроенными усилителями-преобразователями (типа ICP), на выходе которых генерируется сигнал электрического напряжения, требуется выключить встроенные тензометрические усилители на входах соответствующих АЦП каналов модуля (см. раздел «Включение/выключение встроенного тензометрического усилителя») и включить ток для питания датчиков, в случае если не будет использоваться внешние источники питания.

На вкладке "Модуль АЦП" необходимо выбрать из списка "Источник сигнала" значение "Внешний разъем".

Выбрать величину тока питания датчика из списка "Ток питания ИСР", если требуется обеспечить электропитание датчика средствами модуля. Большее значение величины тока питания датчика следует выбирать, если используются более длинные соединительные провода или провода с большей электрической емкостью.

Выбрать из списка "Номинальный" "Входной диапазон" значение входного диапазона АЦП. Входной амплитудный диапазон следует выбирать не меньше чем ожидаемый выходной диапазон сигнала датчика.

Включить аналоговый ФВЧ, выбрав частоту среза из списка "Аналоговый ФВЧ", для подавления постоянной составляющей сигнала на выходе датчика ИСР. Сделанные изменения (настройки) сохраняются при закрытии окна при помощи кнопки "ОК".

При подключении источников сигналов к модулям следует избегать образования замкнутых контуров земли, которые могут являться источниками помех.

8.6 Настройка измерительного канала усилителя

Изменение свойств измерительного канала модуля MX-310 происходит через его диалог настройки, который можно вызвать из диалога общей настройки MR-300, либо непосредственно из списка каналов главного окна MR-300

Диалог настройки позволяет одновременно настраивать свойства произвольного числа каналов модулей MX-310 (требуемые каналы должны быть предварительно выделены).

Если измерительные каналы предварительно не были добавлены в список активных каналов, то их необходимо добавить, как описано в разделе «Добавление и настройка измерительных каналов». После добавления, встроенный усилитель канала по-умолчанию включен и диалог настройки будет содержать вкладку "Встроенный усилитель" (см. Рис. 68).

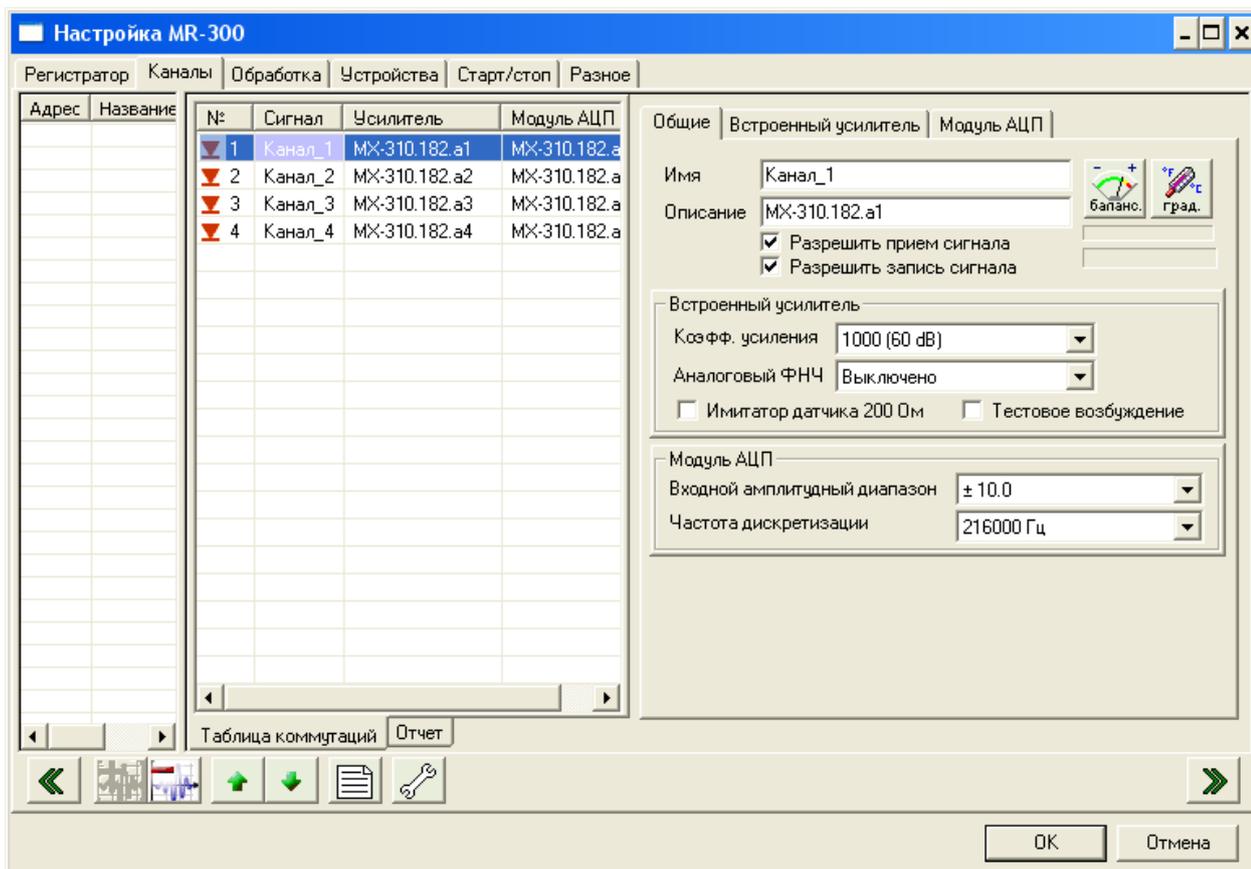


Рис. 68 - Добавление измерительного канала модуля MX-310

8.6.1 Включение/выключение встроенного тензометрического усилителя

Встроенные тензометрические усилители включаются/выключаются индивидуально для каждого канала.

Для того, чтобы включить встроенный усилитель измерительного канала, необходимо выделить нужную ячейку в таблице коммутации (см. Рис. 69) и нажать кнопку



на панели управления. Из выпадающего списка необходимо выбрать канал встроенного усилителя. Отключение встроенного усилителя происходит аналогичным образом.

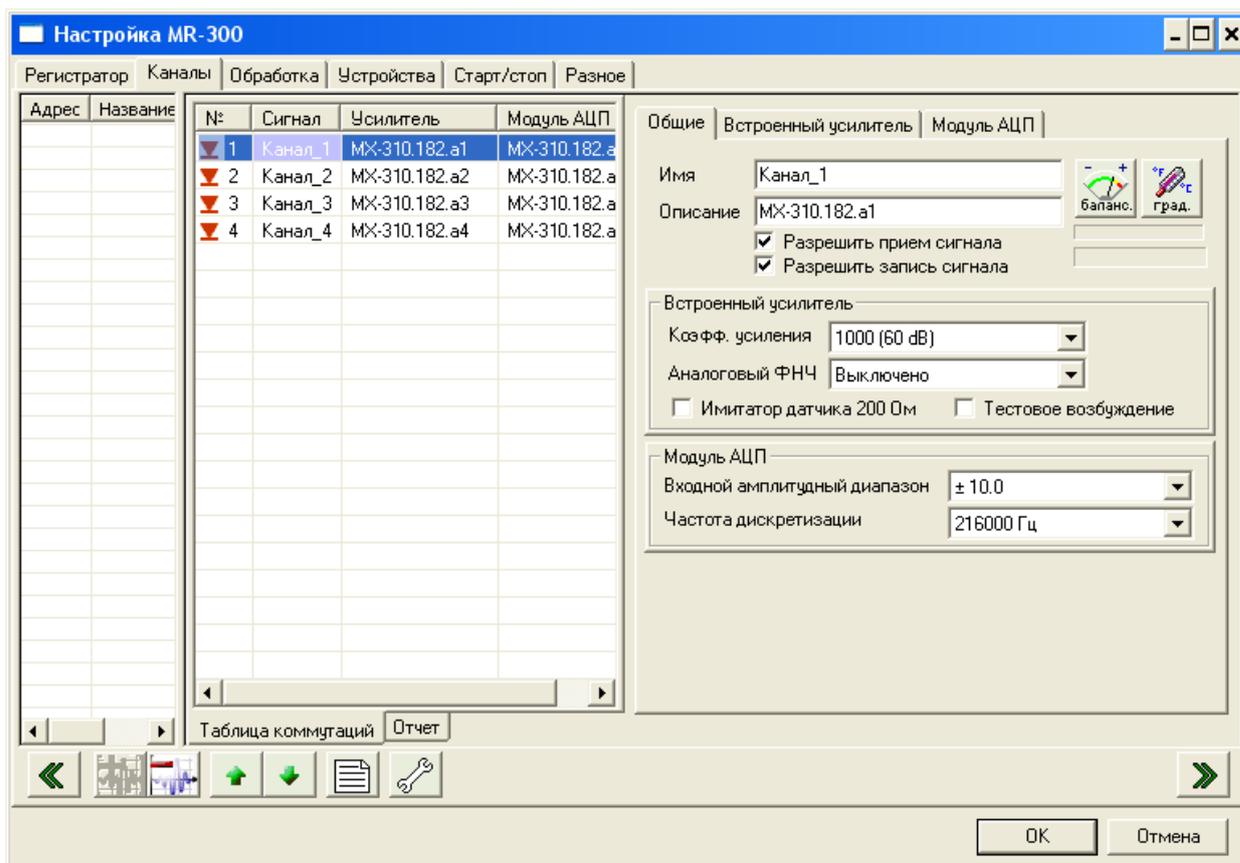


Рис. 69-Включение/выключение встроенного усилителя модуля МХ-310

При отключении встроенного усилителя будет удалена вкладка "Встроенный усилитель" и управление модулем будет осуществляться через вкладку "Модуль АЦП". Этот режим может использоваться для работы с любым внешним усилителем, имеющим выход по напряжению, (например ME-230). Также этот режим может использоваться для работы с датчиками типа ICP. Таким образом, изначально, тензометрический канал можно перенастроить на измерения вибраций, пульсаций давления и других типов физических величин.

8.6.2 Вкладка "Общие настройки"

Вкладка "Общие" (см. Рис. 70) содержит основные и наиболее применимые свойства всего измерительного канала. Остальные вкладки опциональные, и служат для более подробной настройки конкретного преобразователя (датчик/усилитель/АЦП). При отключении встроенного усилителя или датчика их вкладки не отображаются.

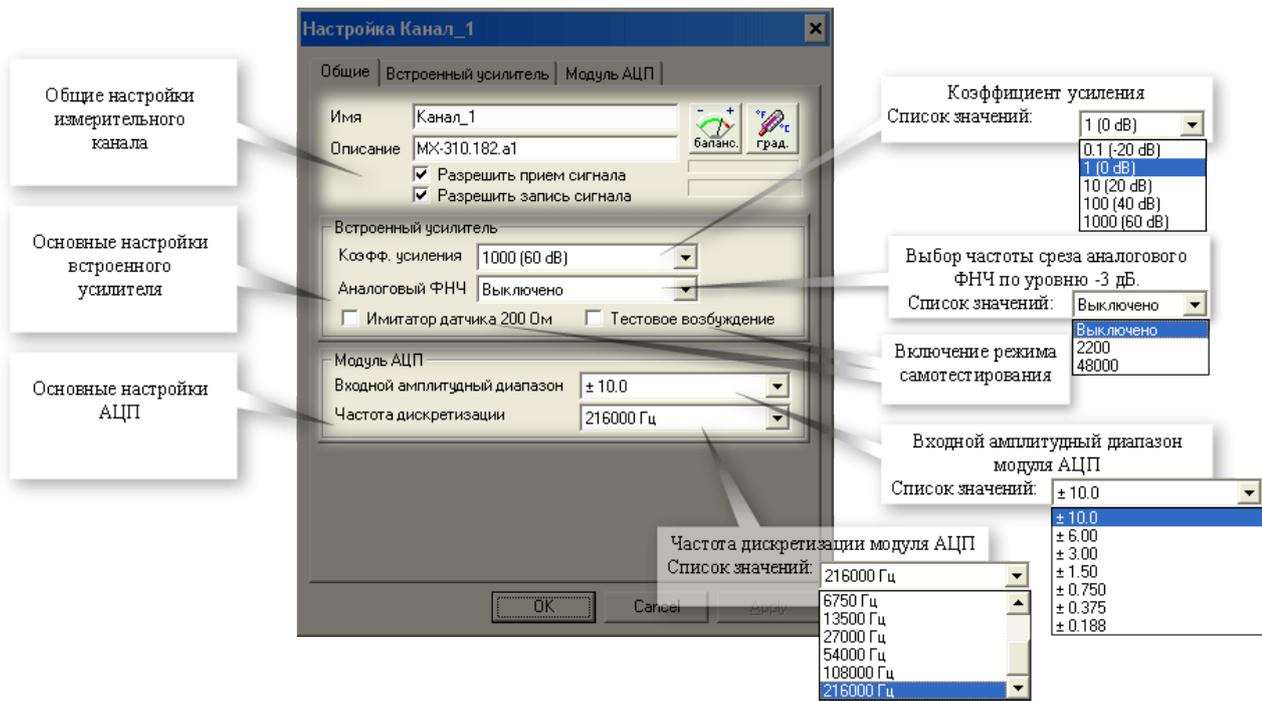


Рис. 70 - Настройка канала. Вкладка "Общие настройки"

8.6.3 Вкладка "Встроенный усилитель"

Вкладка "Встроенный усилитель", приведенная на Рис. 71, предназначена для детальной настройки тензометрического усилителя измерительного канала.

Выбор источника входного сигнала встроенного усилителя. Задается одновременно для всех измерительных каналов модуля.
 Список значений: Внешний разъем (датчик), Внешний разъем (датчик), Встроенный имитатор датчика 200 Ом, Калибровочный модуль FXI

Номинальный и паспортный входные амплитудные диапазоны измерений в выбранных единицах.

Номинальный и паспортный выходные амплитудные диапазоны измерений в выбранных единицах.

Единицы измерений входного амплитудного диапазона.
 Список значений: мВ

Единицы измерений выходного амплитудного диапазона.
 Список значений: В, кВ, мВ, мкВ, МОм

Номинальный и паспортный коэффициенты усиления встроенного усилителя по напряжению.
 Список значений: 1000 (60 dB), 100 (40 dB), 200 (46 dB), 500 (54 dB), 1000 (60 dB)

Полный коэффициент преобразования усилителя с учетом выбранных единиц измерений

Коммутация выхода источника тока питания датчика. Задается одновременно для всех измерительных каналов модуля.
 Список значений: Внешний разъем (датчик), Внешний разъем (датчик), Встроенный имитатор датчика 200 Ом

Частота среза аналогового ФНЧ по уровню -3 дБ.
 Список значений: Выключено, 2200, 48000

Вид задатчика переменного тока для тестового возбуждения датчика. Задается одновременно для всех измерительных каналов модуля.
 Список значений: Выключено, Выключено, Меандр (F=422 Гц, СКЗ=8.2 мкА), Калибровочный модуль FXI

Настройка Канал_1

Общие | Встроенный усилитель | Модуль АЦП

Описание: Канал №1 встроенного тензо усилителя МХ-310

Источник сигнала: Внешний разъем (датчик)

Амплитудные характеристики

	Номинальные	Паспортные	Единицы
Входной диапазон	± 10.0	± 10.0	мВ
Выходной диап.	± 10.0	± 10.0	В
k усиления	1000 (60 dB)	999.4130	
k преобразования	1.0000	0.99941	В/мВ

Источник питания датчика

Нагрузка: Внешний разъем (датчик)

Величина (пост. ток): 20 mA, 19.5 mA

Тест. возбуждение: Выключено

Аналоговый ФНЧ: Выключено, Гц, Справка

Рис. 71 - Настройка канала. Вкладка "Встроенный усилитель"

8.6.4 Вкладка "Модуль АЦП"

Во вкладке "Модуль АЦП" окна «Настройка Канал 1», приведенной на Рис. 72, отражены поля, предназначенные для детальной настройки измерительного канала.

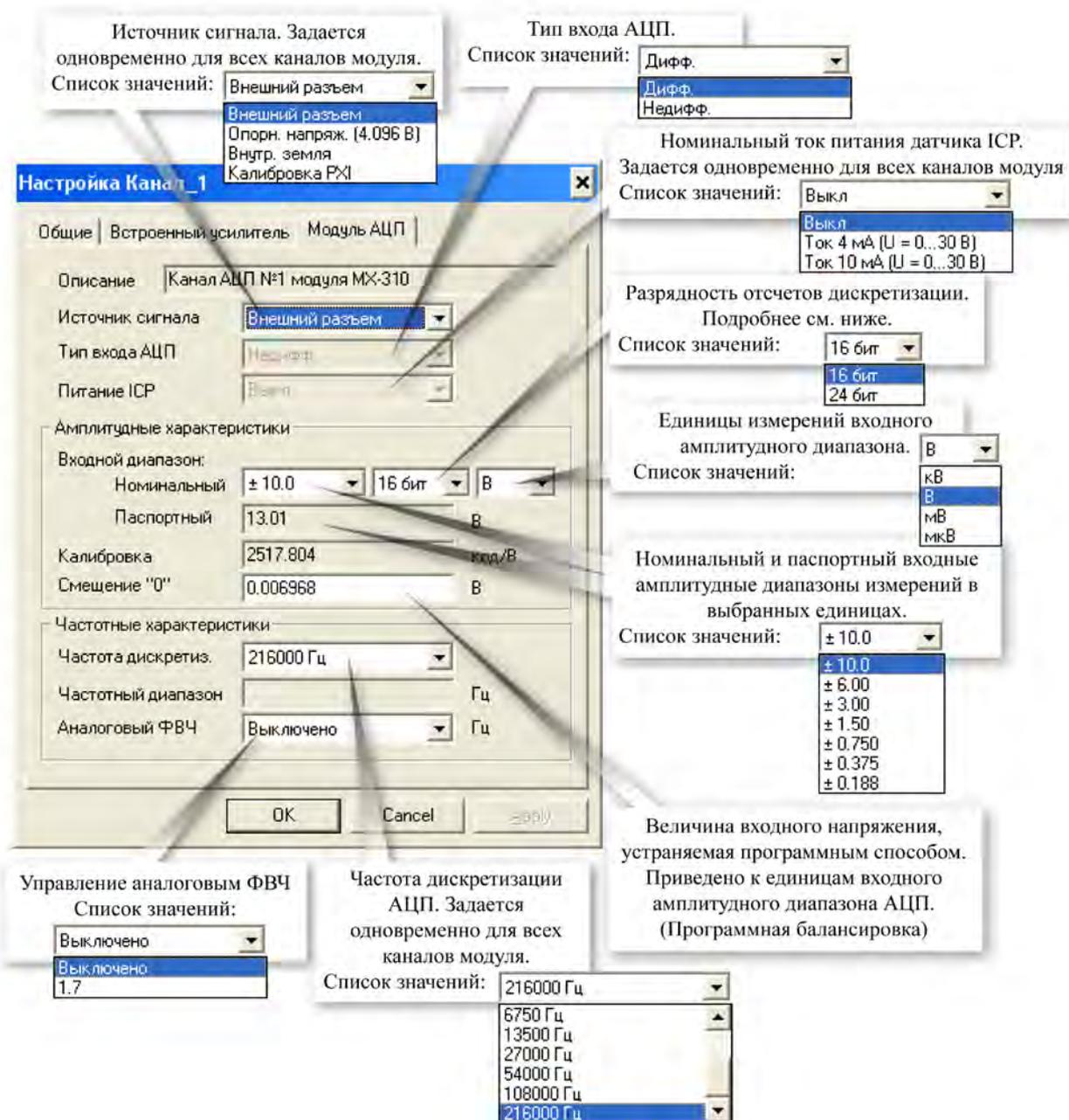


Рис. 72 - Настройка канала. Вкладка "Модуль АЦП"

Если включен встроенный усилитель, то значение параметра "Тип входа АЦП" устанавливается в режим "Недифф.", а значение "Питание ICP" в состояние "Выкл".

Если разрядность отсчетов дискретизации установлена в 24 бит, то в файл, фактически, записываются отсчеты в 32-битном знаковом формате (4 байта). В этом случае доступен только один входной амплитудный диапазон ± 10 В. С учетом собственного шума канала модуля АЦП (СКЗ шума не более 30 мкВ), количество эффективных разрядов АЦП не превышает 20 бит. При работе с реальными датчиками, случайный шум всего измерительного канала (включая датчик) снижает число необходимых битов квантования до 17-18. Таким образом, при

регистрации сигнала в 24-битном режиме, почти половина из 32-битного слова - избыточная. Как следствие - замеры занимают вдвое больше места и дольше обрабатываются в программах пост-обработки.

Для оптимизации расходования дискового места и повышения быстродействия, более предпочтительным является 16-битный режим с набором амплитудных диапазонов. Т.к. аппаратно амплитудный диапазон всего один (± 10 В), амплитудные диапазоны образуются программно, путем деления исходного 24-битного диапазона на 2, 4, ...

8.6.5 Конфигурирование датчиков

Для включения в измерительный канал датчика сначала необходимо добавить устройство - датчик соответствующего типа. Для этого необходимо на вкладке "Устройства" окна "Настройка MR-300" нажать кнопку "Добавить устройство" в нижней части окна. Затем в открывшемся окне "Добавить устройство" установить метку перед строкой "Датчик" и нажать кнопку "ОК" (см. Рис. 73).

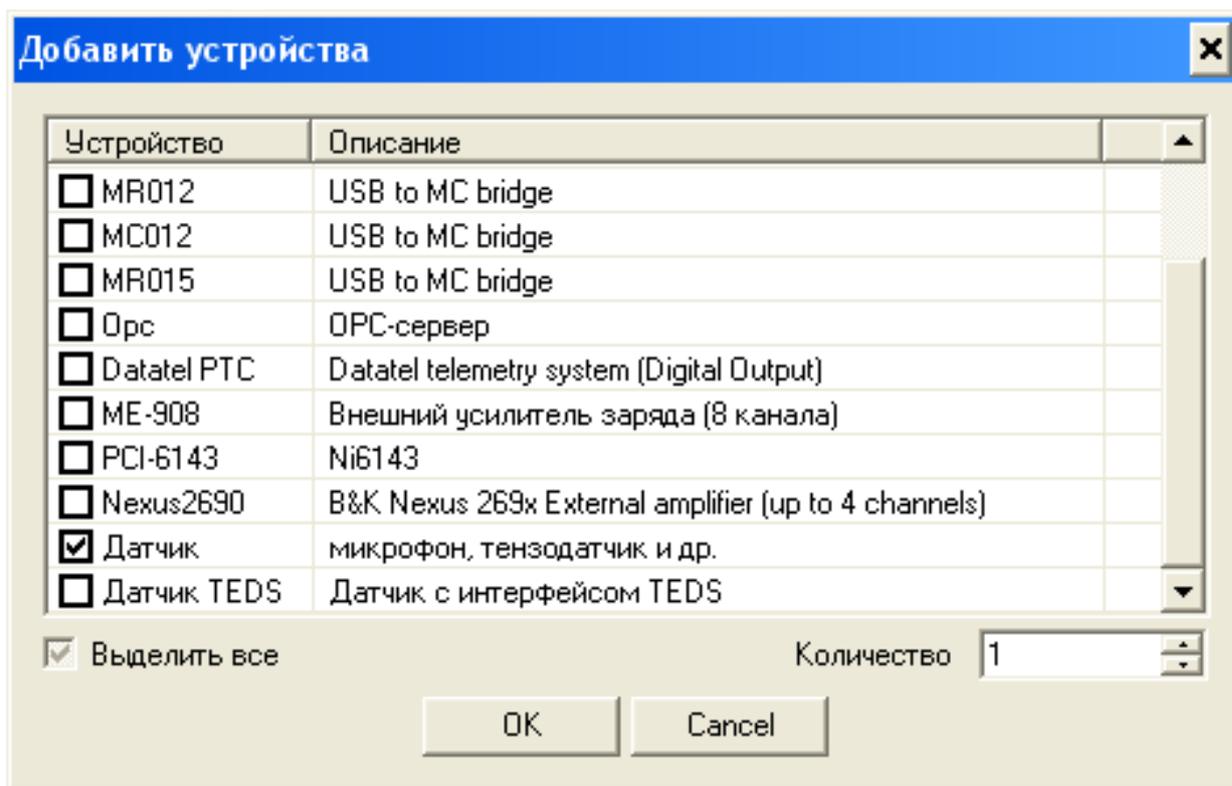


Рис. 73 - Добавление датчика

Датчик будет добавлен в список устройств на вкладке "Устройства" (см. Рис. 74).

Далее необходимо выделить добавленный датчик и выбрать из поля "Тип датчика" в правой части окна значение "датчик давления / микрофон".

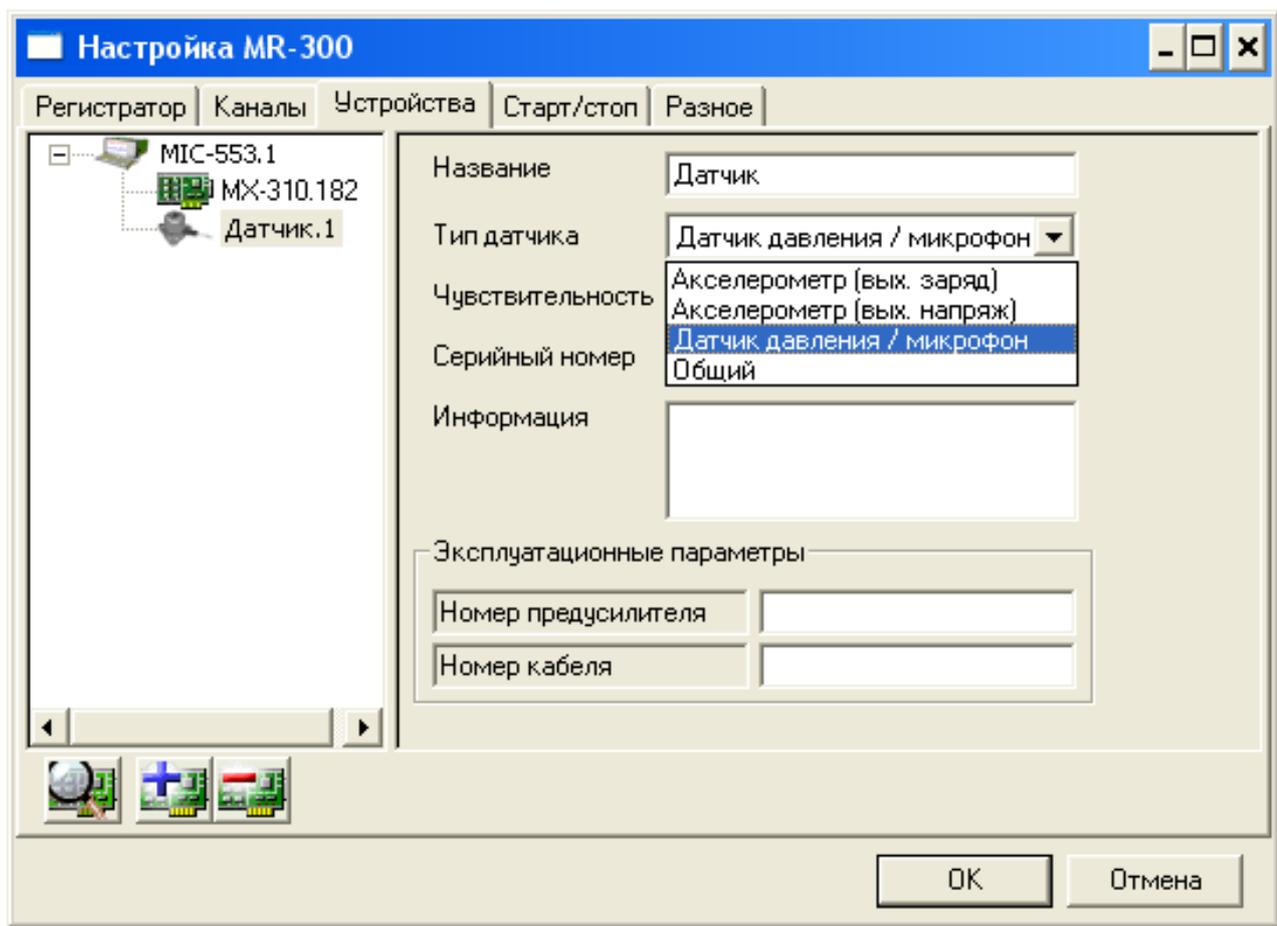


Рис. 74 - Выбор типа датчика



Если у какого-либо существующего датчика изменить тип, то новым добавляемым датчикам будет присваиваться этот тип по-умолчанию.

При необходимости отредактировать поля "Название", "Серийный номер" и другие поля для идентификации и хранения информации о датчике и его подключении. Повторить действия для добавления требуемого количества датчиков для всех измерительных каналов.

Для того чтобы включить датчик в измерительный канал необходимо на вкладке "Каналы" окна "Настройка MR-300" в таблице коммутаций выполнить двойной щелчок мышью в ячейке столбца "Датчик" измерительного канала и выбрать из выпадающего списка соответствующий датчик. При этом справа от таблицы коммутаций появится вкладка "Датчик", в которой необходимо ввести паспортные параметры датчика (см. Рис. 75).

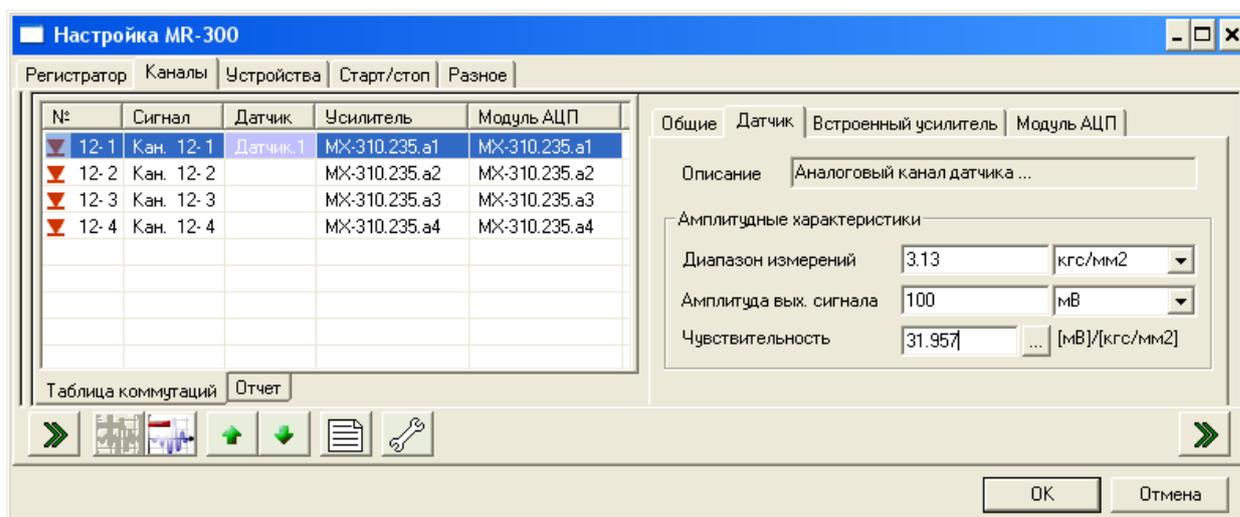


Рис. 75 - Ввод параметров тензометрического датчика

8.6.6 Проверка настройки каналов

Для просмотра и проверки амплитудных и частотных характеристик измерительных каналов, получаемых в результате текущих настроек, необходимо на вкладке "Каналы" окна "Настройка MR-300" выбрать вкладку "Отчет" в нижней части таблицы. В отчете будут указаны частотные характеристики, входные и выходные диапазоны составляющих частей измерительных каналов (см. Рис. 76). При этом будут автоматически выделены измерительные каналы, имеющие ошибочные или несоответствующие параметры, например, несоответствие входных и выходных диапазонов. Измерительные каналы с включенными диагностическими средствами, например, с включенными источниками опорного напряжения или встроенными калибраторами будут выделены цветом.

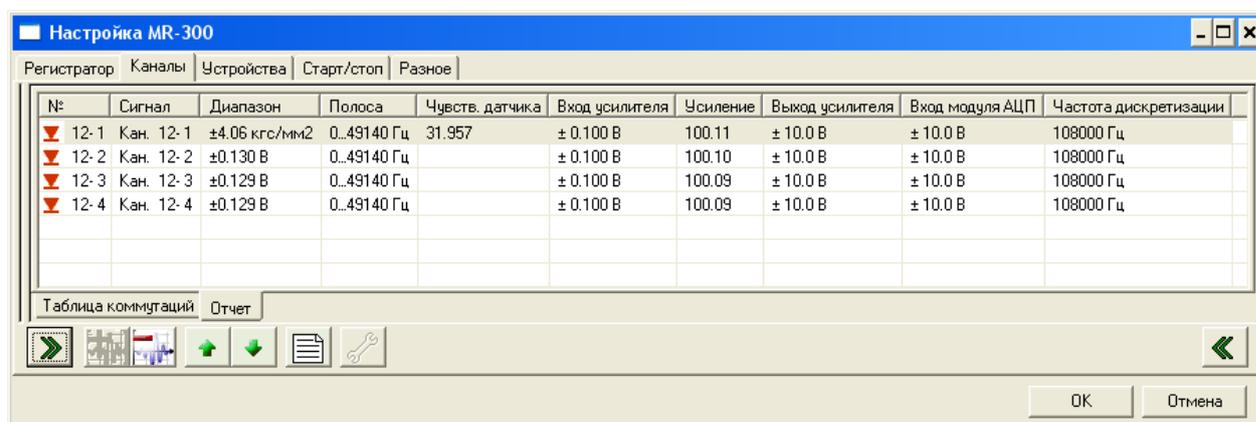


Рис. 76-Отчет о настройке измерительных каналов на вкладке "Каналы" окна "Настройка MR-300"

8.6.7 Балансировка каналов

Каналы встроенного тензометрического усилителя имеют неотключаемый аналоговый ФВЧ, устраняющий постоянную составляющую входного сигнала.

Для программной компенсации остаточного смещения нуля усилителя, необходимо отбалансировать каналы на каждом коэффициенте усиления усилителя. Для автоматической балансировки выделенного канала необходимо подать на его вход нулевой сигнал и нажать кнопку "Баланс.", расположенную на вкладке "Общие", в результате выполнения значение, требуемое для компенсации смещения нуля, будет рассчитано и установлено в поле "Смещение 0" на вкладке "Модуль АЦП".

Балансировку каналов рекомендуется производить при каждом включении комплекса после его 30-минутного прогрева.

8.6.8 Проверка работоспособности

Проверка работоспособности каналов может быть произведена с использованием встроенных средств модуля.

Для проверки работоспособности АЦП каналов необходимо активировать вкладку "Каналы" окна "Настройка MR-300" и в таблице коммутаций выбрать один или несколько каналов, работоспособность которых требуется проверить. Затем справа от таблицы коммутаций открыть вкладку "Модуль АЦП", выбрать из списка "Источник сигнала" значение "Опорн. напряж. (4.096 В)", выбрать из списка "Входной диапазон" значение не менее ± 6.0 В и выключить ФВЧ, выбрав соответствующее значение из списка "Аналоговый ФВЧ". Нажать кнопку "ОК" для сохранения сделанных изменений и закрытия текущего окна. Запустить режим просмотра в главном окне программы при помощи нажатия соответствующей кнопки на панели управления.

Оценка математического ожидания для всех проверяемых АЦП каналов должна быть равна $4,096 \text{ В} \pm 0,1\%$, при условии, что каналы были предварительно сбалансированы. После завершения проверки работоспособности АЦП каналов, следует восстановить их настройки.

Для проверки работоспособности встроенных усилителей каналов необходимо открыть вкладку "Каналы" окна "Настройка MR-300" и в таблице коммутаций выделить один или несколько каналов, работоспособность которых требуется проверить. На вкладке "Встроенный усилитель" выбрать из выпадающего списка "Входной диапазон" значение " ± 100.0 мВ". В списке "Источник сигнала" выбрать "Встроенный имитатор датчика 200 Ом". В опциях источника питания датчика, в списке "Нагрузка" выбрать "Встроенный имитатор датчика 200 Ом". В списке "Тест. возбуждение" выбрать "Меандр (F=? Гц, СКЗ=? мкА)"

Закрыть окно, нажав кнопку "ОК". Запустить режим просмотра в главном окне программы при помощи нажатия соответствующей кнопки на панели управления. Сигнал на осциллограммах проверяемых каналов должен иметь амплитуду и частоту близкие к паспортным величинам, указанным в поле "Тест. возбуждение" секции "Источник питания датчика".

8.7 Метрология

Для просмотра информации о калибровке необходимо выбрать модуль из списка на вкладке "Устройства" окна "Настройка MR-300" и открыть вкладку "Метрология" (см. Рис. 77).

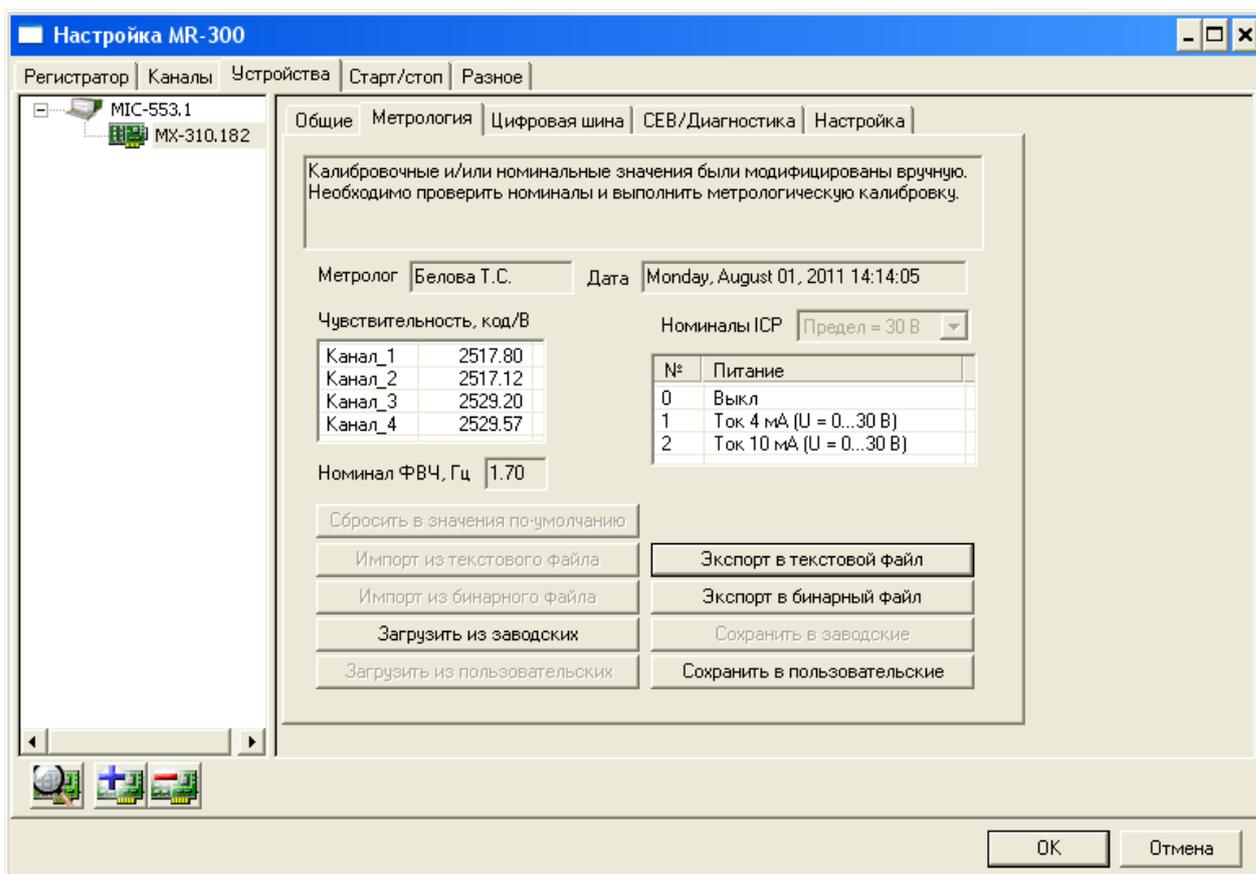


Рис. 77 - Настройка модуля. Вкладка "Метрология"

На вкладке "Метрология" отображаются диагностические сообщения, дата последней заводской калибровки модуля, текущие калибровки модуля, номиналы частот среза встроенных фильтров модуля, списки доступных режимов модуля, команды для работы с данными калибровок. Набор действий доступных для работы с калибровочными данными зависит от текущих прав доступа. Полный перечень калибровок и номиналов данного модуля можно увидеть в текстовом файле, предварительно создав его с помощью команды "Экспорт в текстовый файл".

Команда "Загрузить из заводских" служит для загрузки калибровок из ППЗУ модуля в файл текущих калибровок программы MR-300. Выполнение команды "Загрузить из заводских" требуется после перекалибровки модуля или получения сообщения о несовпадении данных файла текущих калибровок MR-300 и данных в ППЗУ модуля.

Команды "Экспорт в текстовый файл" и "Экспорт в бинарный файл" предназначены для сохранения текущих калибровок модуля в файл с целью сохранения и передачи производителю при возникновении проблем.

8.8 Индикация состояний канала

Светодиодные индикаторы, установленные на передней панели (поз.2 на Рис. 52), служат для индикации текущего состояния каналов модуля. Непосредственно после включения электропитания индикаторы включаются и светятся красным цветом. После загрузки ПО MR-300 и инициализации модуля индикаторы каналов принимают состояние в соответствии с таблицей 20.

Таблица 24- Индикация состояний канала

Состояние индикатора канала	Состояние канала
Выключен	Обрыв или короткое замыкание в цепи питания датчика
Зеленый	Нормальное функционирование (подключение) датчика
Красный	Перегрузка канала

8.9 Неисправности и методы их устранения

При обнаружении неисправностей, перечисленных в следующей таблице, ремонт производится силами обслуживающего персонала.

Таблица 25 - Неисправности и методы их устранения

Описание неисправности	Возможная причина	Метод устранения
Индикатор состояния канала выключен	Обрыв кабеля	Проверить кабель
Канал не регистрирует данные в режиме ПРОСМОТР	Неправильно настроен источник тактовой частоты	Настроить на вкладке "Цифровые шины"
Канал не регистрирует данные в режиме ПРОСМОТР	Неправильно настроена линия SYNC	Настроить PXI-бриджи
Канал регистрирует "нулевой" сигнал	Не правильно выбран источник сигнала встроенного усилителя	Выбрать опцию "Внешний разъем (датчик)"
Канал регистрирует импульсный сигнал	Не отключен режим тестового возбуждения датчика	В опции "Тест. возбуждении" выбрать "Выключено"

При обнаружении неисправностей, не указанных в таблице, или механических повреждений разъемов комплекса или электронных компонентов, ремонт комплекса должны выполнять специалисты предприятия-изготовителя. Описание и работа модуля МХ-340, АЦП с тензоусилителем

8.10 Назначение и область применения

Модуль МХ-340 (БЛИЖ.404240.340.001) представляет собой многоканальный аналого-цифровой измерительный преобразователь со встроенными программно-отключаемыми усилителями и взвешенными источниками тока для питания внешних тензорезисторов. Преобразование входных сигналов осуществляется посредством отдельных аналого-цифровых преобразователей, работающих синхронно по всем каналам модуля.

Модули МХ-340 предназначены для проведения измерений статических и динамических (быстропеременных) параметров с применением следующих источников сигналов:

- тензодатчиков, выполненных по схеме измерительного моста, полумоста, четвертьмоста;
- одиночных тензорезисторов;
- датчиков генераторного типа;
- внешних усилителей-преобразователей с выходным сигналом в виде электрического напряжения.

Питание (возбуждение) тензодатчика каждого канала осуществляется посредством согласованной пары источников постоянного тока. Применение балансной схемы питания на входе инструментального усилителя более эффективно (в сравнении с несимметричным источником тока) для подавления внешних электростатических помех, действующих на проводники соединительного кабеля. Режимы питания (возбуждения) тензодатчиков (регулируемой величиной тока или напряжения) устанавливаются программно, независимо для каждого канала.

Модули МХ-340 предназначены для установки в крейт стандарта compact PCI/PCI с местами для установки модулей типоразмера 3U.

Управление модулями, измерение, экспресс-анализ и регистрация сигналов осуществляется средствами программы МЕРА MR-300.

Основная область применения модулей - исследования различных быстропеременных процессов, диагностика и контроль состояния элементов подвижных (вращающихся) механизмов и машин.

8.11 Основные технические характеристики модуля MX-340.v6

Таблица 26 - Основные технические характеристики

Количество каналов	4
Тип входа и способ подключения датчиков	
<ul style="list-style-type: none"> - тензометрический - тензометрический - тензометрический - тензометрический - по напряжению 	<p>одиночный тензорезистор, 2-проводное подключение; мост, 4- и 6-проводное подключение; ½-мост, 3- и 5-проводное подключение; ¼-мост, 2- и 3-проводное подключение; дифференциальное подключение;</p>
Амплитудный диапазон	
<ul style="list-style-type: none"> - тензометрический с питанием от ист. напряжения - тензометрический с питанием от ист. тока - по напряжению 	<p>±0.06, ±0.12, ±0.3, ±0.6, ±1.2, ±3.0, ±6.0 мВ/В ±0.06, ±0.12, ±0.3, ±0.6, ±1.2, ±3.0, ±6.0 мВ/мА ±1, ±2, ±5, ±10, ±20, ±50, ±100 мВ</p>
Частота дискретизации сигналов (Fs)	0.4, 0.8, 1.7, 3.4, 6.8, 13.5, 27, 54, 108, 216 кГц
Тип АЦП (на каждом канале)	сигма-дельта 24 бит
Аналоговый антиалиасный фильтр (3-го порядка Баттерворта)	10 кГц (-3 дБ); 40 кГц (-3 дБ); 2 МГц (-3 дБ)
Цифровой антиалиасный КИХ-фильтр (встроенный в АЦП)	
<ul style="list-style-type: none"> - полоса пропускания (неравномерность) - полоса подавления (уровень подавления) 	<p>0...0.46·Fs (±0.1 дБ), 0.55·Fs и выше (>80 дБ)</p>
Пределы основной приведенной погрешности измерения электрического напряжения	±0,15%
Неравномерность АЧХ, не более	

- в диапазоне частот 0...30 кГц ($F_s = 108$ или 216 кГц) - в диапазоне частот 0...50 кГц ($F_s = 108$ или 216 кГц) - в диапазоне частот 0...100 кГц ($F_s = 216$ кГц)	$\pm 0,1$ дБ $\pm 0,5$ дБ $\pm 1,0$ дБ
Источник напряжения питания тензометрических датчиков	
- диапазон установки напряжения - пределы относит. погрешности установки напряжения	2...18 В $\pm 0,1\%$
Балансный источник тока питания тензометрических датчиков	

* размер отчета дискретизации сигнала при регистрации на диск в 24-битном режиме равен 4 байтам

** номинал определяется заказчиком на этапе изготовления измерительного модуля

8.12 Нормируемые метрологические характеристики

Таблица 27 - Нормируемые метрологические характеристики

Пределы основной приведенной погрешности измерения напряжения постоянного тока в диапазоне измерений ± 10 В при отключенном тензометрическом усилителе	$\pm 0,1\%$
Пределы основной приведенной погрешности измерения напряжения переменного тока частотой 1кГц в диапазоне измерений ± 10 В при отключенном тензометрическом усилителе	$\pm 0,1\%$
Неравномерность АЧХ в диапазоне частот от 0 Гц до 40 кГц при отключенном тензометрическом усилителе, не более	$\pm 0,015$ дБ
Неравномерность АЧХ в диапазоне частот от 40 до 100 кГц при отключенном тензометрическом усилителе, не более	$\pm 0,15$ дБ
Пределы основной приведенной погрешности измерения напряжения постоянного тока при включенном тензометрическом усилителе	$\pm 0,15\%$
Пределы основной приведенной погрешности измерения напряжения переменного тока частотой 1 кГц при включенном тензометрическом усилителе	$\pm 0,15\%$
Неравномерность АЧХ в диапазоне частот от 0 Гц до 30 кГц при включенном тензометрическом усилителе, не более	$\pm 0,15$ дБ
Неравномерность АЧХ в диапазоне частот от 30 кГц до	$\pm 1,0$ дБ

100 кГц при включенном тензометрическом усилителе, не более	
Пределы относительной погрешности установки напряжения тока питания (возбуждения) тензодатчиков	±0,1%
Пределы относительной погрешности установки силы тока питания (возбуждения) тензодатчиков	±0,2%
Дополнительная погрешность измерения от изменения температуры в диапазоне от 5° до 50°С	±0,1%

8.12.1 Типовой уровень собственных шумов

Уровень собственных шумов усилителя в мкВскз RTI at Fs = 216 кГц (частотный диапазон =0...100 кГц)

Схема подключения	Gain	Сопротивление тензорезистора (одно плечо)							
		R=120Ω				R=700Ω			
		Питание							
		3 мА	17 мА	3 В	3 мА	8 мА	12 мА	3 В	18 В
Мост	1000	2.86	2.86	2.87	3.01	3.08	3.03	3.00	3.04
	10000	2.89	2.89	2.90	3.10	3.17	3.12	3.12	3.13
½ мост	1000	5.83	5.75	5.22	4.83	5.00		4.80	5.62
	10000	6.05	6.03	5.27	5.10	5.24		5.03	5.81
¼ мост	1000	5.72	5.66	5.17				5.16 ¹	7.55 ¹
	10000	5.96	5.86	5.16				5.15 ¹	7.50 ¹
Одиночный тензометр	1000	3.25	3.21		8.92	8.60	8.41		
	10000	3.21	3.17		8.12	7.84	7.60		

¹Четвертьмост с включенным ФВЧ.

8.13 Конструктивное исполнение модуля

Модули MX-340 состоят из основной печатной платы с закрепленной на ней передней панелью (см. Рис. 78) и дочерней платы. На передней панели размещены четыре входных разъема, предназначенные для подключения источников сигналов (датчиков), и светодиодные индикаторы.

Для установки и извлечения модуля из слота крейта служит экстрактор с рычагом и фиксатором. Невыпадающие винты на передней панели предназначены для крепления модуля к конструкции крейта.

На передней панели модуля установлены восьмиконтактные разъемы типа LEMO EGG.1B.308 (контакты типа гнездо). Разъемы предназначены для подключения источников сигнала (тензорезисторов, выходов внешних усилителей-преобразователей, датчиков типа ICP).

Расположение контактов разъемов LEMO EGG 1B 308 показано на Рис. 79. Назначение контактов входных разъемов модулей приведено в таблице 27. Для подключения к входному разъему на соединительном кабеле должны быть смонтированы разъемы типа LEMO FGG.1B.308.

На соединительных кабелях должны монтироваться разъемы типа LEMO FGG 1B 308 (имеют контакты типа вилка), которые являются ответной частью для разъемов, установленных на модуле.



Рис. 78 - Передняя панель модуля MX-340

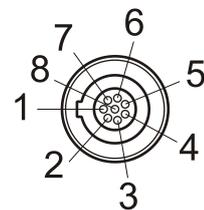


Рис. 79 - Расположение контактов входного разъема LEMO EGG.1B.308. Вид на переднюю панель модуля

В качестве ответной части используется вилка LEMO FGG.1B.308.CLAD62.

Таблица 28 - Назначение контактов входных разъемов

Внешний вид	Номер контакта	Цепь	Назначение
	1	+EXC	Выход высокого потенциала источника питания (возбуждения) внешнего датчика
	2	+REF	Вход обратной связи высокого потенциала источника питания (возбуждения) внешнего датчика
	3	QB	Выход встроенного четвертьмостового дополнения
	4	+IN	Вход неинвертирующий встроенного усилителя/ Выход питания датчика ICP и вход сигнала датчика ICP*
	5	-IN	Вход инвертирующий встроенного усилителя/ Общий потенциал питания и сигнала датчика ICP*
	6	-REF	Вход обратной связи низкого потенциала источника питания (возбуждения) внешнего датчика
	7	-EXC	Выход низкого потенциала источника питания (возбуждения) внешнего датчика
	8	AGND	Выход общего потенциала (аналоговой земли)

8.14 Функциональная схема модуля MX-340

Схема модуля MX-340.v6 приведена на Рис. 80 .

Модуль содержит четыре идентичных канала и общую шину PCI/PXI, ПЛИС, Контроллер шины PCI, Преобразователь питающих напряжений +5В, +15В, -15В, +30В и Регистры управления. На схеме показаны элементы только первого канала и элементы общие для всех каналов.

Режимы работы канала и настройки измерительных схем производятся программой MR-300, установленной на управляющую ПЭВМ путем передачи соответствующих команд в ПЛИС и регистры управления модулем. Через ПЛИС в модуль поступают также сигналы тактовой частоты 10 МГц и импульсы синхронизации работы модуля с системой СЕВ/IRIGb, поддерживаемой комплексом МІС.

Канал может быть включен с помощью входного коммутатора в режим измерения напряжений. В этом случае входной дифференциальный или недифференциальный сигнал через ФВЧ и коммутатор измерение-калибровка АЦП поступает на АЦП, формирующее выходной сигнал канала. В каждый канал модуля включено устройство и используется технология TEDS для считывания основных параметров подключаемых на вход измерительного канала интеллектуальных датчиков. Устройство TEDS опрашивает датчики в процессе их настройки и получает данные о типе датчика, его чувствительности, единицах измерения физической величины, дату проведения первичной или периодической поверки, частотного и динамического диапазонов.

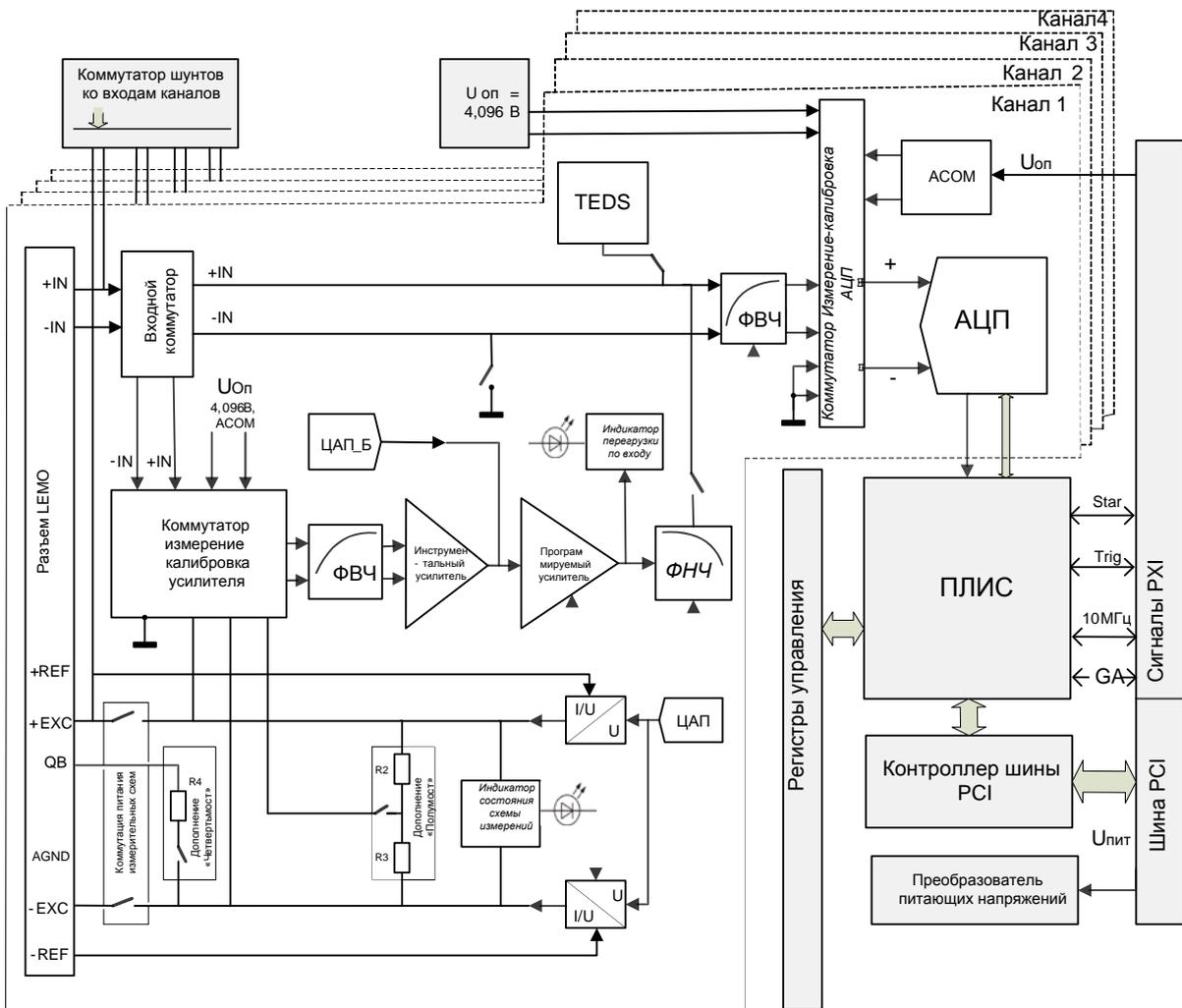


Рис. 80 - Функциональная схема модуля МХ-340.v6

Инвертируемый вход канала может быть заземлен, в результате чего канал становится однополярным и может быть использован для недифференциальных схем измерений.

При переключении входного коммутатора на тензометрический усилитель в канале могут быть сформированы различные схемы измерений, подробно описанные в разделе 4.5 и Приложении 2. Для реализации указанных схем в каждый канал модуля включены:

- Полумостовые и четвертьмостовые дополнения измерительных схем;
- Регулируемые ФВЧ и ФНЧ;
- Инструментальный усилитель, подключение управляемого ЦАП_Б на выход которого, позволяет производить балансировку канала;
- Программируемый усилитель, обеспечивающий измерение сигналов различных уровней; На выходе программируемого усилителя включена светодиодная схема индикации перегрузки канала при амплитудах сигнала более 11В, т.е. более допустимого входного напряжения АЦП;
- Взвешенные источники питания током измерительных схем, регулируемые ЦАП;
- Схема питания со светодиодным индикатором, который сигнализирует об обрыве или замыкании входной измерительной цепи.

- Схемы калибровки тензометрического (инструментального и программируемого) усилителей.

Тестирование измерительного канала может быть произведено путем имитации воздействия на датчик при модуляции тока источника питания измерительной схемы.

На вход коммутатора поступает также опорное напряжения 4,096 В, формируемое в модуле и опорное калибровочное напряжение от модуля МХ-020.

Выход коммутатора через усилители подключен к входу АЦП, управляемому ПЛИС.

Общими для всех каналов модуля являются шунты, которые с помощью коммутатора шунтов могут быть подключены параллельно тензодатчикам любого из каналов. Изменение сопротивления тензодатчика при подключении шунта имитирует механическое воздействие на датчик и позволяет протестировать измерительный канал.

8.15 Подключение источников сигнала

Для включения режимов работы канала по входу "Одиночный тензорезистор", "Потенциометр", "Четвертьмост", "Полумост", "Мост" необходимо включить встроенные тензометрические усилители. Порядок «Включения/выключения встроенного тензометрического усилителя» указан в п.0.

При добавлении новых каналов (из списка доступных в список используемых) встроенные усилители включены по-умолчанию.

Во всех случаях, кроме применения схем «Тензорезистор» и «Потенциометр» требуется производить балансировку нуля,

8.15.1 Одиночный тензорезистор

Для измерения переменной составляющей выходного сигнала тензодатчика (т.н. динамических измерений) могут быть применены режимы модуля "Тензометр" и "Потенциометр".

Для включения режимов используется либо вкладка "Встроенный усилитель", либо вкладка "Тензометрический датчик" (если в состав ИК включен элемент "Тензодатчик"). Из выпадающего списка "Входной диапазон" выбрать значение входного диапазона или коэффициент усиления из списка "к усиления" (при выборе значения одного параметра, значение второго будет установлено автоматически, т.к. они взаимосвязаны). Входной амплитудный диапазон усилителя следует выбирать не меньше чем ожидаемый выходной диапазон сигнала датчика.

На вкладке "Модуль АЦП" выбрать из списка "Источник сигнала" значение "Входной разъем", а из списка "Номинальный входной диапазон" - значение входного диапазона АЦП. Измененные настройки сохраняются при закрытии окна при помощи кнопки "ОК".

Перед проведением измерений или регистрацией сигналов следует убедиться, что выключен встроенный шунт, а также проверить правильность включения источник сигнала.

В режиме "Тензометр" питание (возбуждение) внешнего тензорезистора осуществляется регулируемой величиной постоянного тока. Режим (тип датчика) "Тензометр" и величину тока питания (возбуждения) тензорезистора устанавливают в меню настройки канала, при этом на входе встроенного усилителя автоматически включается ФВЧ. Тензорезистор должен быть подключен к каналу модуля, как показано на Рис. 81

МХ-340.v6

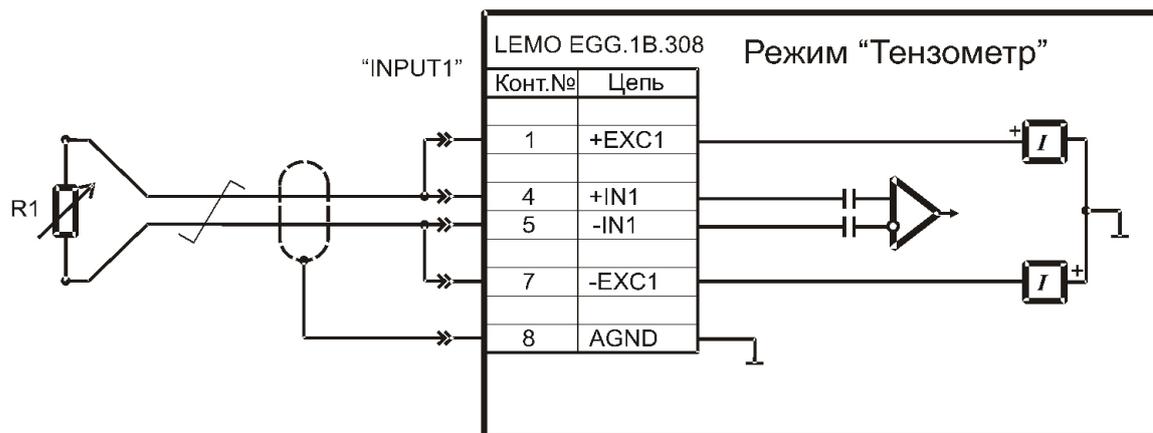


Рис. 81 - Схема подключения тензорезистора для режима «Тензометр»

В качестве соединительной линии следует использовать кабель с проводниками типа витая пара или экранированная витая пара. В режиме "Тензометр" чувствительность схемы не зависит от изменения электрического сопротивления проводников соединительного кабеля.

В режиме "Тензометр" (в версии модуля МХ-340v5) использование встроенного шунта недоступно.

Балансировка канала перед началом измерений в режиме "Тензометр" не требуется.

8.15.2 Потенциометр

В режиме "Потенциометр" питание (возбуждение) внешнего тензорезистора осуществляется постоянным током с регулируемой величиной напряжения. В режиме "Потенциометр" тензорезистор должен быть подключен к каналу модуля, как показано на Рис. 82.

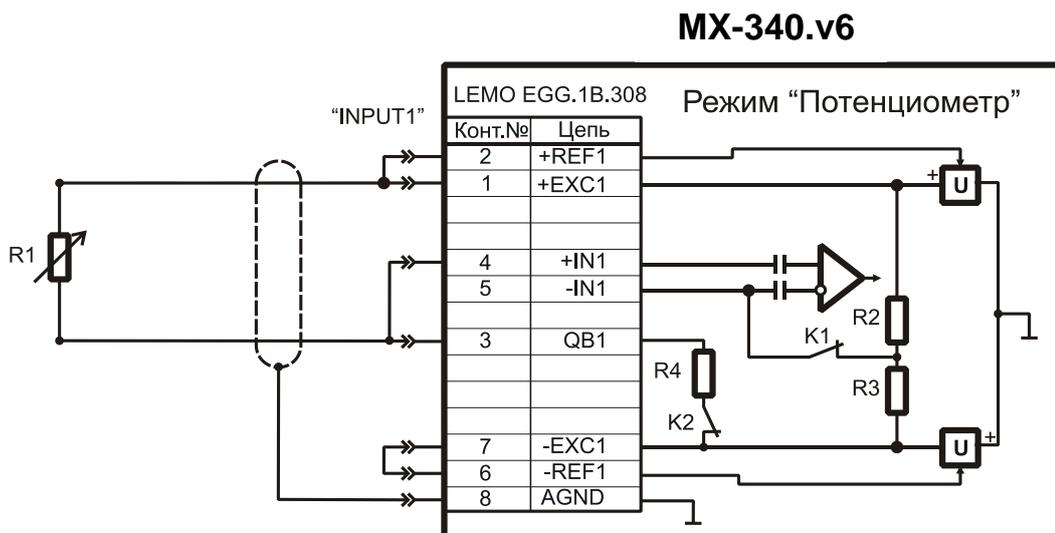


Рис. 82 - Схема подключения тензорезистора для режима «Потенциометр»

Режим (тип датчика) "Потенциометр" и величина напряжения питания (возбуждения) тензорезистора устанавливается в меню настройки канала, при этом автоматически включается встроенный дополняющий резистор (R4 на Рис. 82) и ФВЧ на входе встроенного усилителя. Режим "Потенциометр" находит применение при подключении

соединительной линии через контакты токосъемников. В режиме "Потенциометр" чувствительность схемы зависит от сопротивления проводников соединительного кабеля (чувствительность уменьшается с увеличением сопротивления проводников). В качестве соединительной линии следует использовать экранированный кабель.

Балансировка канала перед началом измерений в режиме "Потенциометр" не требуется.

Для проверки работоспособности канала следует использовать режим "Динамический шунт 59,9 кОм (20 Гц)" и "Динамический шунт 174,4 кОм (20 Гц)". (См. Проверка работоспособности шунтами 9.10.4).

При работе тензометрического усилителя в режимах потенциометр, $\frac{1}{4}$ мост и $\frac{1}{2}$ мост рекомендуется оставлять 5 контакт входного разъема (-IN) свободным (отключенным от кабеля). В противном случае уровень помех может возрасти с 3-8 мкВ (см. таблицу 2) до ≈ 1000 мкВ и выше (зависит от конфигурации измерительной и заземляющей кабельной сети и других факторов).

8.15.3 Четвертьмост

Измерение динамических и статических параметров может быть произведено с применением готовых тензодатчиков или отдельных тензорезисторов, соединенных по схеме измерительного моста, полумоста или четвертьмоста.

Двухпроводное подключение тензорезистора или тензодатчика, включенного по схеме четвертьмоста с питанием (возбуждением) регулируемым напряжением постоянного тока, показанное на Рис. 83, может применяться для измерений статических и динамических параметров при постоянной температуре и относительно коротких проводах соединительной линии. При изменении температуры изменяются сопротивления проводников соединительной линии и начальная балансировка (температурный дрейф нуля) и чувствительность данной схемы изменяются. Нелинейность четвертьмостовой схемы с питанием (возбуждением) регулируемым напряжением постоянного тока составляет 0,5%/‰ (при равенстве сопротивлений тензорезисторов и дополнений). В меню настройки канала необходимо установить тип входа "Четвертьмост", режим регулирования и требуемую величину напряжения питания (возбуждения) тензодатчика (максимальное напряжение зависит от сопротивления нагрузки), выключить или включить встроенные аналоговые фильтры. Сопротивление внешнего тензорезистора должно быть равно сопротивлению встроенного четвертьмостового дополнения R_d . Перед началом измерений статических параметров следует проводить балансировку канала.

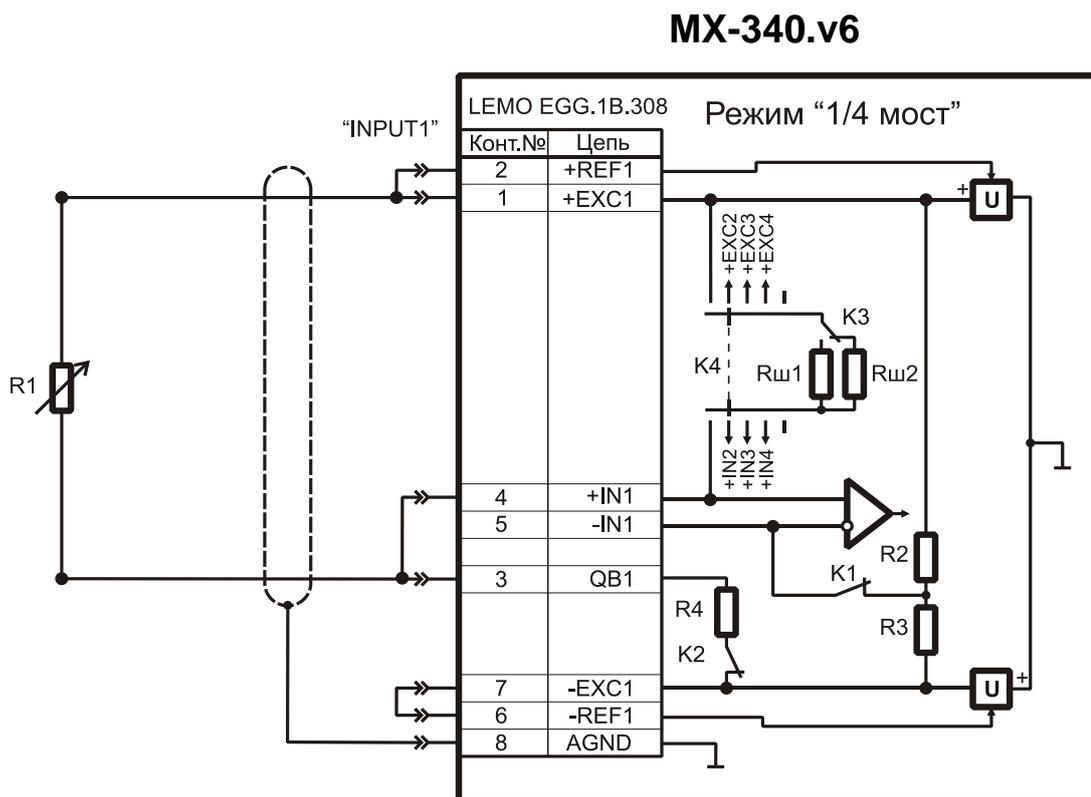


Рис. 83 Схема - 2-х проводного подключения тензорезистора по схеме четвертьмоста с питанием регулируемым напряжением

Двухпроводное подключение тензорезистора или тензодатчика, включенного по схеме четвертьмоста и питанием (возбуждением) регулируемым постоянным током, показанное на Рис. 84, может применяться для измерений как статических, так и динамических параметров. Преимуществами данной схемы (а именно возбуждение датчика регулируемым током) по сравнению со схемой, приведенной на Рис. 83, являются постоянная чувствительность при изменении сопротивления проводников соединительного кабеля (например, при изменении температуры) и меньшая величина нелинейности (0,25%/‰ при равенстве сопротивлений тензорезисторов и дополнений). При изменении температуры и соответствующего изменении сопротивления проводников соединительной линии начальная балансировка изменяется (температурный дрейф нуля). В меню настройки канала необходимо установить тип входа "Четвертьмост", режим регулирования и требуемую величину тока питания (возбуждения) тензодатчика (максимальная величина тока в зависимости от сопротивления нагрузки), включить или выключить встроенные аналоговые фильтры. Перед началом измерений статических параметров следует проводить балансировку канала.

MX-340.v6

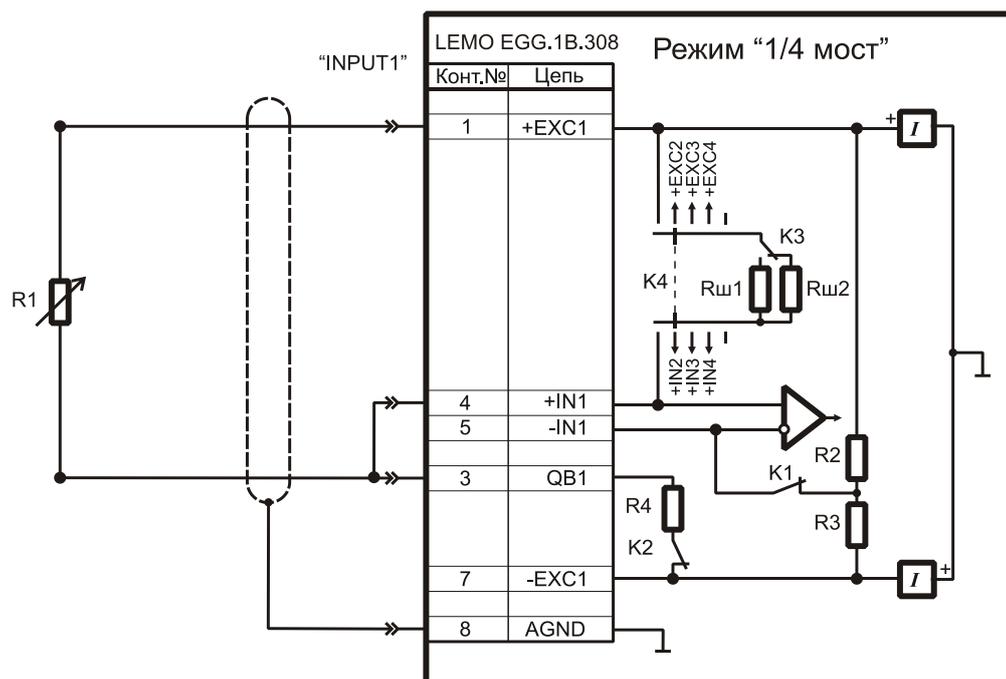


Рис. 84 - Схема 2-х проводного подключения тензорезистора по схеме четвертьмоста с питанием регулируемым током

Трехпроводное подключение тензорезистора или тензодатчика, включенного по схеме четвертьмоста с питанием (возбуждением) регулируемым напряжением постоянного тока, показанное на Рис. 85 обеспечивает независимость балансировки от изменения температуры (температурного дрейфа нуля) и сопротивления проводников соединительной линии (при условии, что проводники цепей "-EXC" и "SHUNT" одинаковые). При этом чувствительность схемы зависит от сопротивления проводников соединительного кабеля. Нелинейность схемы составляет 0,5%/‰ (при равенстве сопротивлений тензорезисторов и дополнений). В меню настройки канала необходимо установить тип входа "Четвертьмост", режим регулирования и требуемую величину напряжения питания (возбуждения) тензодатчика (максимальное напряжение зависит от сопротивления нагрузки), выключить или включить встроенные аналоговые фильтры. Сопротивление внешнего тензорезистора должно быть равно сопротивлению встроенного четвертьмостового дополнения R_d . Перед началом измерений статических параметров следует проводить балансировку канала.

Для проверки работоспособности канала следует использовать режим "Динамический шунт" (см. п.9.10.4 «Проверка работоспособности шунтами»).

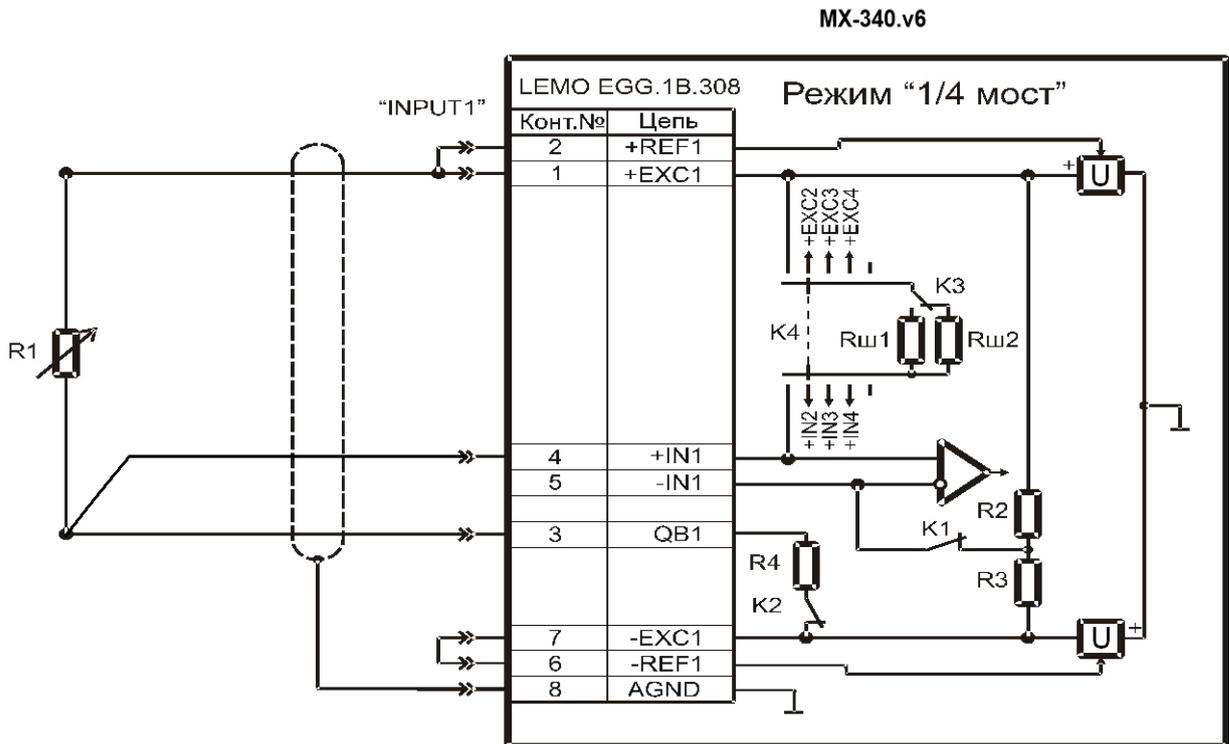


Рис. 85 - Схема 3-х проводного подключения тензорезистора по схеме четвертьмоста с питанием регулируемым напряжением

Трехпроводное включение тензодатчика или тензорезистора по схеме четвертьмоста с питанием (возбуждением) регулируемым постоянным током показано на Рис. 86. Преимуществом данной схемы по сравнению со схемой, приведенной на Рис. 85, является постоянная чувствительность, которая не зависит от изменения сопротивления проводников соединительного кабеля (например, при изменении температуры). При равенстве сопротивлений тензорезисторов и дополнений указанная схема имеет меньшую величину нелинейности (0,25%/%). При равенстве проводников цепей «-EXC» и «SHUNT» балансировка (начальное смещение нуля) схемы не зависит от изменения сопротивления проводников соединительного кабеля. В меню настройки канала необходимо установить тип входа «Четвертьмост», режим регулирования и величину тока питания (возбуждения) тензодатчика (максимальная величина тока зависит от сопротивления нагрузки), выключить или включить встроенные аналоговые фильтры. Перед началом измерений статических параметров следует проводить балансировку канала. Внешние постоянные резисторы R1 и R2 должны иметь одинаковое сопротивление и малую величину температурного коэффициента сопротивления (ТКС). Для проверки работоспособности и калибровки один из встроенных шунтов Rш1 или Rш2 может быть подключен параллельно внешнему тензорезистору выбранного канала (при этом встроенный ФВЧ должен быть отключен).

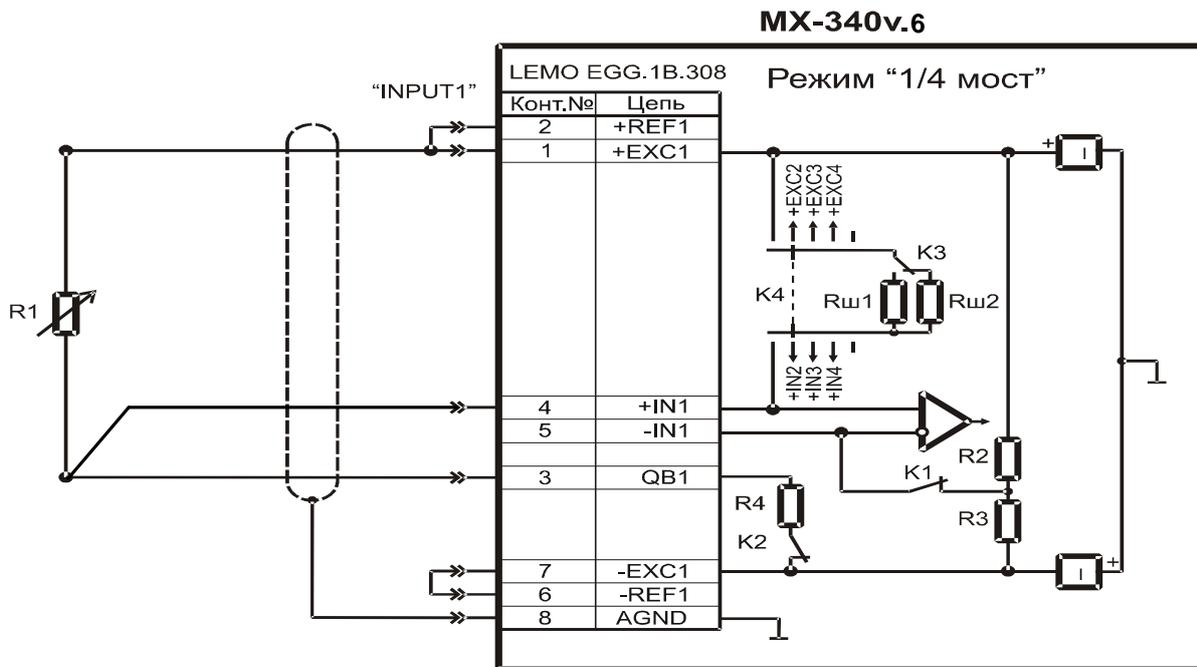


Рис. 86 - Схема 3-х проводного подключения тензорезистора по схеме четвертьмоста с питанием регулируемым током

8.15.4 Полумост

Полумостовые тензодатчики или тензорезисторы, включенные по схеме измерительного полумоста с питанием (возбуждением) регулируемым напряжением постоянного тока могут быть подключены, как показано на рисунках 87 и 88. Оба тензорезистора полумоста могут быть активными или один из тензорезисторов может служить для компенсации температурного расширения материала. Активные тензорезисторы располагают на объекте измерения таким образом, чтобы они деформировались на одинаковую величину, но с противоположным знаком (один тензорезистор подвергается растяжению, другой сжимается). Нелинейность полумостовой схемы с одним активным (и одним компенсирующим) тензорезистором с питанием (возбуждением) регулируемым напряжением постоянного тока составляет 0,5%/‰ (при равенстве сопротивлений тензорезисторов и дополнений). Полумостовая схема с двумя активными тензорезисторами линейна. Чувствительность четырехпроводной схемы подключения полумоста, показанной на Рис. 87, зависит от сопротивления проводников соединительного кабеля и их температуры, а балансировка не зависит (при условии, что проводники цепей "+EXC" и "-EXC" одинаковые). Чувствительность и балансировка шестипроводной схемы подключения, показанной на Рис. 88, не зависят от сопротивления проводников соединительного кабеля и их температуры (проводники цепей "+EXC" и "-EXC" должны быть одинаковые). В меню настройки канала необходимо установить тип входа "Полумост", режим регулирования и величину напряжения питания (возбуждения) тензодатчика (максимальная величина напряжения зависит от сопротивления нагрузки), выключить или включить встроенные аналоговые фильтры. Перед началом измерений статических параметров следует выполнять балансировку канала.

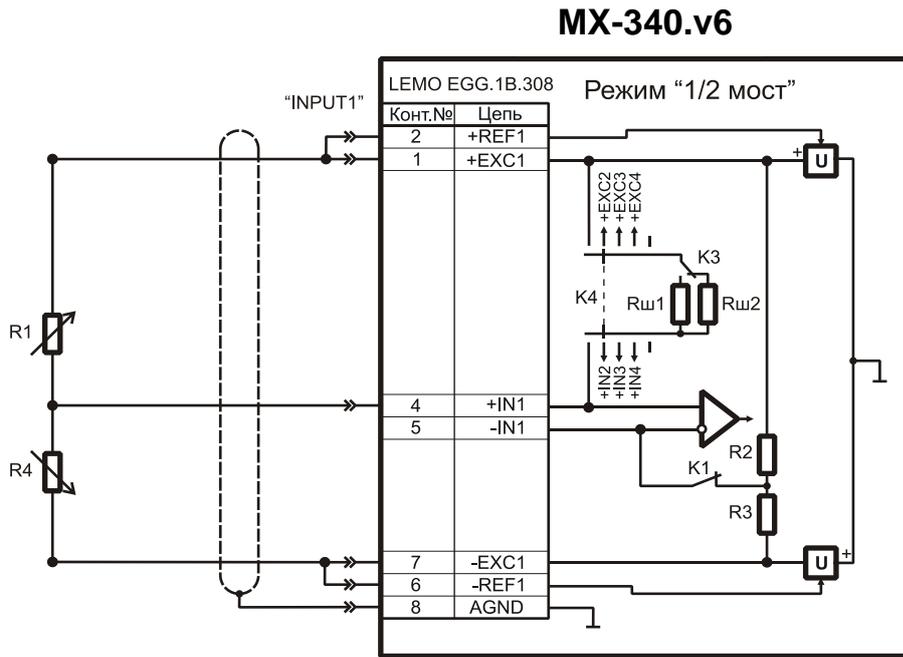


Рис. 87 - Схема 3-проводного подключения тензорезисторов по схеме полумоста с питанием регулируемым напряжением

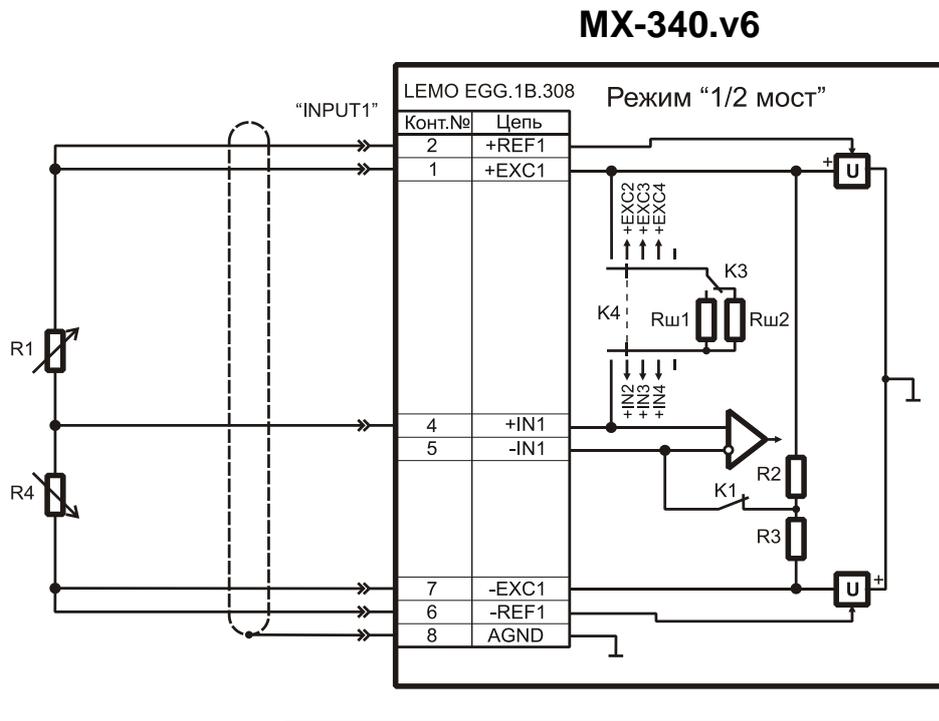


Рис. 88 - Схема 5-проводного подключения тензорезисторов по схеме полумоста с питанием регулируемым напряжением

Полумостовые тензодатчики или тензорезисторы, включенные по схеме измерительного полумоста с питанием (возбуждением) регулируемым постоянным током могут быть подключены, как показано на Рис. 89. Оба тензорезистора полумоста могут быть активными или один из тензорезисторов может служить для компенсации температурного расширения материала. Активные тензорезисторы располагают на объекте измерения таким образом, чтобы они деформировались на одинаковую величину, но с

противоположным знаком (один тензорезистор подвергается растяжению, другой сжимается). Нелинейность полумостовой схемы с одним активным (и одним компенсирующим) тензорезистором с питанием (возбуждением) регулируемым постоянным током составляет 0,25%/‰ (при равенстве сопротивлений тензорезисторов и дополнений). Полумостовая схема с двумя активными тензорезисторами линейна. Чувствительность и балансировка схемы при полной симметрии подводящих проводников не зависит от изменения сопротивления проводников соединительного кабеля. В меню настройки канала необходимо установить тип входа "Полумост", режим регулирования и величину тока питания (возбуждения) тензодатчика (максимальная величина тока зависит от сопротивления нагрузки), выключить или включить встроенные аналоговые фильтры. Перед началом измерений статических параметров следует выполнять балансировку канала.

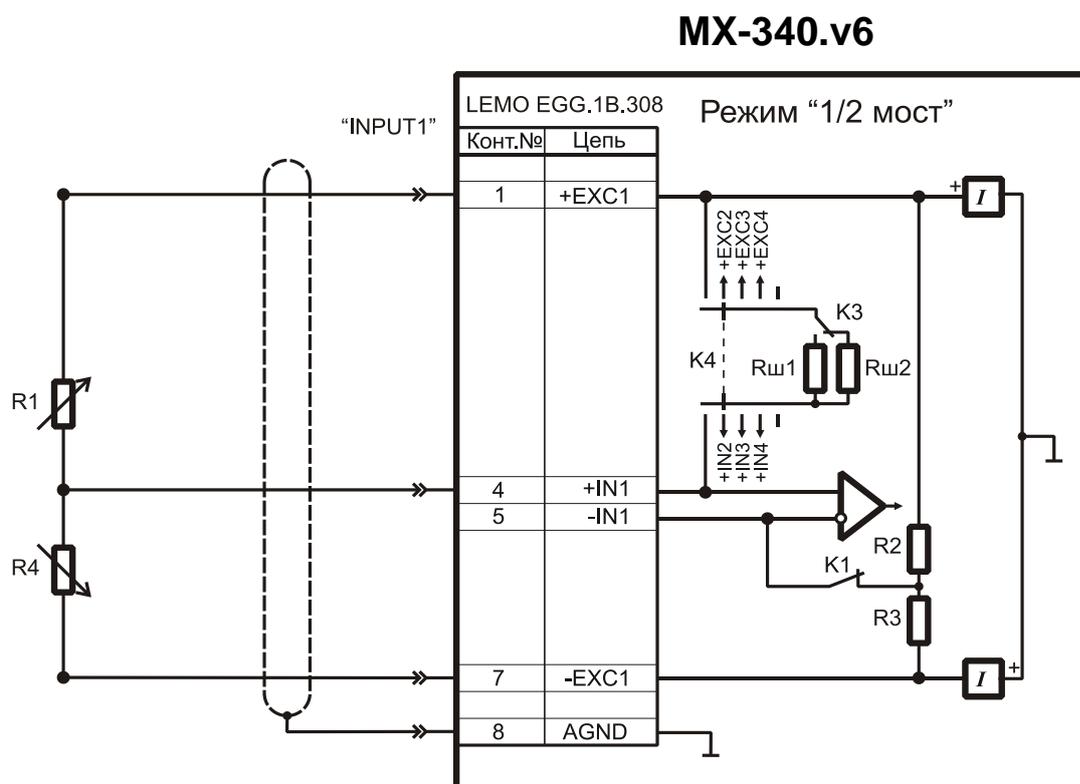


Рис. 89 - Схема 3-проводного подключения тензорезисторов по схеме полумоста с питанием регулируемым током

Для проверки работоспособности и калибровки можно использовать встроенные шунты, как описано в разделе 9.10.4 - Проверка работоспособности шунтами.

8.15.5 Мост

Примеры включения тензодатчиков или тензорезисторов с питанием (возбуждением) регулируемым напряжением постоянного тока показаны на рисунках 90 и 91. Активными могут быть один, два или четыре тензорезистора, которые устанавливаются на объекте измерения таким образом, чтобы тензорезисторы в противоположных плечах моста деформировались на одинаковую величину, но с противоположным знаком.

Мостовая схема с двумя и четырьмя активными тензорезисторами линейна. При равенстве сопротивлений тензорезисторов и дополнений нелинейность мостовой схемы с одним активным тензорезистором с питанием (возбуждением) регулируемым

напряжением постоянного тока составляет 0,5%/%. (при равенстве сопротивлений тензорезисторов и дополнений). Мостовая схема с двумя и четырьмя активными тензорезисторами линейна.

Чувствительность и балансировка четырехпроводной схемы подключения, показанной на Рис. 90, не зависит от сопротивления проводников соединительного кабеля и температуры. Чувствительность шестипроводной схемы подключения, показанной на Рис. 91, зависит от сопротивления проводников соединительного кабеля и их температуры, а балансировка при полной симметрии подводящих проводников не зависит.

В меню настройки канала необходимо установить тип входа "Мост", режим регулирования и величину напряжения питания (возбуждения) тензодатчика (максимальная величина напряжения зависит от сопротивления нагрузки), выключить или включить встроенные аналоговые фильтры. Перед началом измерений статических параметров следует выполнять балансировку канала.

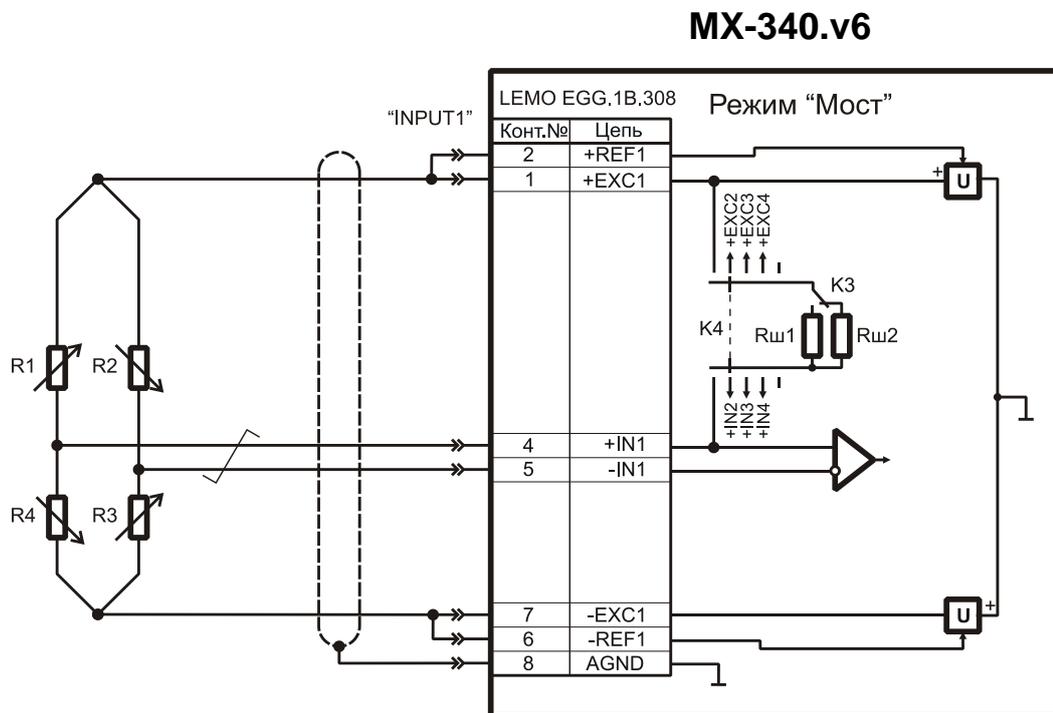


Рис. 90 - Схема 4-проводного подключения тензорезисторов по схеме моста с питанием регулируемым напряжением

MX-340.v6

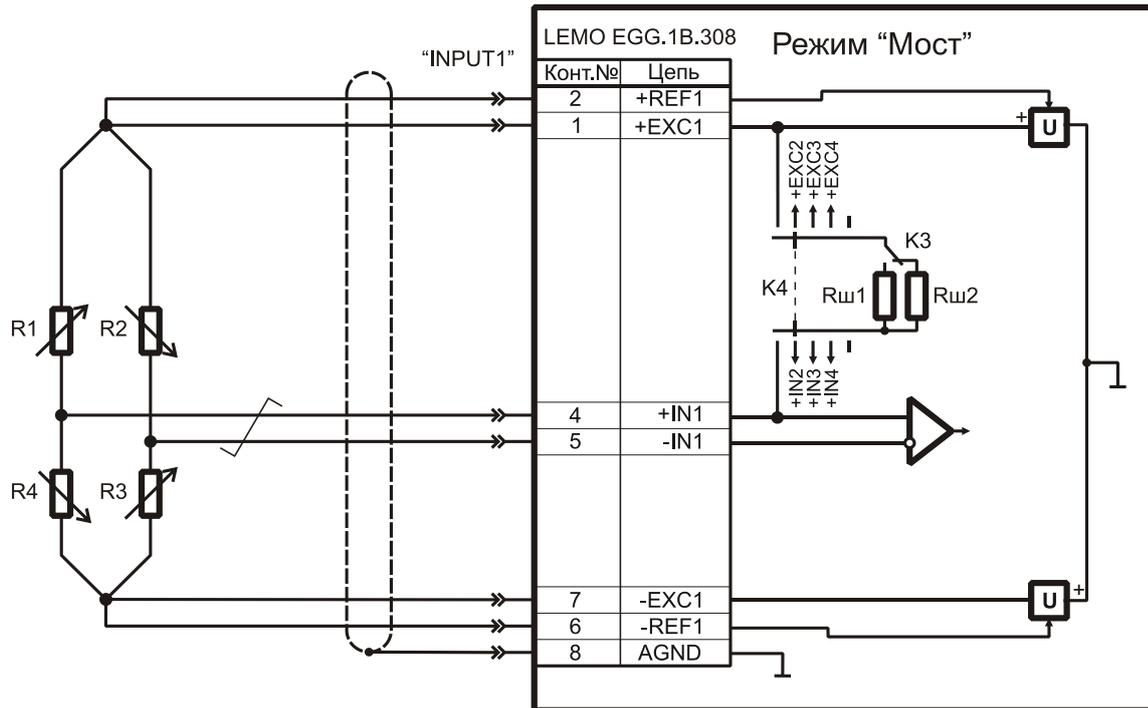


Рис. 91 - Схема 6-проводного подключения тензорезисторов по схеме моста с питанием регулируемым напряжением

Схема включения тензодатчиков или тензорезисторов по схеме измерительного моста с питанием (возбуждением) регулируемым постоянным током показано на Рис. 92. Активными могут быть один, два или четыре тензорезистора. При этом, два или четыре тензорезистора устанавливаются на объекте измерения таким образом, чтобы тензорезисторы в противоположных плечах моста деформировались на одинаковую величину, но с противоположным знаком: один тензорезистор подвергается растяжению, другой сжатию.

Мостовая схема с двумя и четырьмя активными тензорезисторами линейна. При равенстве сопротивлений тензорезисторов и дополнений нелинейность мостовой схемы с одним активным тензорезистором с питанием (возбуждением) регулируемым постоянным током составляет 0,25%/%.

Чувствительность и балансировка схемы не зависят от изменения сопротивления проводников соединительного кабеля. В меню настройки канала необходимо установить тип входа "Мост", режим регулирования и величину тока питания (возбуждения) тензодатчика (максимальная величина тока зависит от сопротивления нагрузки), выключить или включить встроенные аналоговые фильтры. Перед началом измерений статических параметров следует выполнять балансировку канала.

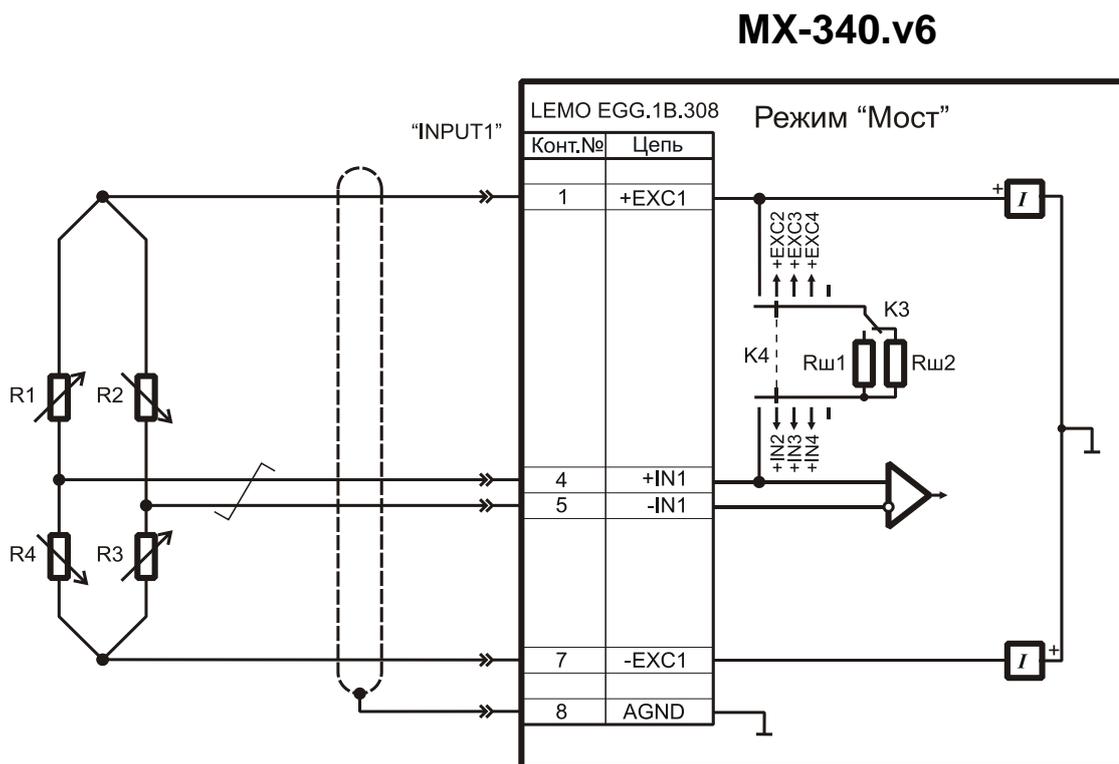


Рис. 92 - Схема 4-проводного подключения тензорезисторов по схеме моста с питанием регулируемым током

Для проверки работоспособности канала следует использовать режим "Динамический шунт" (см. п. 9.10.4 «Проверка работоспособности шунтами»).

Рисунок 93, Рисунок 94, Рисунок 95, Рисунок 96, Рисунок 97 относятся к описанию МХ-340.v5 и в редакции 1.3 РЭ отсутствуют.

8.16 Настройка измерительного канала усилителя

При работе необходимо соблюдать порядок включения аппаратуры. Сначала включить питание крейта с модулями, затем - управляющий компьютер и после загрузки операционной системы запустить программу MR-300.

От предприятия-изготовителя прибор поступает с заводской конфигурацией, которая содержит в себе информацию о встроенных усилителях, модулях АЦП, имеет созданные измерительные каналы и прочие настройки, достаточные для проведения типовых измерений. При необходимости, оператор может сформировать свою конфигурацию на основе заводской и сохранить ее для дальнейшего использования. Порядок работы с заводской и пользовательской конфигурацией изложен в разделе "Настройка процесса измерений и регистрации сигналов - Конфигурационные файлы" в РЭ MR-300.

Следующие разделы описывают порядок создания и настройки пользовательской конфигурации.

8.16.1 Добавление тензометрического усилителя в состав измерительного оборудования

Если модуль МХ-340 отсутствует в текущей конфигурации в списке измерительного оборудования (см. «Список устройств») то его необходимо добавить. Если присутствует, то текущий подраздел можно пропустить и приступить к добавлению измерительных каналов модуля МХ-340.

Для добавления модуля необходимо открыть вкладку "Устройства" в окне "Настройка MR-300", как показано на Рис. 98.

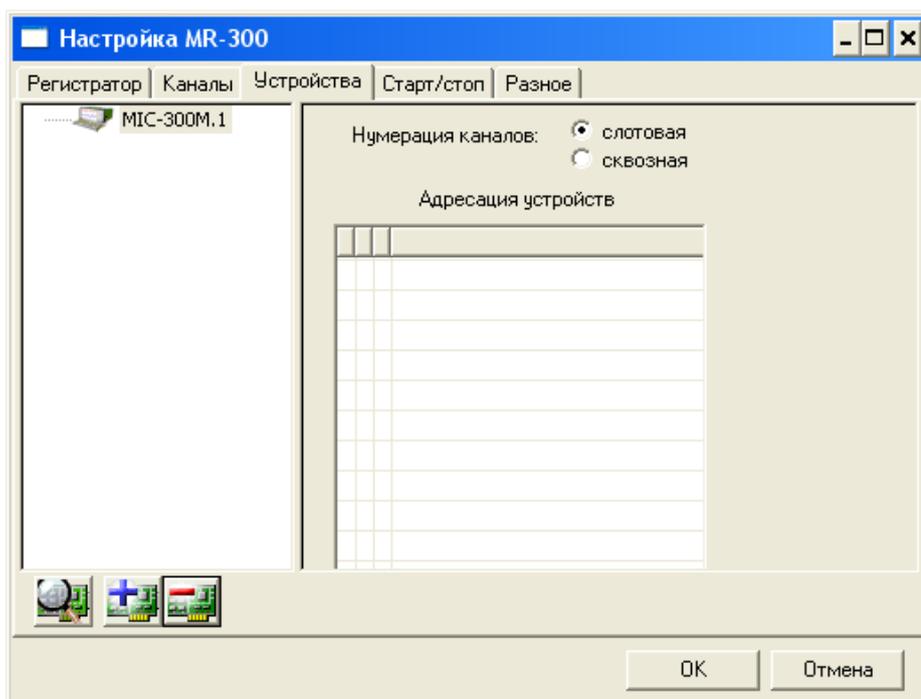


Рис. 98 - Добавление измерительного модуля МХ-340

Выделить левой кнопкой "мыши" строку "MIC-300M" в левой части окна и нажать кнопку  ("Поиск устройств") в нижней левой части окна. После завершения поиска будет выведено окно со списком модулей установленных в крейте, представленное на Рис. 99 .

Необходимо отметить в списке требуемые модули, после чего нажать кнопку ОК. В результате в список устройств в левой части окна будут добавлены отмеченные модули. Выбрать тип нумерации "слотовая", при этом наименование измерительного канала (имя сигнала) в момент создания будет автоматически формироваться из префикса канала (задается на вкладке "Разное"), номера слота крейта, в котором установлен соответствующий модуль, и порядкового номера канала в модуле. Позже имя сигнала может быть изменено.

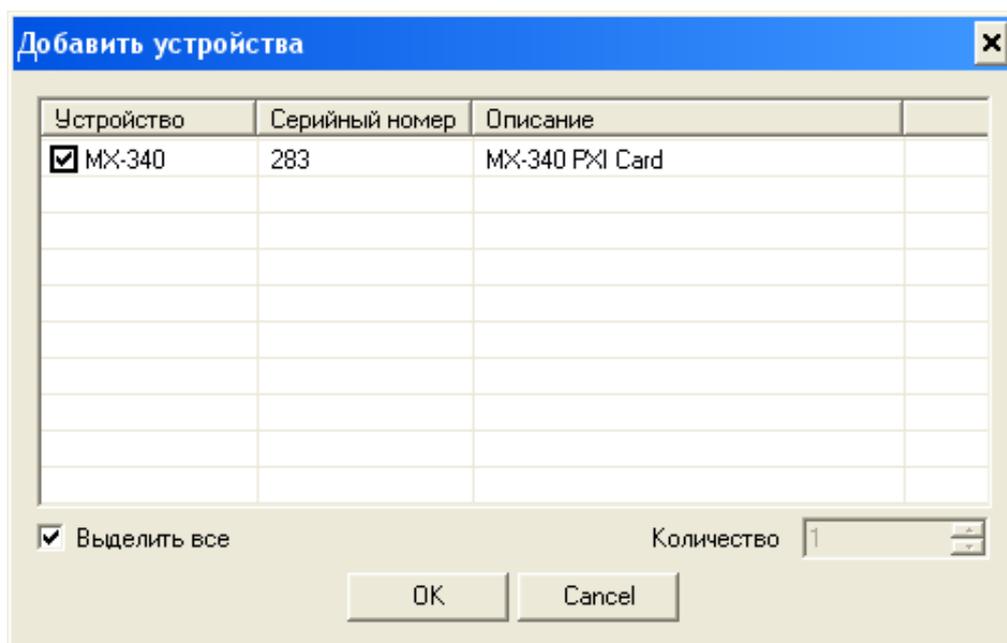


Рис. 99 - Добавление измерительного модуля МХ-340

8.16.2 Добавление измерительных каналов

Перед началом измерений необходимо создать и настроить измерительные каналы.

Если измерительные каналы предварительно не были добавлены в список активных каналов, то их необходимо добавить, как описано в разделе «Добавление и настройка измерительных каналов» (РЭ MR-300). После добавления, встроенный усилитель канала по-умолчанию включен, и диалог настройки будет содержать вкладку "Встроенный усилитель" (см. Рис. 100).

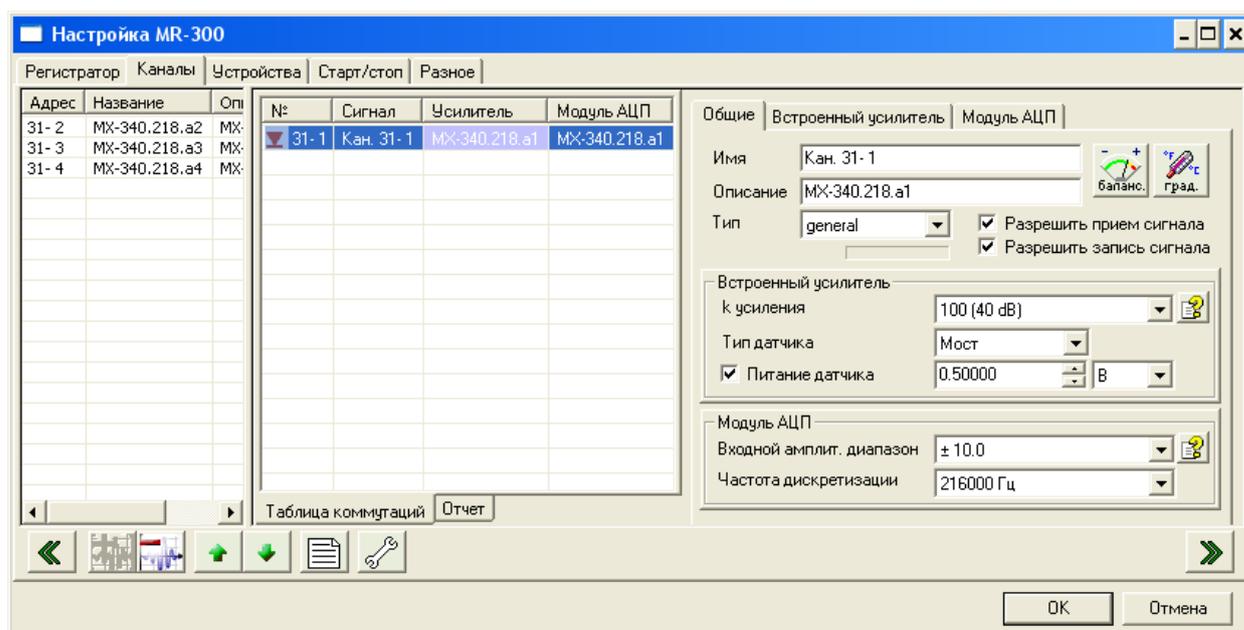


Рис. 100 - Добавление измерительного канала модуля МХ-340

Рис. 101 иллюстрирует включение/выключение встроенного усилителя модуля МХ-340.v5 в редакции 1.2 РЭ

8.16.3 Добавление датчика

Для включения в состав измерительных каналов датчиков необходимо предварительно добавить устройства (датчики) соответствующих типов. Выделить левой кнопкой "мыши" строку "МІС-300М" в левой части окна и нажать кнопку "Добавить устройства" в нижней левой части окна. В результате будет выведено окно "Добавить устройства", показанное на Рис. 102, в котором необходимо выбрать (отметить) требуемые устройства (датчики) и их количество. Нажать кнопку "Ок" для подтверждения выбора и закрытия окна.

При добавлении датчика можно указывать количество добавляемых датчиков (см. Рис. 102).

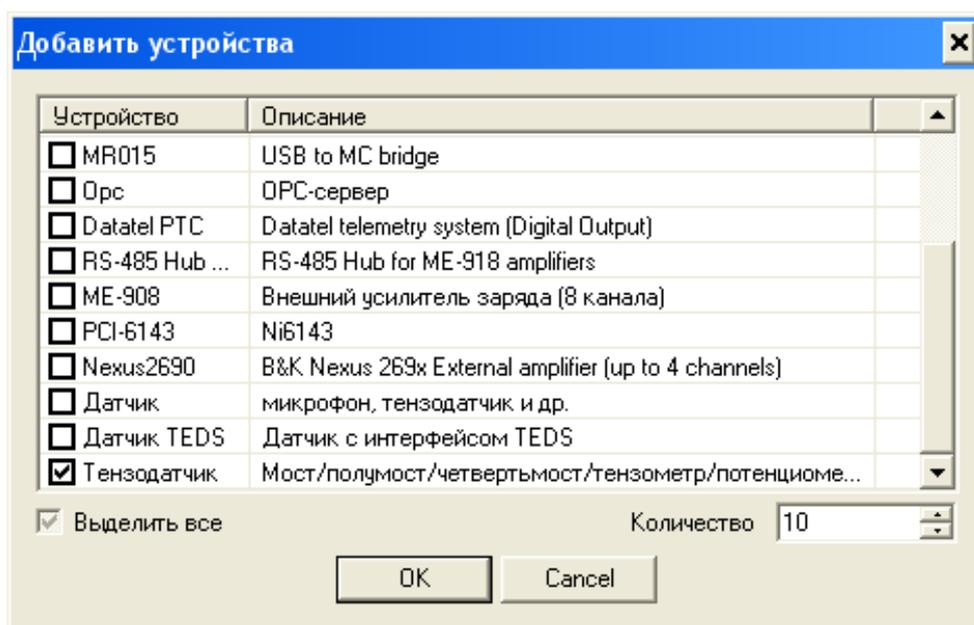


Рис. 102 - Добавление тензометрического датчика

В список на вкладке "Устройства" будут добавлены выбранные датчики. В целях идентификации датчиков следует по очереди выделять датчики в списке и редактировать соответствующие поля, показанные в правой части окна на Рис. 103.

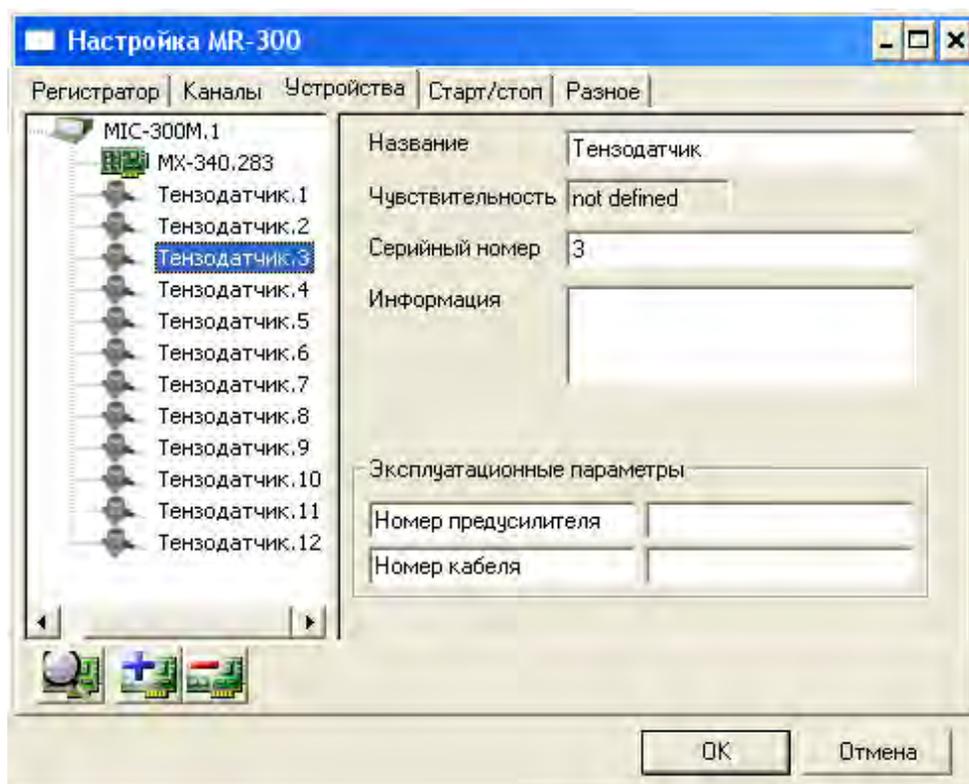


Рис. 103 - Изменение названий, серийных номеров и других свойств датчиков

Для того чтобы включить датчик в измерительный канал необходимо на вкладке "Каналы" окна "Настройка MR-300" в таблице коммутаций выполнить двойной щелчок мышью в ячейке столбца "Датчик" измерительного канала и выбрать из выпадающего списка соответствующий датчик.

Диалог настройки измерительного канала

Изменение свойств измерительного канала модуля МХ-340 происходит через его диалог настройки, который можно вызвать из диалога общей настройки MR-300 (см. Рис. 100), либо непосредственно из списка каналов главного окна MR-300 (Рис. 7).

Диалог настройки позволяет одновременно настраивать свойства произвольного числа каналов модулей МХ-340 (требуемые каналы должны быть предварительно выделены).

Пример диалога настройки измерительного канала МХ-340 с добавленными тензометрическими датчиками показан на Рис. 104.

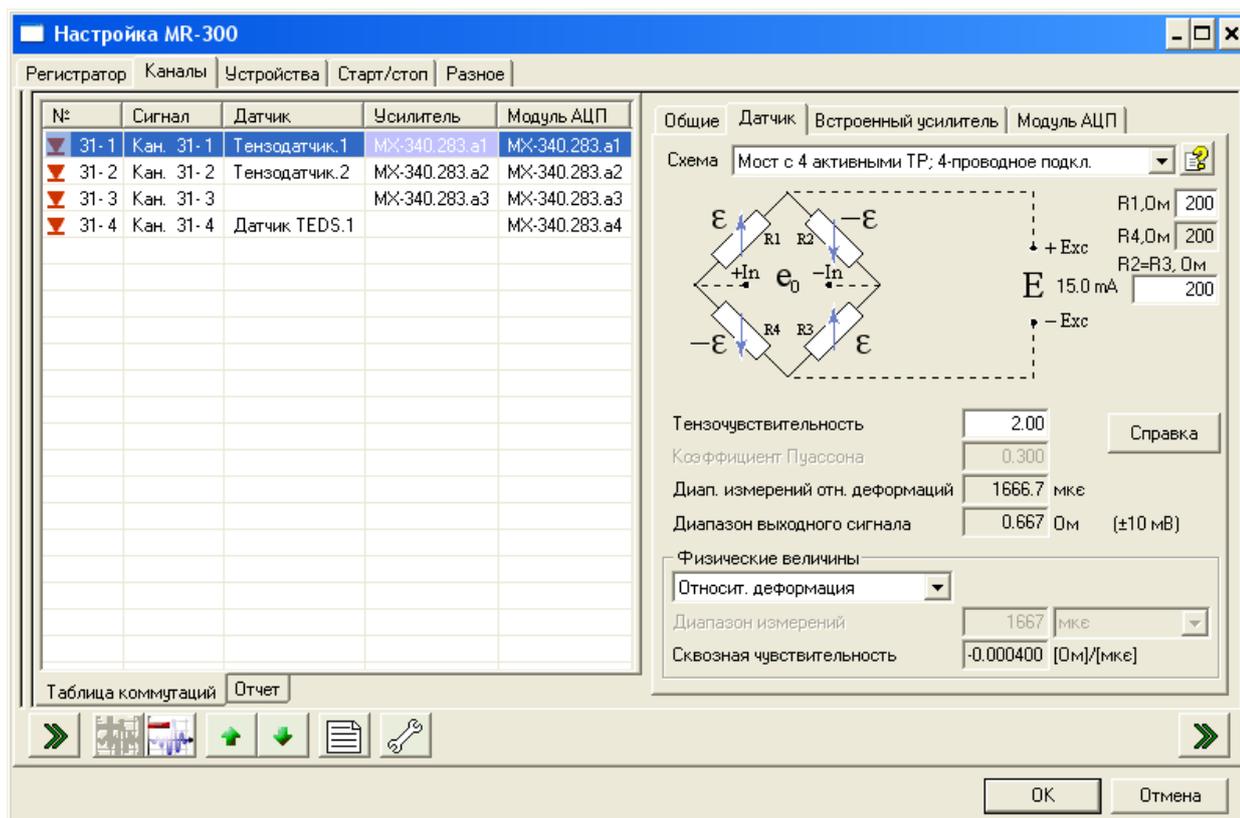


Рис. 104 - Пример диалога настройки измерительного канала МХ-340 с добавленными тензометрическими датчиками.

8.16.4 Вкладка "Общие настройки"

Вкладка "Общие" содержит основные и наиболее применимые свойства всего измерительного канала. Остальные вкладки опциональные, и служат для более подробной настройки конкретного преобразователя (датчик/усилитель/АЦП). При отключении встроенного усилителя или датчика их вкладки не отображаются.

На Рис. 105 приведены поля общих настроек измерительного канала. Ниже этих полей располагаются основные свойства АЦП и встроенного усилителя.

Настройка Кан. 31-1

Общие | Датчик | Встроенный усилитель | Модуль АЦП

Имя: Кан. 31-1

Описание: МХ-340.218.a1

Тип: general

Разрешить прием сигнала

Разрешить запись сигнала

Датчик

Схема: Мост с 4 активными ТР; 4-проводное подкл.

Чувствительность: -0.000400000 [Ом]/[мкв]

Встроенный усилитель

к усиления: 1000 (60 dB)

Тип датчика: Мост

Питание датчика: 15.000 мА

Модуль АЦП

Входной амплит. диапазон: ± 10.0

Частота дискретизации: 216000 Гц

OK Cancel Apply

Рис. 105 - Настройка канала. Вкладка "Общие настройки"

8.16.5 Вкладка "Встроенный усилитель"

Во вкладке "Встроенный усилитель", приведенной на Рис. 106, содержатся поля, необходимые, для детальной настройки измерительного канала (в части встроенного тензометрического усилителя).

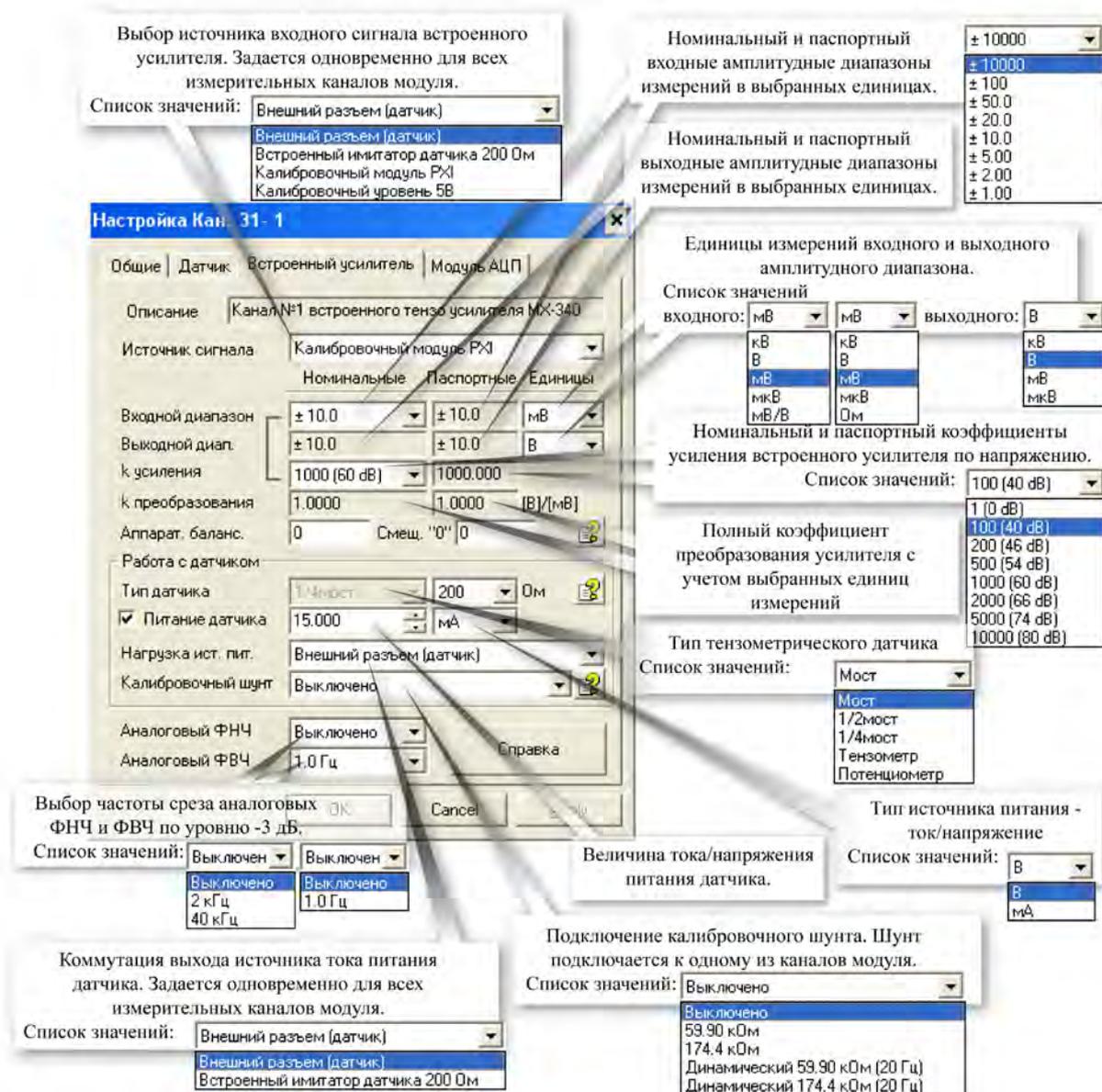


Рис. 106 - Настройка канала. Вкладка "Встроенный усилитель".

Элемент управления "Тип датчика" заблокирован в том случае, если в состав измерительного канала MR-300 включен тензометрический датчик. В этом случае управление четвертьмостовыми и полумостовыми дополнениями усилителя (см. поле "Тип датчика"), а также схемой включения тензочувствительных элементов происходит через диалог настройки тензометрического датчика.

Элементы управления "Тип питания датчика" и "ФВЧ" заблокированы в том случае, если выбрана схема "Потенциометр" или "Тензометр". В схеме "Потенциометр" датчик принудительно "запитывается" от источника напряжения, а в режиме "Тензометр" - от источника тока. Для того, чтобы разблокировать указанные элементы управления необходимо в диалог настройки тензометрического датчика выбрать схему отличную от "Потенциометр" и "Тензометр".

В поле "Входной диапазон" или в поле "k усиления" выбрать требуемый диапазон измерения или коэффициент усиления встроенного усилителя (при изменении значения одного из параметров, значение второго изменится автоматически). Физическая единица входного диапазона усилителя может быть выбрана в поле "Единицы". В поле "Тип датчика" будет автоматически установлен тип, соответствующий датчику, выбранному на вкладке "Датчик" в поле "Схема". Если в таблице коммутаций в составе измерительного канала отсутствует датчик, то в поле "Тип датчика" на вкладке "Встроенный усилитель" необходимо выбрать строку, соответствующую типу тензодатчика, подключенного к входу канала. Выбрать требуемый режим питания (возбуждения) тензодатчика: регулирование величины напряжения или тока. Ввести величину напряжения или тока и включить источник питания (возбуждения), установив метку "Питание датчика". Выбрать в поле "Нагрузка ист. пит." строку "Внешний разъем (датчик)", в полях "Тест. возбуждение" и "Калибровочный шунт" - строку "Выключено". При необходимости ограничить полосу измеряемого сигнала включить встроенный ФНЧ путем выбора частоты среза в поле "ФНЧ". Для измерения переменной составляющей входного сигнала включить встроенный ФВЧ, выбрав частоту среза в поле "ФВЧ".

Для работы с тензодатчиками предусмотрен ряд дополнительных возможностей, позволяющих проверять работоспособность и калибровать измерительные каналы. В частности, при выборе в поле "Источник сигнала", на вкладке "Встроенный усилитель" строки "Калибровочный уровень -5мВ" вход усилителя подключается к опорному уровню минус 5 мВ. При этом на выходе исправного канала оценка математического ожидания (отображается в режиме "Просмотр") не должна превышать величину равную минус 5 мВ с учетом допускаемой погрешности.

Для проверки или калибровки измерительных каналов могут быть применены встроенные шунты. Для включения шунта необходимо выбрать канал в таблице коммутаций и затем на вкладке "Встроенный усилитель" в поле "Калибровочный шунт" выбрать величину сопротивления шунта. При включении шунта на одном канале модуля, на других каналах данного модуля шунт автоматически отключается. Перед проведением измерений шунт необходимо выключить.

8.16.6 Вкладка "Модуль АЦП"

Во вкладке "Модуль АЦП", приведенной на Рис. 107, содержатся поля, необходимые, для более подробной настройки измерительного канала (в части АЦП).

Если включен встроенный усилитель, то значение параметра "Тип входа АЦП" устанавливается в "Недифф.", а "Питание ИСР" в "Выкл.". Оба параметра становятся недоступны к изменению.

Если разрядность отсчетов дискретизации установлена в 24 бит, то в файл, фактически, записываются отсчеты в 32-битном знаковом формате (4 байта). В этом случае доступен только один входной амплитудный диапазон ± 10 В. С учетом собственного шума канала модуля АЦП (СКЗ шума не более 30 мкВ), количество эффективных разрядов АЦП не превышает 20 бит. При работе с реальными датчиками, случайный шум всего измерительного канала (включая датчик) снижает число необходимых битов квантования до 17-18. Таким образом, при регистрации сигнала в 24-битном режиме, почти половина из 32-битного слова оказывается избыточной. Как следствие, замеры занимают вдвое больше места и дольше обрабатываются в программах пост-обработки.

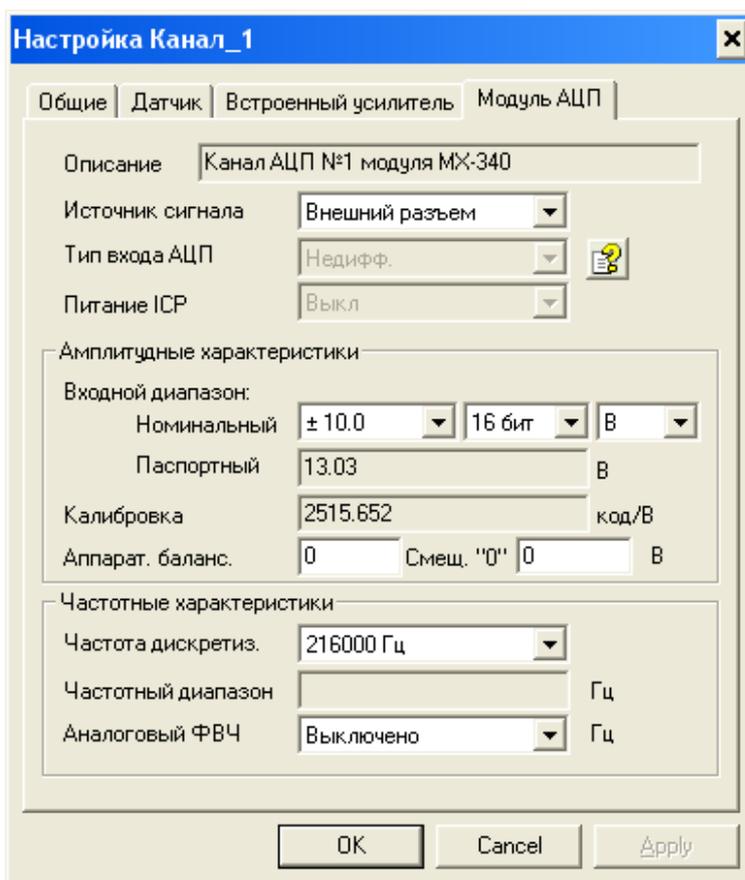


Рис. 107 - Настройка канала. Вкладка "Модуль АЦП".

Для оптимизации расходования дискового места и повышения быстродействия, более предпочтительным является 16-битный режим с набором амплитудных диапазонов. Т.к. аппаратно амплитудный диапазон всего один (± 10 В), амплитудные диапазоны образуются программно, путем деления исходного 24-битного диапазона на 2, 4, ...

8.16.7 Вкладка "Датчик"

Вкладка "Датчик" приведена на Рис. 108 и служит для подробной настройки измерительного канала в части тензометрического датчика.

Более подробно настройка и порядок работы тензометрического датчика описаны в разделе Приложения "Тензометрический датчик" настоящего РЭ.

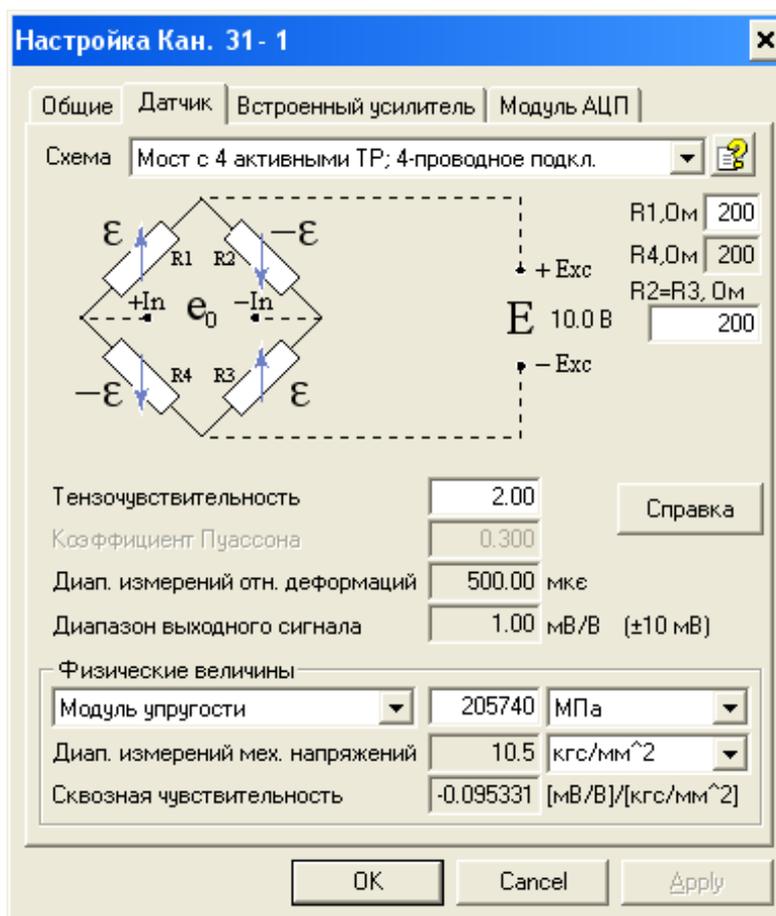


Рис. 108 - Настройка канала. Вкладка "Датчик".

8.17 Проверка настройки каналов

Для просмотра и проверки амплитудных и частотных характеристик измерительных каналов, получаемых в результате текущих настроек на вкладке "Каналы" окна "Настройка MR-300" выбрать вкладку "Отчет" в нижней части таблицы (См. Рис. 109). В отчете будут указаны частотные характеристики, входные и выходные диапазоны составляющих частей измерительных каналов. При этом будут автоматически выделены измерительные каналы, имеющие ошибочные или несоответствующие параметры, например, несоответствие входных и выходных диапазонов. Измерительные каналы с включенными диагностическими средствами, например, с включенными источниками опорного напряжения или встроенными калибраторами будут выделены цветом.

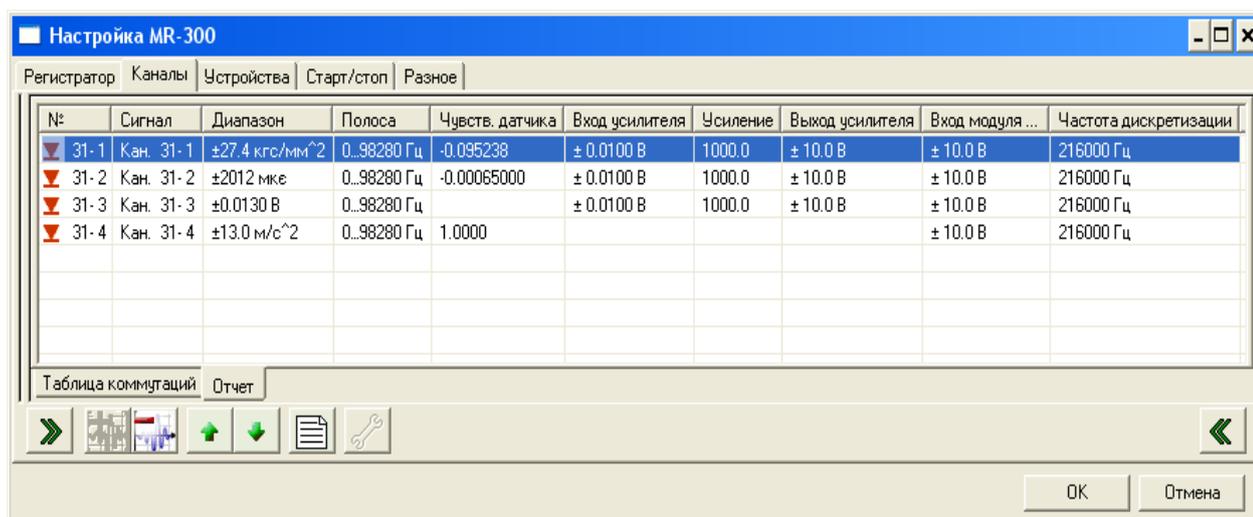


Рис. 109- Отчет о настройке измерительных каналов на вкладке "Каналы" окна "Настройка MR-300"

8.18 Балансировка каналов

Перед началом измерений рекомендуется производить балансировку измерительных каналов. Для автоматической балансировки (исключения начального смещения нуля) необходимо в таблице коммутаций выбрать каналы, которые требуется балансировать, обеспечить на входах каналов уровень, соответствующий нулю, и нажать кнопку "Балансировка" на вкладке "Общие". По завершении автоматической балансировки в поле "Аппарат. баланс." и в поле "Смещ. "0"" на вкладке "Встроенный усилитель" будут подставлены результирующие значения. После балансировки оценка математического ожидания, отображаемая в режиме "Просмотр" должна иметь значение близкое к нулю.

8.19 Проверка работоспособности

Проверка работоспособности каналов может быть произведена с использованием встроенных средств модуля.

8.19.1 Проверка работоспособности АЦП

Для проверки работоспособности АЦП каналов необходимо активировать вкладку "Каналы" окна "Настройка MR-300" и в таблице коммутаций выбрать один или несколько каналов, работоспособность которых требуется проверить. Затем справа от таблицы коммутаций открыть вкладку "Модуль АЦП", выбрать из списка "Источник сигнала" значение "Опорн. напряж. (4.096 В)", выбрать из списка "Входной диапазон" значение не менее "±6.0 В" и выключить ФВЧ, выбрав соответствующее значение из списка "Аналоговый ФВЧ". Нажать "ОК" для сохранения сделанных изменений и закрытия текущего окна. Запустить режим просмотра в главном окне программы при помощи нажатия соответствующей кнопки на панели управления. Оценка математического ожидания для всех проверяемых АЦП каналов должна быть равна 4,096 В ±0,1%, при условии, что каналы были предварительно сбалансированы. После завершения проверки работоспособности АЦП каналов, следует восстановить их настройки.

8.19.2 Проверка работоспособности встроенных усилителей - опорное напряжение -5 мВ

На вкладке "Встроенный усилитель" в списке "Источник сигнала" выбрать "Калибровочный уровень -5В". Предварительно необходимо выключить встроенный аналоговый ФВЧ тензометрического усилителя и отбалансировать канал, имея в качестве источника сигнала "Калибровочный модуль РХ1".

В режиме "Просмотр" проверить среднее значение. Должно быть -5 мВ.

8.19.3 Проверка работоспособности встроенных усилителей - имитатор датчика 200 Ом

Режим работает только при питании тензометрического датчика регулируемым током.

На вкладке "Встроенный усилитель" в списке "Источник сигнала" выбрать "Встроенный имитатор датчика 200 Ом". В опциях источника питания датчика выбрать требуемую величину тока питания датчика.

В режиме "Просмотр" проверить среднее значение. Напряжение должно быть равно $200 \text{ Ом} * I_{\text{пит}}$.

8.19.4 Проверка работоспособности тензометрического датчика встроенными шунтами

Для проверки работоспособности и калибровки один из встроенных шунтов Rш1 или Rш2 может быть подключен параллельно внешнему тензорезистору выбранного канала. Для этого следует использовать режим "Шунт 59,9 кОм" или "Шунт 174,4 кОм" (встроенный ФВЧ при этом необходимо выключить), либо "Динамический шунт 59,9 кОм (20 Гц)" и "Динамический шунт 174,4 кОм (20 Гц)" (ФВЧ можно не выключать).

Динамический шунт можно использовать во всех режимах включения тензометрических датчиков кроме режима "Тензометр". Постоянный шунт можно использовать в схемах "Мост", "Полумост", "Четвертьмост".

При использовании ТР номиналом 350 Ом и следующих схем:

- Четвертьмост, 2-х проводное подключение;
- Четвертьмост, 3-хпроводное подключение;
- Полумост с одним активным ТР, выход 1х;
- Мост с одним активным ТР, выход 1х;
- шунт 174,4 кОм соответствует относительной деформации 1001,4 мкм/м; при использовании тензорезистора номиналом 120 Ом, шунт 59,9 кОм соответствует относительной деформации 999,7 мкм/м.

При использовании ТР номиналом 350 Ом и следующих схем:

- Полумост с двумя активными ТР, выход 2х;
- Мост с двумя активными ТР в точках противофазной деформации, выход 2х;
- Мост с двумя активными ТР в точках синфазной деформации, выход 2х;
- шунт 174,4 кОм соответствует относительной деформации 500,7 мкм/м; при использовании тензорезистора номиналом 120 Ом, шунт 59,9 кОм соответствует относительной деформации 499,8 мкм/м.

При использовании ТР номиналом 350 Ом и схемы Мост с четырьмя активными ТР в точках противофазной деформации, выход 4х, шунт 174,4 кОм соответствует относительной деформации 250,4 мкм/м; при использовании тензорезистора номиналом 120 Ом шунт 59,9 кОм соответствует относительной деформации 249,9 мкм/м.

Если используется постоянный шунт, то необходимо предварительно при отключенном шунте выполнить балансировку канала, затем в режиме "ПРОСМОТР" регистрировать оценку среднего значения.

Если используется режим "Динамический шунт", то необходимо регистрировать значение оценки СКО. Оно будет совпадать со значением амплитуды меандра. Соответственно, удвоенное значение СКО будет равно размаху имитируемой относительной деформации.

8.20 Метрология

Для просмотра информации о калибровке необходимо выбрать модуль из списка на вкладке "Устройства" окна "Настройка MR-300" и открыть вкладку "Метрология" (см. рис. 110).

На вкладке "Метрология" отображаются диагностические сообщения, дата последней заводской калибровки модуля, текущие калибровки модуля, номиналы частот среза встроенных фильтров модуля, списки доступных режимов модуля, команды для работы с данными калибровок. Набор действий доступных для работы с калибровочными данными зависит от текущих прав доступа. Полный перечень калибровок и номиналов данного модуля можно увидеть в текстовом файле, предварительно создав его с помощью команды "Экспорт в текстовый файл"

Команда "Загрузить из заводских" служит для загрузки калибровок из ППЗУ модуля в файл текущих калибровок программы MR-300. Выполнение команды "Загрузить из заводских" требуется после перекалибровки модуля или получения сообщения о несовпадении данных файла текущих калибровок MR-300 и данных в ППЗУ модуля.

Команды "Экспорт в текстовый файл" и "Экспорт в бинарный файл" предназначены для сохранения текущих калибровок модуля в файл с целью сохранения и передачи производителю при возникновении проблем.

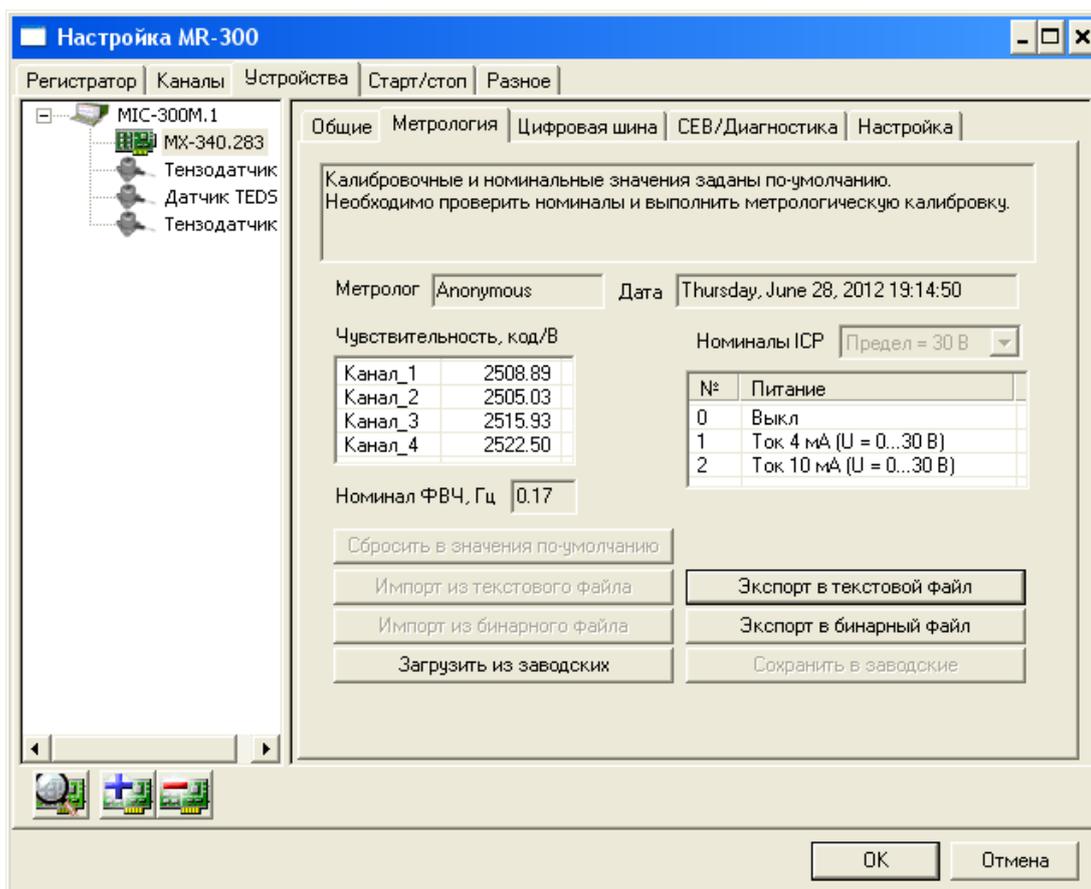


Рис. 110 - Настройка модуля. Вкладка "Метрология"

Методические рекомендации по поверке модуля приведены в [5].

8.21 Индикация состояний канала

Светодиодные индикаторы, установленные на передней панели модуля (поз.2 на Рис. 78) служат для индикации состояния каналов. После включения питания и загрузки ПО MR-300 индикаторы указывают состояние каналов в соответствии с таблицей 25.

Таблица 29- Индикация состояний канала

Состояние индикатора канала	Состояние канала
Зеленый	Питание тензодатчика в норме и уровень входного сигнала не превышает установленный входной диапазон усилителя
Красный	Перегрузка усилителя по входу (уровень входного сигнала превышает установленный входной диапазон усилителя) и обрыв в цепи питания тензодатчика
Желтый (Зеленый + Красный)	Перегрузка усилителя по входу и питание тензодатчика в норме.
Выключен	Обрыв в цепи питания тензодатчика и уровень входного сигнала не превышает установленный входной диапазон усилителя

Неисправности и методы их устранения

При обнаружении неисправностей, перечисленных в следующей таблице, ремонт производится силами обслуживающего персонала.

Таблица 30- Неисправности и методы их устранения

Описание неисправности	Возможная причина	Метод устранения
Индикатор состояния канала выключен	Обрыв кабеля	Проверить кабель
Канал не регистрирует данные в режиме ПРОСМОТР	Неправильно настроен источник тактовой частоты	Настроить на вкладке "Цифровые шины"
Канал не регистрирует данные в режиме ПРОСМОТР	Неправильно настроена линия SYNC	Настроить PXI-бриджи
Канал регистрирует "нулевой" сигнал	Не правильно выбран источник сигнала встроенного усилителя	Выбрать опцию "Внешний разъем (датчик)"
Канал регистрирует импульсный сигнал	Не отключен режим тестового возбуждения датчика	В опции "Тест. возбуждении" выбрать "Выключено"

При обнаружении неисправностей, не указанных в таблице, или механических повреждений разъемов и электронных компонентов, ремонт комплекса должны выполнять специалисты предприятия-изготовителя.

9 Описание модуля синхронизации MX-020

9.1 Назначение и область применения MX-020

Модуль синхронизации MX-020 предназначен для обеспечения проведения измерений, выполняемых MIC-553 PXI, в едином времени.

Модуль MX-020 устанавливается в слот синхронизации и назначается мастером на шине PXI для линий PXI_TRIG3 и PXI_TRIG7.

Функции модуля MX-020:

- Передача частоты 10 МГц внешнего источника для тактирования АЦП измерительных модулей крейта;
- Выдача строба синхронизации для крейта (сигнал SYNC);
- Контроль работы ФАПЧ, синхронизирующей генератор тактовой частоты крейта по внешнему источнику;
- Контроль состояния синхронизации модулей крейта.
- Управление модулем осуществляется средствами программы MR-300.

9.2 Технические характеристики модуля MX-020

Таблица 31- Основные технические характеристики

Характеристика	Значение
Номинальное значение опорной тактовой частоты (CLK Ref.)	10 МГц
Форматы поддерживаемого сигнала единого времени	CEB, IRIGb (B007)

9.3 Конструктивное исполнение модуля MX-020

Конструктивно модули MX-020 представляют собой печатную плату с закрепленной на ней передней панелью. На передней панели (поз.1 на Рис. 111) размещены:

- Два разъема типа BNC (поз.5):
- - «CAL» - вход эталонного сигнала внешнего источника для калибровки крейта,
- - «CLK REF» - для приема тактовой частоты 10 МГц от источника сигнала CEB/IRIGb (например, от модуля ME-020);
- Светодиодные индикаторы режимов работы (поз.2):
- - «TIME REF» - контроль регистрации сигнала CEB/IRIGb,
- - «CLK REF» - контроля значения входной тактовой частоты;
- Внешний разъем (поз.6) для подключения к источнику сигнала CEB/IRIGb (например, модулю ME-020).

Электрическое соединение интерфейсных цепей, цепей питания модуля и соответствующих цепей на общей шине крейта при установке модуля в слот обеспечивает интерфейсный разъем, расположенный на основной печатной плате модуля.

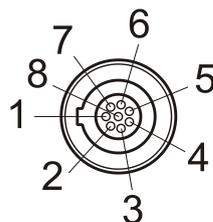
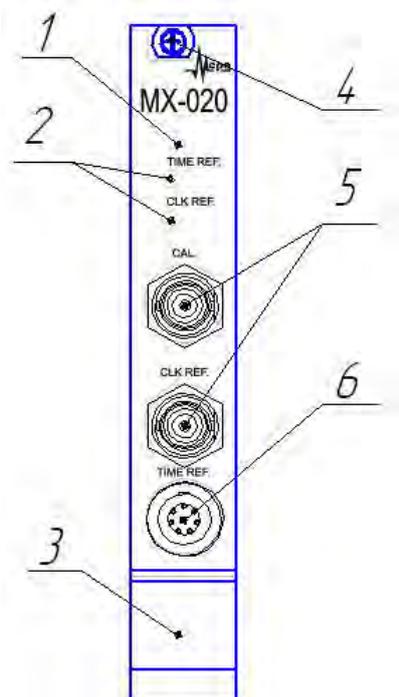


Рис. 111 - Вид на переднюю панель модуля MX-020

Рис. 112 - Расположение контактов разъема LEMO EGG.1B.308.CLL

Расположение контактов разъема LEMO EGG.1B.308.CLL (поз.6), приведено на Рис. 112. Назначение контактов разъема приведено в таблице Таблица 31.

Таблица 32 - Назначение контактов разъема LEMO EGG.1B.308.CLL

Внешний вид	Номер контакта	Цепь	Назначение
	1	СЕВ	Сигналы единого времени
	2	NO	Сигнал СТАРТ (Начало отсчета)
	3	PP	Сигнал ПУСК (Начало протяжки)
	7	СН	Резервный канал
	8	AGND	Общий контакт (земля) / Экран кабеля

* В качестве ответной части используется вилка LEMO FGG.1B.308.CLAD62.

9.4 Функциональная схема модуля MX-020

Функциональная схема модуля приведена на Рис. 105.

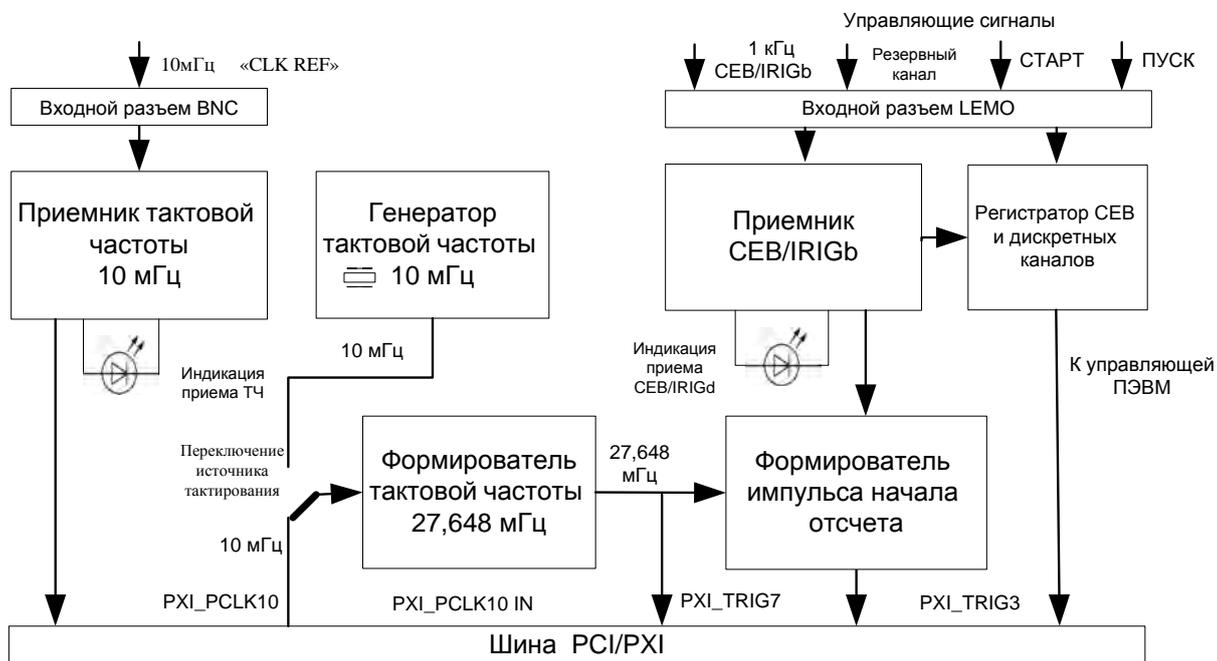


Рис. 113 – Функциональная схема модуля MX-020

9.5 Работа модуля MX-020

CLK на внешнем разъеме MX-020

MX-020 принимает тактовую частоту 10 МГц на вход «CLK REF» входного разъема и выдает ее на линию PXI PCLK10_IN (штатный режим работы). При этом BIOS модуля рассчитывает значение входной тактовой частоты и выводит его в диагностический диалог MR-300. Если значение входной тактовой частоты равно $10 \text{ МГц} \pm 1\%$, то BIOS зажигает светодиод «CLK REF.» зеленым цветом, в противном случае – красным.

BIOS может отключить выдачу частоты на линию PXI PCLK10_IN

Источником тактовой частоты 10 МГц, поступающей на вход «CLK REF.» входного разъема модуля MX-020 может являться синхронизационный модуль ME-020 (TTL-сигнал) либо выход «10 MHz REF OUT» PXI крейта (дифф. сигнал). Модуль MX-020 воспринимает оба формата сигнала.

Внутренний CLK

Штатным источником внутренней тактовой частоты (10 МГц) для тактирования каналов SEB/IRIGb и цифровых каналов является линия PCLK10 шины PXI. Резервным источником тактовой частоты (10 МГц) является отключаемый внутренний кварц. Переключение источников синхросигнала производится программой MR-300.

Тактовая частота поступает на синтезатор. Синтезированные частоты (27.648 МГц, 24.576 МГц, 16.000 МГц) тактируют счетчик измерительного времени и, опционально линии TRIG4 и TRIG7 шины PXI для тактирования измерительных модулей.

Входной канал «TIME REF.» (CEB / IRIGb)

BIOS модуля отвечает за регистрацию канала CEB/IRIGb, а также за индикацию состояния канала. Если сигнал CEB либо IRIGb нормально распознается, то светодиод «TIME REF.» «мигает» зеленым цветом с частотой 1 Гц. В противном случае – горит красным цветом.

По переднему фронту сигнала CEB/IRIGb процессор формирования импульса тактирования фиксирует текущее значение измерительного счетчика, которое затем вычитывается BIOSом.

Входные цифровые каналы

BIOS модуля отвечает за регистрацию двух TTL-совместимых каналов – СТАРТ и ПУСК, формируемых ПО MR-300 для управления программой регистрации.

Синхронизация функциональных модулей

Каждый функциональный модуль, установленный в крейт, имеет схему ФАПЧ, выделяющую частоту, необходимую для тактирования АЦП/ЦАП модуля.

Схема ФАПЧ имеет бит состояния «синхронизация», показывающий, засинхронизирован тактовый генератор крейта с внешним источником тактовой частоты. При отсутствии внешней тактовой частоты или срыве синхронизации горит красный светодиод на передней панели модуля. Программа регистрации модулей в MR-300 автоматически определяет мастером модуль синхронизации MX-020. Остальные DAQ-модули должны информировать программу, что не могут являться мастерами на шине.

9.6 Настройка MX-020

Инициализация модуля в MR-300.

Модуль MX-020 определяется в MR-300 автопоиском. При добавлении его в конфигурацию комплекса, он автоматически должен стать “master” платой, остальные модули - “slave”. Если автоматически не установился режим “master” (что возможно, если статус “master” был установлен для функционального модуля до инициализации MX-020), то необходимо установить режим “master” для MX-020 вручную, предварительно переведя все функциональные модули в режим “slave”.

Временная межканальная задержка между модулями, установленными в одном крейте не превышает 50 нсек.

Установить (изменить) статус модулей MISC вручную можно на вкладке «Общие» в окне «Устройства» MR-300 (см. Рис. 114).

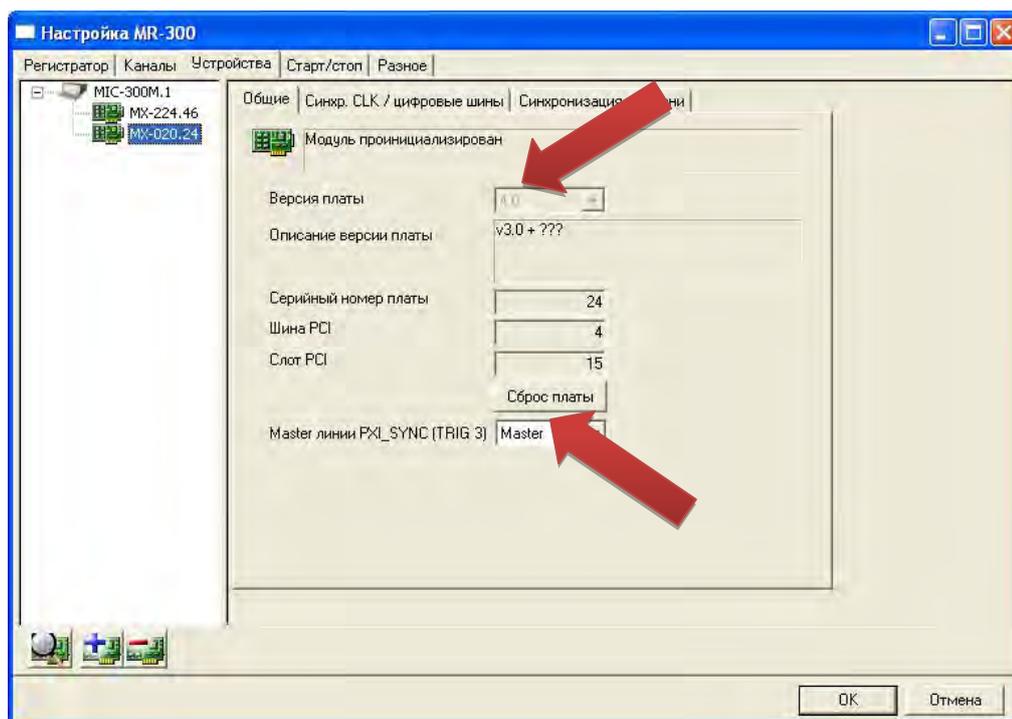


Рис. 114 - Инициализация модуля MX-020

Переключения источника тактирования

Переключение источника тактирования MX-020 с внутреннего (**10MHz**) на внешний (**P_CLK10**) и наоборот, можно произвести на вкладке «Синхр. CLK/цифровые шины» в окне «Устройства» MR-300 нажатием на кнопку переключения источника тактирования (см. Рис. 115, стрелка).

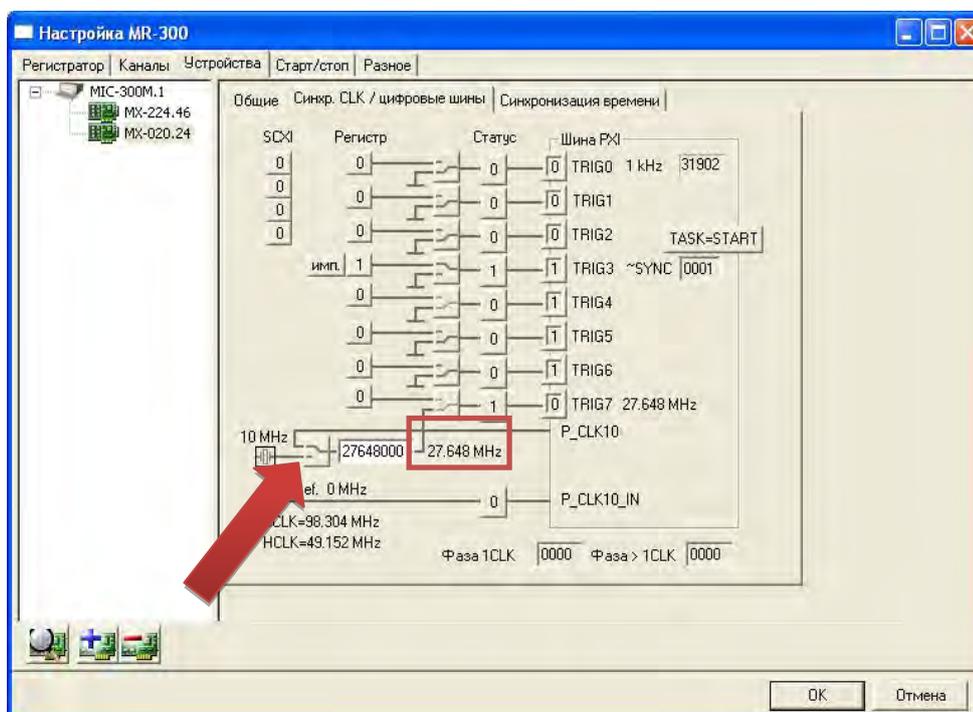


Рис. 115 - Переключение источника тактирования модуля MX-020

Тактирование модулей от линии PXI P_CLK10

Установить в крейт несколько измерительных модулей, добавить их в конфигурацию, предварительно убедившись, что они являются “slave”– платами, а MX-020 –“master”. Переключить тактирование платы на **PXI P_CLK10** (см. Рис. 115).

Разрешение выдачи внешнего CLK на линию PXI P_CLK10_IN производится кнопкой «0» (см. Рис. 116, правая стрелка).

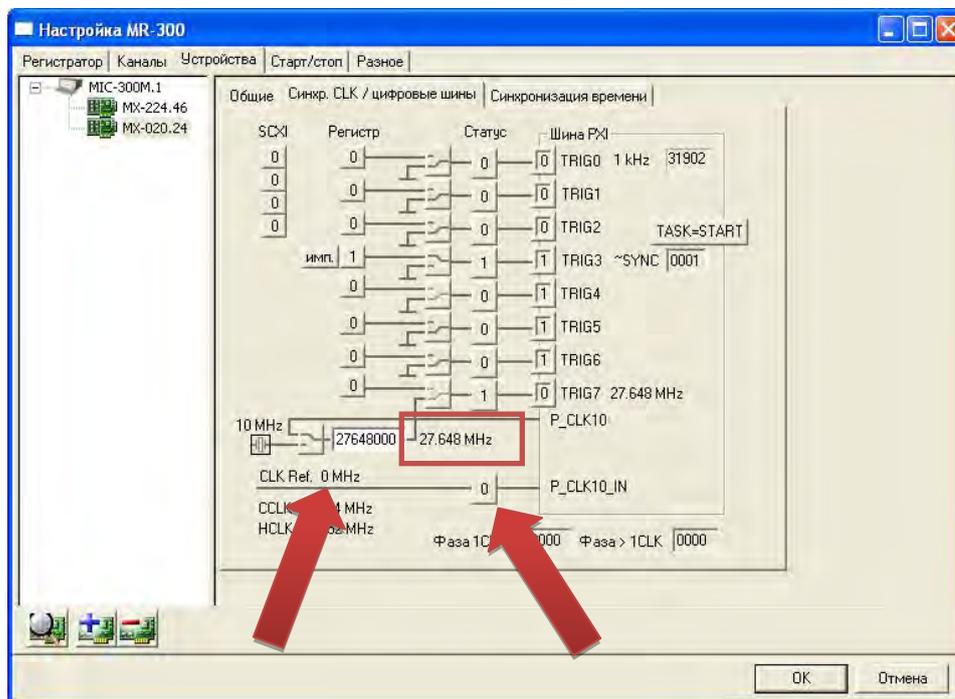


Рис. 116 - Включение тактирования от внешнего источника

Подключение СЕВ/IRIGb

К входному разъему модуля MX-020 подключается выход модуля ME-020.

Внешний источник 10 МГц (модуль ME-020 или иной источник) подключается к входу «CLK REF» на лицевой панели модуля ME-020.

Внешний источник 10 МГц может быть подключен и к входу IN 10 MHZ REF, что потребует выполнения соответствующих настроек в MR-300.

Установка модуля MX-020 в MIC-553 должна быть отражена в конфигурации измерительной системы (см. Рис. 108).

Подключение произведено правильно и схема синхронизации действует, если в окне счетчика прерываний во вкладке «Синхронизация времени» Регистратора MR-300 начался отсчет.

При этом светодиод «Time Ref» (первый сверху на лицевой панели модуля MX-020) должен мигать зеленым цветом с периодом 1 сек:

СЕВ – короткие импульсы,

IRIGb – импульсы со скважностью 0.5 сек.

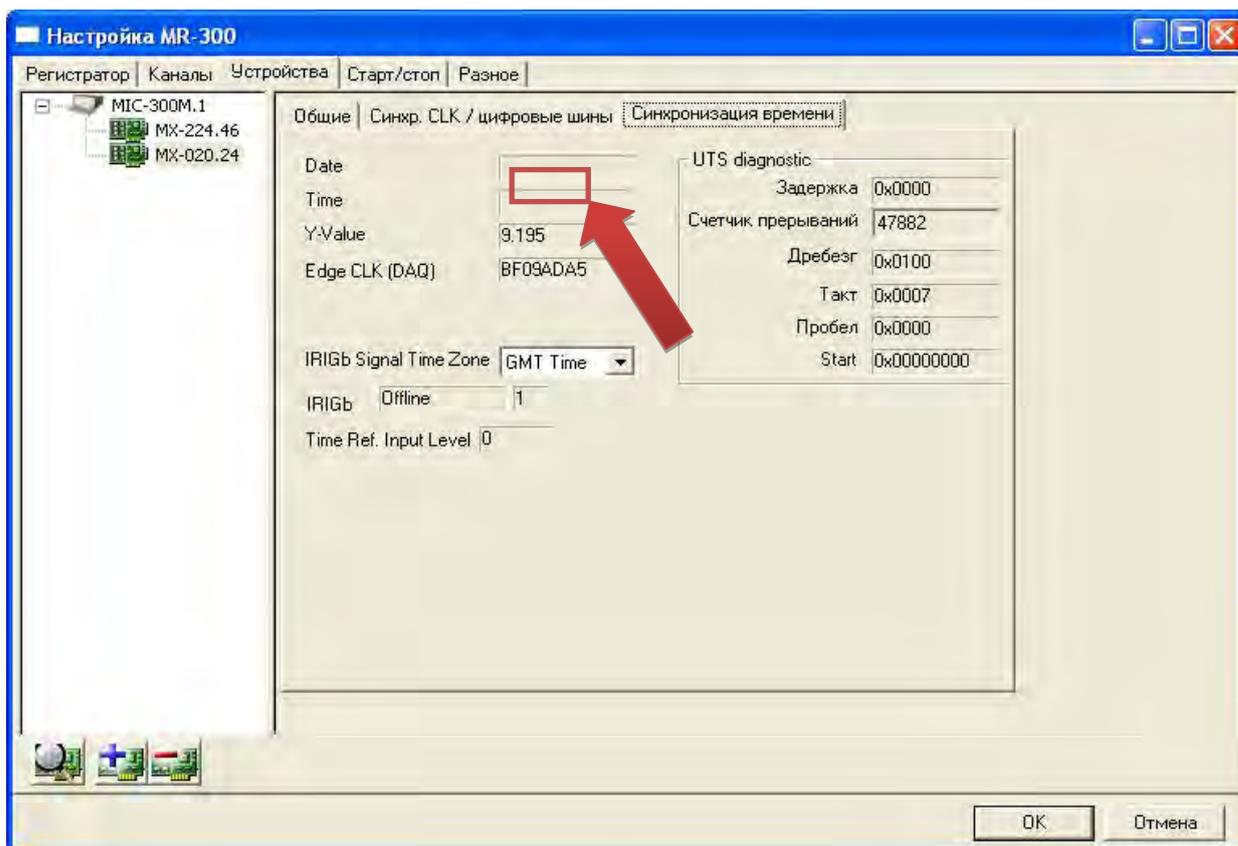


Рис. 117 - Настройка MX-020 в MIC-553

9.7 Синхронизация нескольких МІС

Для совместной обработки данных, зарегистрированных несколькими измерительными комплексами МІС, их крейты и модули должны быть засинхронизированы от общего модуля ME-020. Для этого, модуль MX-020 каждого МІС должен быть подключен к модулю ME-020 линией передачи сигналов СЕВ/ IRIGb и линией тактовой частоты 10 МГц (канал «CLK REF»).

Временная межканальная задержка между модулями, установленными в различные крейты не превышает 500 нсек.

Схема объединения нескольких комплексов МІС в систему измерений представлена на Рис. 118.

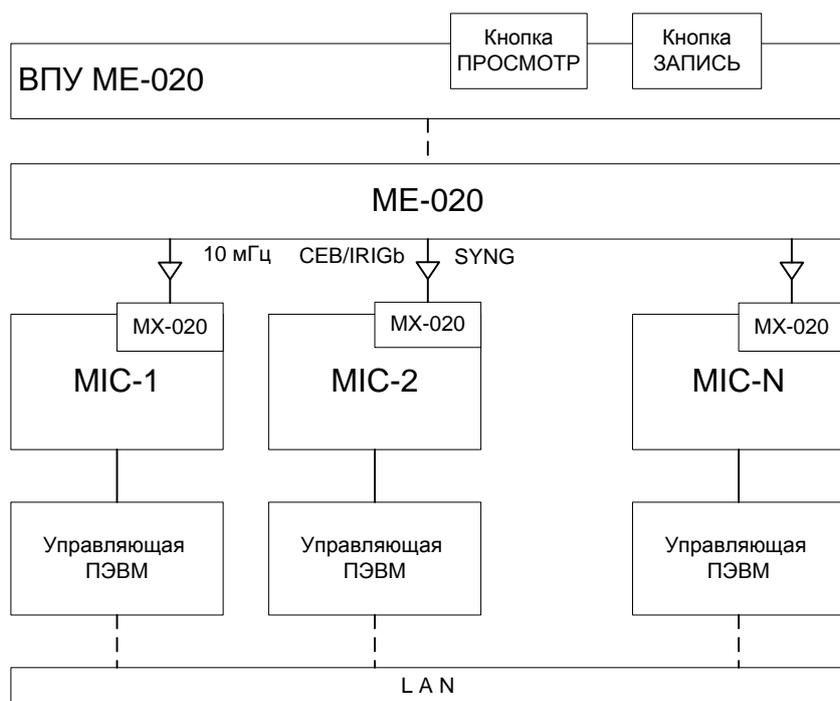


Рис. 118 - Синхронизация нескольких MIC

Синхронизация MIC-553 производится по стартовому импульсу начала измерений «SYNG», который формируется при каждом нажатии кнопок «ПРОСМОТР» и «ЗАПИСЬ» на «РС-панели» пульта МЕ-020, при условии, что управляющие компьютеры всех MIC включены в локальную сеть, как это показано на Рис. 110.

10 Техническое обслуживание

10.1 Общие указания

Техническое обслуживание комплекса сводится к соблюдению правил эксплуатации, хранения, транспортирования, изложенных в данном руководстве, к периодической проверке или калибровке ИК комплекса, проверке работоспособности комплекса и внешних устройств, проверке функционирования узлов и периферийных устройств ПЭВМ.

10.2 Требования к составу и квалификации обслуживающего персонала

К работе и техническому обслуживанию комплекса допускаются лица, имеющие квалификацию инженера, навыки работы с вычислительной техникой, изучившие настоящее руководство по эксплуатации и имеющие квалификационную группу по технике безопасности по работе с электрооборудованием напряжением до 1000В.

10.3 Порядок технического обслуживания

Виды технического обслуживания, необходимые для поддержания работоспособного состояния комплексов и их периодичность приведены в таблице 32.

Таблица 33- Виды технического обслуживания

Технического обслуживания	Периодичность	Метод устранения
Протирка поверхностей устройства	2 раза в год	Салфетки
Проверка внешних разъемов и кабельных соединений комплекса.	2 раза в год	Затяжка разъемов; При необходимости, ремонт или замена кабелей
Очистка воздушного фильтра крейта	По мере необходимости, но не реже 1 раза в год	Замена фильтрующей ткани на аналогичную (нетканый материал ФРНК с классом очистки G3) или стирка в теплой мыльной воде.

Один раз в год, а также при распаковке и после окончания гарантийного срока проводится контрольно-профилактический осмотр, при котором проверяются органы управления, надежность крепления узлов прибора, состояние лакокрасочных и гальванических покрытий прибора и производится продувка сухим воздухом узлов прибора с целью удаления пыли.

10.4 Проверка работоспособности

Проверка работоспособности ИК комплекса сводится к проверке работы ПО MR-300 и проверке работоспособности крейта, функциональных модулей и внешних устройств прибора штатными средствами ПО MR-300.

Проверка технических характеристик цифро-аналоговых преобразователей, блоков питания потенциометрических датчиков, источников тока, производится один раз в год в ходе проведения очередной поверки.

10.5 Поверка и калибровка

Модули, входящие в состав комплекса подлежат первичной поверке, а также, в зависимости от сферы применения, периодической поверке или калибровке. Методические рекомендации по поверке модуля МХ-340 изложены в [5]. Межповерочный интервал комплекса 1 год.

10.6 Перечень возможных неисправностей и ремонт

Неисправности, связанные с отсутствием питания идентифицируются по светодиодному индикатору и устраняются путем смены предохранителя (переключением автоматической защиты) или замены кабеля питания.

Неисправности, связанные с функционированием измерительных модулей и крейт контроллера, выявляются диагностическими функциями программ MR-300. Порядок действий по диагностике работы аппаратных средств комплекса приведен в [2]. Выявленные неисправности подлежат устранению предприятием-изготовителем.

При выявлении и устранении неисправностей, связанных с функционированием управляющей ПЭВМ, ее комплектующих и периферийных устройств, следует руководствоваться эксплуатационной документацией на указанные устройства и описанием работы используемой ОС. Неисправности ПЭВМ и периферийных устройств после истечения гарантийного срока устраняются пользователем.

В условиях эксплуатирующей организации комплекс ремонту не подлежит.

11 Хранение, консервация и расконсервация

Для длительного хранения комплекс должен размещаться в складских отапливаемых помещениях в штатной упаковке предприятия-изготовителя или аналогичной.

Комплекс следует хранить в отапливаемом хранилище в упаковке предприятия-изготовителя или аналогичной при температуре воздуха от +5С до +40С и относительной влажности до 80% при (+25С).

В помещениях для хранения комплексов содержание пыли, паров кислот и щелочей, агрессивных газов и других вредных примесей, вызывающих коррозию не должно превышать содержание коррозионных агентов для атмосферы.

При отправке с предприятия-изготовителя, при транспортировании всеми видами транспорта, а также при длительных перерывах в работе (более 3 месяцев) комплекс должен подвергаться консервации.

Перед упаковыванием комплекс следует укомплектовать, провести внешний осмотр и упаковать. Консервация (упаковка) должна обеспечивать сохраняемость комплекса при транспортировании и хранении. Консервация (упаковка) комплекса должна производиться с использованием упаковки предприятия-поставщика или аналогичной тары.

Модули комплекса, неустановленные в крейт должны храниться в отдельной упаковке в условиях, аналогичным условиям хранения крейт комплекса.

Расконсервация заключается в распаковывании комплекса, проверке комплектности и работоспособности. Расконсервации (распаковыванию) подлежит комплекс, который должен быть введен в эксплуатацию.

О консервации и расконсервации комплекса и времени хранения необходимо сделать запись в паспорте на изделие.

12 Транспортирование

Комплекс может транспортироваться автомобильным, воздушным транспортом (в герметичных отсеках), водным и железнодорожным транспортом.

Перед транспортированием комплекс должна быть проведена упаковка в соответствии с п. 1.1.7 настоящего РЭ.

Подготовка к транспортированию:

Законсервировать комплекс согласно разделу 4 настоящего РЭ.

Законсервированные составные части комплекса упаковать согласно ведомости упаковки.

Упакованные коробки должны транспортироваться в контейнерах или закрытых помещениях (вагонах).

13 Утилизация

Компоненты, из которых изготовлен комплекс - после окончания срока эксплуатации не представляет опасности для жизни, здоровья людей и окружающей среды.

При утилизации технических средств могут быть использованы типовые методы, применяемые для этих целей к изделиям электронной техники.

Перечень ссылочных документов

Таблица 34- Перечень ссылочных документов

	Обозначение	Наименование
1	ГОСТ 52931-2008	Приборы контроля и регулирования технологических процессов
2	MR-300	Программа для регистрации и экспресс обработки сигналов MR-300 Руководство пользователя, ред. 2.9
3	Recorder	Recorder. Руководство пользователя
4	WinПОС	WinПОС Руководство пользователя
5	МХ-340	МХ-340. Модуль измерения динамических сигналов с тензоусилителем. Методические рекомендации по поверке

Приложение 1. Рекомендации по применению PXI модулей

Вид измерений (существенные условия измерений)	MX-224 Универсальный модуль для динамических измерений	MX-240 Модуль со встроенным усилителем-преобразователем заряда	MX-310 Модуль для динамических тензоизмерений	MX-340 Модуль для статодинамических тензоизмерений
Основные характеристики	4 канала с независимыми АЦП, Разрядность преобразования АЦП 24 бит			
Амплитудный диапазон Со встроенным усилителем	$\pm 0,188 \dots 10\text{В}$	$\pm 0,188 \dots 10\text{В}$ $\pm 10 \dots 100000\text{пКл}$	$\pm 0,188 \dots 10\text{В}$ $\pm 10 \dots 100\text{мВ}$	$\pm 1\text{мВ} \dots \pm 10\text{В}$ $1\text{мВ} \dots 10\text{В}$
Частотный диапазон	0 ... 100кГц	0,3 ... 100кГц	10Гц ... 100кГц	0 ... 100кГц
Тип входа:	Поддержка типа входа			
- одиночный тензорезистор			+	+
- потенциометр				+
- четвертьмост (2 и 3-проводное подключение)				+
- полумост (3 и 5-проводное подключение)				+
- мост (4 и 6-проводное подключение)				+
- дифференциальный вход по напряжению	+	+	+	+
- недифференциальный вход по напряжению	+	+	+	+
- недифференциальный вход по напряжению с питанием датчика типа ICP	+	+	+	+
- дифференциальный вход по заряду;		+		

- недифференциальный вход по заряду;		+		
Измерение параметров физических процессов	Рекомендуемое применение модулей			
	MX-224	MX-240	MX-310	MX-340
Электрические напряжения	+			
Параметры вибраций и ударов	С датчиком ICP	Пьезодатчики		
Давление			+	+
Пульсации давлений	С датчиком ICP	Пьезодатчики	Тензодатчики	Тензодатчики
Динамические деформации	С датчиком ICP		+	+
Акустические шумы	С внешним усилителем	+		
Перемещения				+
Деформации				+
Механическое напряжение			+	+
Сила			+	+

Примечание: Указание типа датчика является ограничением при применении модуля для измерения параметра.

Приложение 2. Схемы включения тензорезисторов

Основные схемы включения тензорезисторов в измерительные схемы, поддерживаемые МІС-553 РХІ

Схемы включения	Питание		Виды измерений			№№ рисунков схем
	Напряже- нием	Током	Сжатие- растяже- ние	Изгиб	Круче- ние	
Четвертьмост; 2-проводное подключение	X	X	X	X		Рис. 120
Четвертьмост; 3-проводное подключение	X		X	X		Рис. 123
Потенциометр	X		X	X		Рис. 124
Тензомер		X	X	X		Рис. 129
Полумост с одним активным ТР; 3-проводное подключение	X	X	X	X		Рис. 133
Полумост с одним активным ТР; 5-проводное подключение	X		X	X		Рис. 134
Полумост с двумя активными ТР; 3-проводное подключение. Выход (1+v)	X	X	X	X		Рис. 139
Полумост с двумя активными ТР; 5-проводное подключение. Выход (1+v)	X		X	X		Рис. 140
Полумост с двумя активными ТР; 3-проводное подключение. Выход 2x	X	X		X	X	Рис. 143
Полумост с двумя активными ТР; 5-проводное подключение. Выход 2x	X			X	X	Рис. 144
Мост с одним активным тензорезистором; 4-проводное подключение. Выход 1x	X	X	X	X		Рис. 147
Мост с одним активным тензорезистором; 6-проводное подключение. Выход 1x	X		X	X		Рис. 148
Мост с двумя активными ТР; 4-проводное подключение. Выход (1+v)	X	X	X	X		Рис. 149
Мост с двумя активными ТР; 6-проводное подключение. Выход (1+v)	X		X	X		Рис. 150
Мост с двумя активными ТР в точках противофазной деформации; 4-проводное подключение. Выход 2x	X	X	X	X		Рис. 151
Мост с двумя активными ТР в точках противофазной деформации; 6-проводное подключение. Выход 2x	X			X		Рис. 152
Мост с двумя активными ТР в точках синфазной деформации; 4-проводное подключение. Выход 2x	X	X		X		Рис. 153
Мост с двумя активными ТР в точках синфазной деформации; 6-проводное подключение. Выход 2x	X		X	X		Рис. 154
Мост с четырьмя активными ТР в точках синфазной деформации; 4-проводное	X	X	X			Рис. 158

подключение. Выход 2·(1+v)						
Мост с четырьмя активными ТР в точках синфазной деформации; 6-проводное подключение. Выход 2·(1+v)	X		X	X		Рис. 159
Мост с четырьмя активными ТР в точках противофазной деформации; 4-проводное подключение. Выход 2·(1+v)	X	X		X		Рис. 161
Мост с четырьмя активными ТР в точках противофазной деформации; 6-проводное подключение. Выход 2·(1+v)	X			X		Рис. 162
Мост с четырьмя активными ТР; 4-проводное подключение. Выход 4х	X	X		X	X	Рис. 164
Мост с четырьмя активными ТР; 6-проводное подключение. Выход 4х	X			X	X	Рис. 165

Конкретная схема и режим питания (ток/напряжение) выбирается, как по **эксплуатационным параметрам**, в том числе:

- число доступных проводов в кабельной линии,
- количество доступных контактов токосъемника,
- доступность размещения компенсационных тензорезисторов,
- особенности конструктивного исполнения имеющихся тензодатчиков,
- ожидаемый диапазон деформаций конструкции,

так и по метрологическим характеристикам, в том числе:

- допуск на суммарную погрешность измерений деформации,
- допуск на температурный дрейф чувствительности,
- допуск на температурный дрейф нуля,
- допуск на нелинейность коэффициента чувствительности.

Частично, погрешности, вызванные температурным изменением сопротивления тензодатчика и температурным расширением материала, можно устранить, используя термокомпенсированные тензорезисторы.

На приведенных ниже схемах, соединительные провода, между тензодатчиком и тензометрическим усилителем, обозначены пунктирными линиями.

E в приведенных электрических схемах подключения тензодатчиков обозначает параметр источника питания датчика, которые в зависимости от типа питания может принимать значение U , при питании регулируемым напряжением, или I , при питании регулируемым током.

Далее в тексте, как и в диалоге настройки программы MR-300 принята нумерация плеч моста, приведенная на Рис. 119.

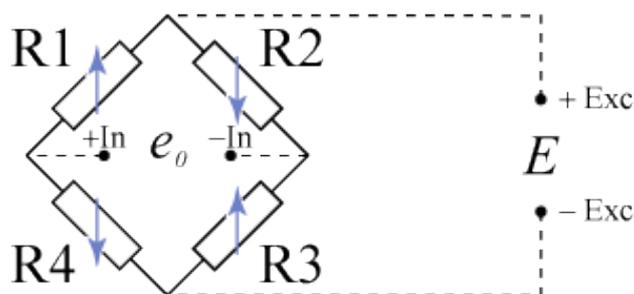


Рис. 119 - Нумерация сопротивлений моста.

В тексте приложения, как и в диалоге настройки программы MR-300 положительная деформация ϵ соответствует растяжению материала, отрицательная - сжатию материала.

В формулах расчета Относительного выходного напряжения измерительных схем приняты следующие обозначения:

e_0 - выходное напряжение тензодатчика в мВ, при заданной деформации ϵ ,

U - напряжение питания тензодатчика в В,

I - ток питания тензодатчика в мА,

R - сопротивление тензорезистора в Ом,

F - коэффициент тензочувствительности,

ϵ - деформация в мкм/м,

ν - коэффициент Пуассона,

η - нелинейность

Четвертьмост; 2-проводное подключение

Тензорезистор, включенный в схему измерительного четвертьмоста, приведенного на Рис. 120 - Двухпроводная схема подключения (питание источником напряжения или тока). может быть применена для измерения следующих деформаций:

- одноосевая деформация (растяжение/сжатие). Схема наклейки на Рис. 121;
- изгибная поверхностная деформация. Схема наклейки на Рис. 122.

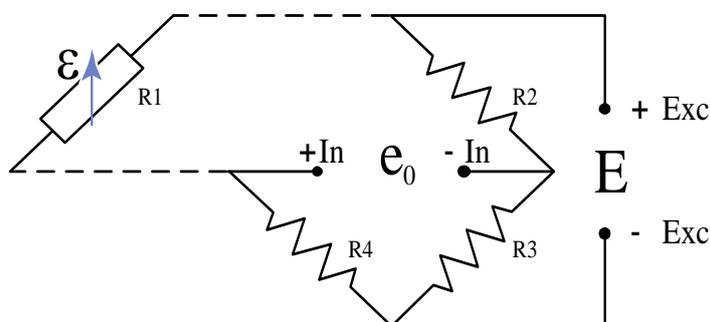


Рис. 120 - Двухпроводная схема подключения (питание источником напряжения или тока).

Данная схема подключения характеризуется наличием следующих погрешностей измерений:

- Дрейф коэффициента чувствительности, вызванный, температурным изменением сопротивления тензорезистора и кабельной линии (погрешность измерения динамической составляющей). Принято, что кабельные линии входят в состав тензодатчика и их сопротивление указывается в настройках тензодатчика.
- Дрейф нуля, вызванный, температурным изменением сопротивления тензорезистора и кабельной линии (погрешность измерения статической составляющей).
- Дрейф нуля, вызванный, температурным расширением материала конструкции (погрешность измерения статической составляющей).
- Функция преобразования (деформация \rightarrow напряжение) имеет нелинейность (см. ниже).

При питании регулируемым током, отсутствует дрейф коэффициента чувствительности, вызванный температурным изменением сопротивления кабельной линии. А также отсутствует необходимость учитывать сопротивление проводов между тензодатчиком и усилителем. Поэтому двухпроводная схема используется, преимущественно, в режиме питания регулируемым током.

Схема наклейки тензорезисторов для измерения деформаций растяжения/сжатия показана на Рис. 121. Активный тензорезистор монтируется на деформируемую конструкцию вдоль оси растяжения-сжатия. Деформации изгиба должны быть минимальными, т.к. они вызывают искажения результатов измерений.

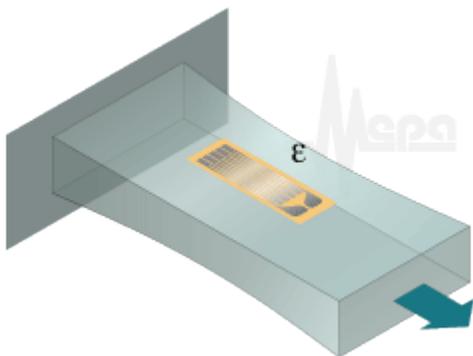


Рис. 121 - Схема наклейки ТР для измерения деформаций сжатия/растяжения.

Схема наклейки тензорезисторов для измерения деформаций изгиба показана на Рис. 122. Деформации растяжения/сжатия должны быть минимальными, т.к. они вызывают искажения результатов измерений.

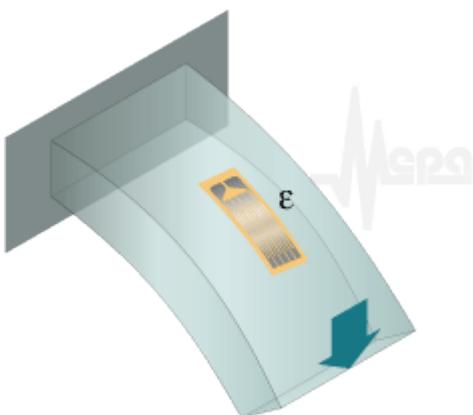


Рис. 122 - Схема наклейки ТР для измерения деформаций изгиба.

Четвертьмост; 3-проводное подключение

Трехпроводное подключение четвертьмоста (см. Рис. 123) имеет свойства, аналогичные двухпроводному подключению (с питанием напряжением), но при этом позволяет исключить смещение нуля, вызванного ненулевым сопротивлением проводящих линий и температурный дрейф нуля при питании регулируемым напряжением.

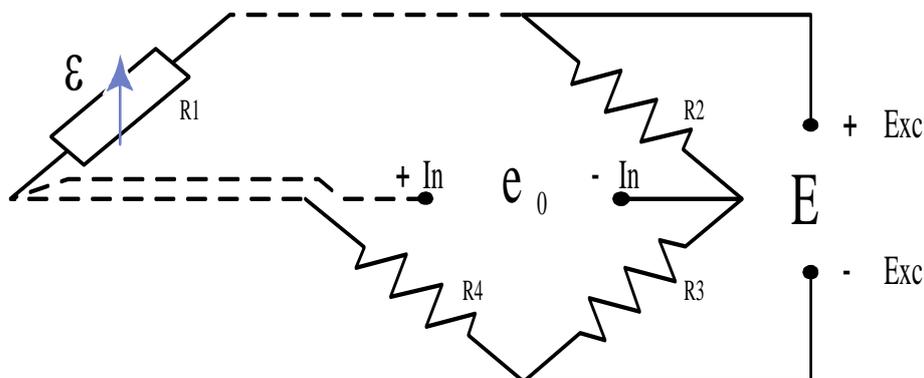


Рис. 123 - Трехпроводная схема подключения (питание напряжением).

Относительное выходное напряжение приведенных схем подключения четвертьмоста определяется выражениями	
при питании напряжением	при питании током
$\frac{e_0}{U} = -\frac{F\varepsilon \cdot 10^{-3}}{4} \cdot (1-\eta), \text{ где}$ $\eta = \frac{F\varepsilon \cdot 10^{-6}}{2+F\varepsilon \cdot 10^{-6}}$	$\frac{e_0}{I} = -\frac{RF\varepsilon \cdot 10^{-6}}{4} \cdot (1-\eta), \text{ где}$ $\eta = \frac{F\varepsilon \cdot 10^{-6}}{4+F\varepsilon \cdot 10^{-6}}$

Полумостовое и четвертьмостовое дополнения конструктивно размещены в тензометрическом усилителе и коммутируются при выборе данной схемы. Номинал сопротивления тензодатчика (R1) должен соответствовать четвертьмостовому дополнению в усилителе (R4). Начальное смещение нуля, вызванное несоответствием тензорезистора и четвертьмостового дополнения должно быть меньшим, чем диапазон балансировки тензометрического усилителя.

Если начальный разбаланс превышает диапазон балансировки усилителя, то рекомендуется использовать схему "Тензометр" или "Потенциометр".

Потенциометр

Потенциометрическая схема включения тензодатчика (см. Рис. 124) применяется в случаях, когда сопротивление тензорезистора существенно отличается от номинала четвертьмостового дополнения в усилителе и не требуется измерений статических деформаций.

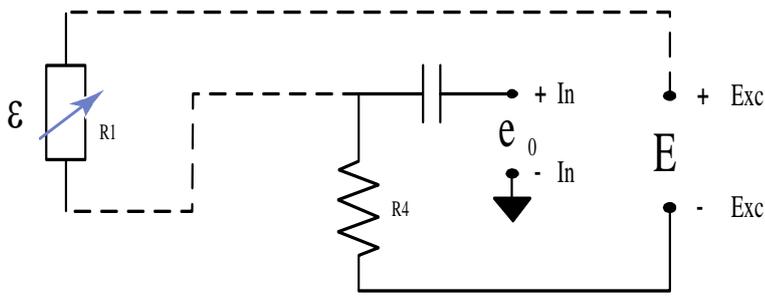


Рис. 124 - Схема подключения потенциометра (питание напряжением).

Питание потенциометрической схемы осуществляется регулируемым напряжением (при необходимости питания током, используется схема "Тензометр").

Питание регулируемым напряжением имеет преимущество над питанием током, например, при тензометрировании роторных изделий, когда используется щеточный токосъемник. При питании током, кратковременные разрывы цепи в токосъемнике приводят к скачкам питания и, таким образом, к существенным импульсным помехам. В остальных случаях рекомендуется использовать схему "Тензометр".

Данная схема подключения характеризуется наличием следующих погрешностей измерений.

- Дрейф коэффициента чувствительности, вызванный, температурным изменением сопротивления тензорезистора и кабельной линии (погрешность измерения динамической составляющей).
- Функция преобразования (деформация \rightarrow напряжение) имеет нелинейность (см. ниже).

Дрейф нуля, вызванный такими факторами как температурное изменение сопротивления тензорезистора и кабельной линии, температурным расширением материала конструкции, не имеет значения, т.к. схема предназначена для измерения только динамических деформаций. Статическая составляющая отсекается с помощью аналогового ФВЧ.

Схемы наклейки тензорезисторов для измерения деформаций растяжения/сжатия показаны на рисунках 125 и 126. Активный тензорезистор монтируется на деформируемую конструкцию вдоль оси растяжения-сжатия.

Схема, приведенная на Рис. 125 чувствительна к деформациям изгиба, поэтому она должна применяться при их отсутствии.

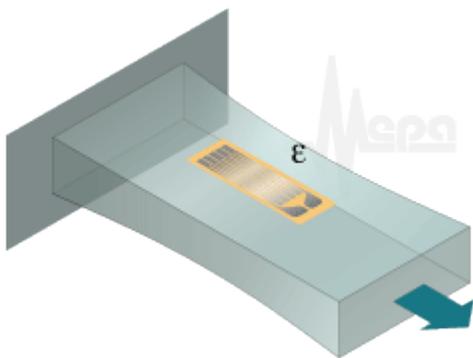


Рис. 125 - Схема наклейки ТР для измерения деформаций сжатия/растяжения.

Схема, приведенная на Рис. 126, обеспечивает компенсацию деформаций изгиба и, таким образом, нечувствительна к изгибным деформациям. См. пояснение на Рис. 127.

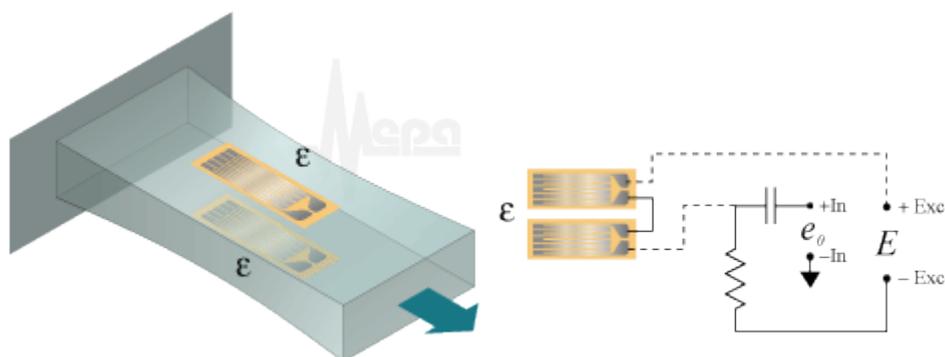


Рис. 126 - Схема наклейки ТР для измерения деформаций сжатия/растяжения.

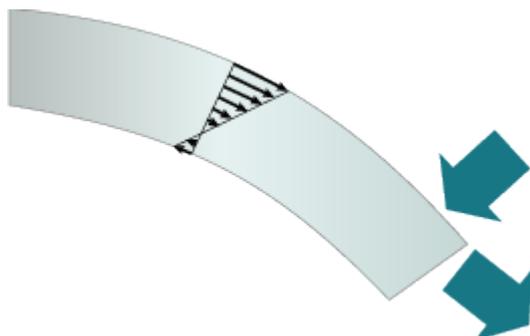


Рис. 127 - Распределение напряжений при воздействии изгибающей и растягивающей сил.

Схема наклейки тензорезисторов для измерения деформаций изгиба показана на Рис. 128. Деформации растяжения/сжатия должны быть минимальными, т.к. они вызывают искажения результатов измерений.

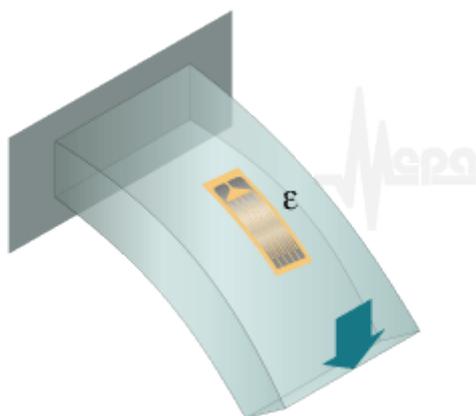


Рис. 128 - Схема наклейки ТР для измерения деформаций изгиба.

Тензометр

Схема "Тензометр" - одиночный тензорезистор (см. Рис. 129) применяется в случаях, когда сопротивление тензорезистора существенно отличается от номинала четвертьмостового дополнения в усилителе и не требуется измерений статических деформаций.

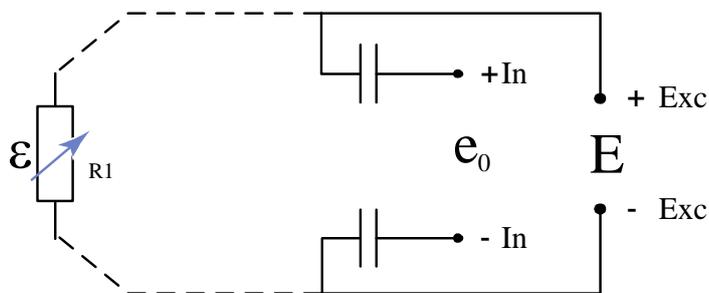


Рис. 129 - Схема подключения тензометра (питание током).

Питание схемы осуществляется регулируемым током.

Данная схема подключения характеризуется наличием следующих погрешностей измерений:

- Дрейф коэффициента чувствительности, вызванный, температурным изменением сопротивления тензорезистора (погрешность измерения динамической составляющей). Минимизируется применением термокомпенсированных тензорезисторов;
- Функция преобразования (деформация \rightarrow напряжение) имеет нелинейность.

Дрейф нуля, вызванный такими факторами как температурное изменение сопротивления тензорезистора и кабельной линии, температурным расширением материала конструкции, не имеет значения, т.к. схема предназначена для измерения только динамических деформаций. Статическая составляющая отсекается с помощью аналогового ФВЧ.

Схемы наклейки тензорезисторов для измерения деформаций растяжения/сжатия показаны на рисунках 130 и 131. Активный тензорезистор монтируется на деформируемую конструкцию вдоль оси растяжения-сжатия.

Схема, приведенная на Рис. 130 чувствительна к деформациям изгиба, поэтому она должна применяться при их отсутствии.

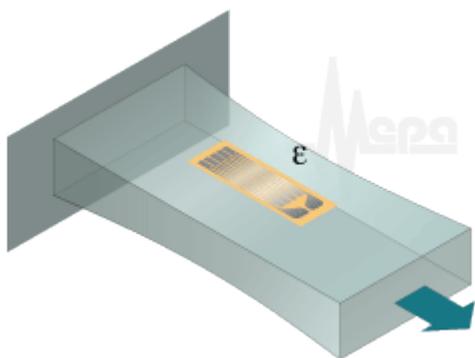


Рис. 130 - Схема наклейки ТР для измерения деформаций сжатия/растяжения.

Схема, приведенная на Рис. 123, обеспечивает компенсацию деформаций изгиба и, таким образом, нечувствительна к изгибным деформациям.

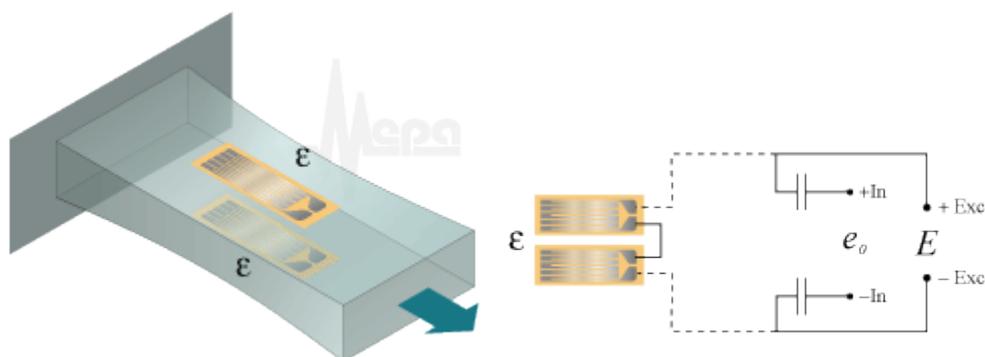


Рис. 131 - Схема наклейки ТР для измерения деформаций сжатия/растяжения.

Схема наклейки тензорезисторов для измерения деформаций изгиба показана на Рис. 132. Деформации растяжения/сжатия должны быть минимальными, т.к. они вызывают искажения результатов измерений.

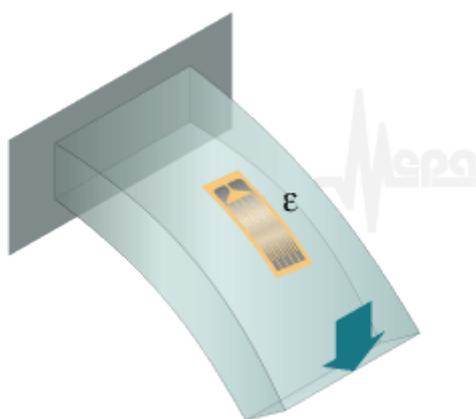


Рис. 132 - Схема наклейки ТР для измерения деформаций изгиба.

Полумост с одним активным тензорезистором. Выход 1х

Полумостовые схемы с одним активным тензорезистором, приведенные на рисунках Рис. 133 и Рис. 134, могут быть применены для измерения следующих деформаций:

- одноосевая деформация (растяжение/сжатие). Схемы наклейки на рисунках Рис. 135 и Рис. 137;
- изгибная поверхностная деформация. Схемы наклейки на рисунках Рис. 136 и Рис. 138.

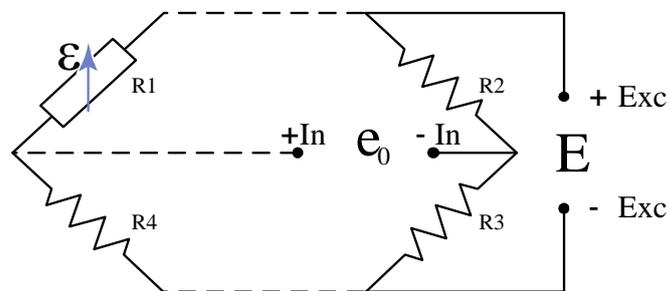


Рис. 133 - Трехпроводная схема подключения (питание напряжением или током).

При питании регулируемым напряжением, схема, представленная на Рис. 133, характеризуется наличием следующих погрешностей измерений:

- Погрешность коэффициента чувствительности, вызванная ненулевым сопротивлением проводящих линий.

- Дрейф коэффициента чувствительности, вызванный, температурным изменением сопротивления тензорезистора и кабельной линии (погрешность измерения динамической составляющей).
- Функция преобразования (деформация \rightarrow напряжение) имеет нелинейность (см. ниже).

При питании регулируемым током, схема, представленная на Рис. 133, характеризуется только наличием нелинейности функции преобразования деформация \rightarrow напряжение (см. ниже).

5-проводная схема, представленная на Рис. 134, предназначена для варианта питания регулируемым напряжением и характеризуется только наличием нелинейности функции преобразования деформация \rightarrow напряжение (см. ниже).

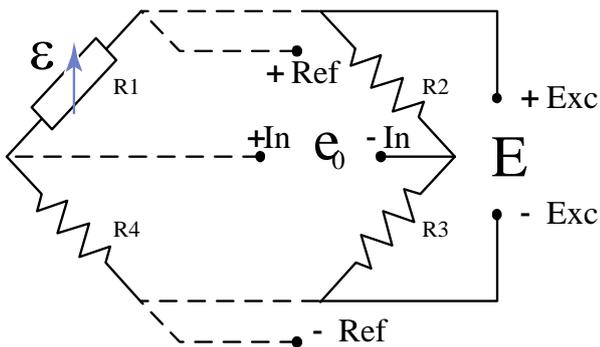


Рис. 134 - Пятипроводная схема подключения (питание напряжением).

Схемы отличаются от четвертьмостовых возможностью термокомпенсации (в качестве термокомпенсирующего резистора используется тензорезистор, наклеенный вблизи активного тензорезистора на недеформируемую поверхность, имеющую идентичный температурный режим). См. рисунки 135 и 136.

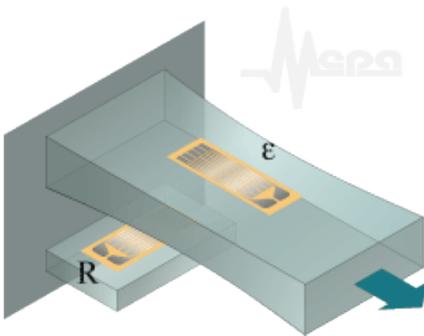


Рис. 135 - Схема наклейки активного и компенсационного ТР для измерения деформаций сжатия/растяжения.

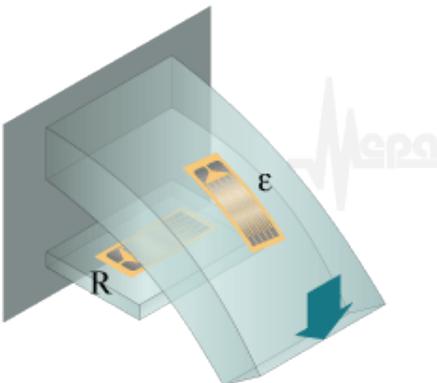


Рис. 136 - Схема наклейки активного и компенсационного ТР для измерения деформаций изгиба.

Другое назначение схемы - использование тензорезисторов с нестандартным номинальным сопротивлением. Включение такого ТР в четвертьмостовую схему не рекомендуется из-за превышения диапазона балансировки тензометрического усилителя. В таком случае постоянный резистор R4 подбирают равным номиналу тензорезистора. Данное применение не обеспечивает термокомпенсацию, предпочтительно, если используется термокомпенсированный тензорезистор и имеет свойства аналогичные четвертьмостовому подключению.

Схема наклейки тензорезисторов, в таком применении, для измерения деформаций растяжения/сжатия показана на Рис. 137. Активный тензорезистор монтируется на деформируемую конструкцию вдоль оси растяжения-сжатия. Деформации изгиба должны быть минимальными, т.к. они вызывают искажения результатов измерений.

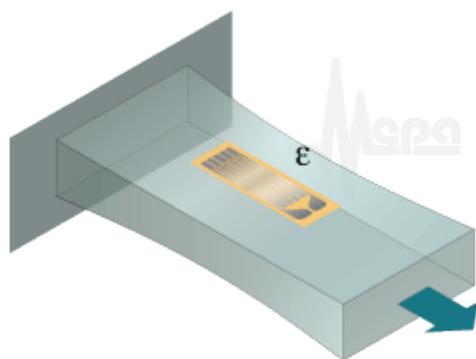


Рис. 137 - Схема наклейки ТР для измерения деформаций сжатия/растяжения.

Схема наклейки тензорезисторов для измерения деформаций изгиба показана на Рис. 138. Деформации растяжения/сжатия должны быть минимальными, т.к. они вызывают искажения результатов измерений.

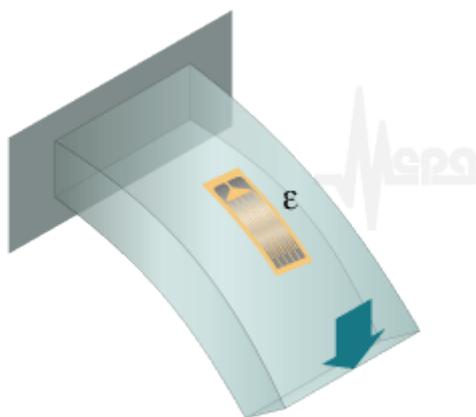


Рис. 138 - Схема наклейки ТР для измерения деформаций изгиба.

Относительное выходное напряжение полумоста с одним тензорезистором определяется, так же как и в четвертьмостовых схемах.

Полумост с двумя активными ТР. Выход (1+v)

Полумостовые схемы с одним активным и одним компенсационным ТР, приведенные на рисунках 139 и 140, могут быть применены для измерения следующих деформаций:

- одноосевая деформация (растяжение/сжатие). Схема наклейки на Рис. 141;
- изгибная поверхностная деформация. Схема наклейки на Рис. 142.

Активный тензорезистор монтируется на деформируемую конструкцию вдоль оси растяжения-сжатия, а компенсационный - перпендикулярно активному, на той же деформируемой конструкции.

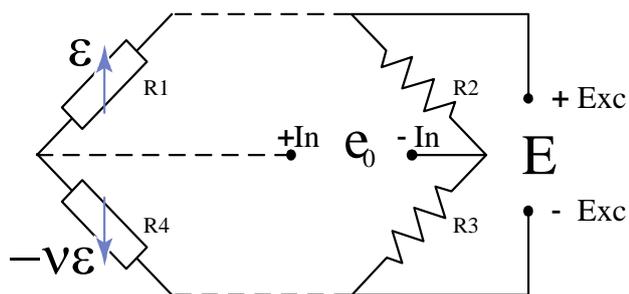


Рис. 139 - Трехпроводная схема подключения (питание напряжением или током).

При питании регулируемым напряжением, схема, представленная на Рис. 139, характеризуется наличием следующих погрешностей измерений:

- Погрешность коэффициента чувствительности, вызванная ненулевым сопротивлением проводящих линий;
- Дрейф коэффициента чувствительности, вызванный температурным изменением сопротивления тензорезистора и кабельной линии (погрешность измерения динамической составляющей);
- Функция преобразования (деформация \rightarrow напряжение) имеет нелинейность (см. ниже).

При питании регулируемым током, схема, представленная на Рис. 139, характеризуется только наличием нелинейности функции преобразования деформация \rightarrow напряжение (см. ниже).

5-проводная схема, представленная на Рис. 140, предназначена для варианта питания регулируемым напряжением и характеризуется только наличием нелинейности функции преобразования деформация \rightarrow напряжение (см. ниже).

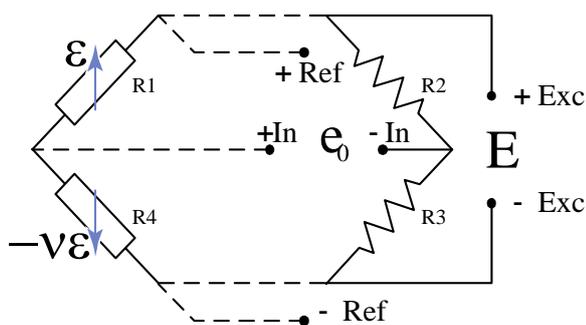


Рис. 140 - Пятипроводная схема подключения (питание напряжением).

Схемы отличаются от полумоста с одним активным ТР тем, что для установки термокомпенсирующего тензорезистора не требуется наличие неподвижной части изделия с идентичным температурным режимом. Схему нельзя применять, если на образец действуют усилия в поперечном направлении (вдоль главной оси термокомпенсирующего ТР) или изгибные деформации.

Компенсационный тензорезистор, наряду с температурной компенсацией, повышает чувствительность полумоста на 30% (при коэффициенте Пуассона = 0.3), по сравнению с использованием одного активного тензорезистора.

Схема наклейки тензорезисторов для измерения деформаций растяжения/сжатия показана на Рис. 141.

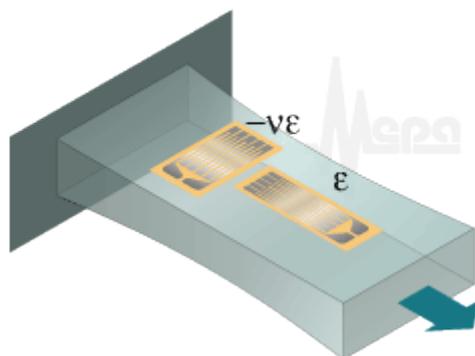


Рис. 141 - Схема наклейки активного и компенсационного ТР для измерения деформаций сжатия/растяжения.

Схема наклейки тензорезисторов для измерения деформаций изгиба показана на Рис. 142.

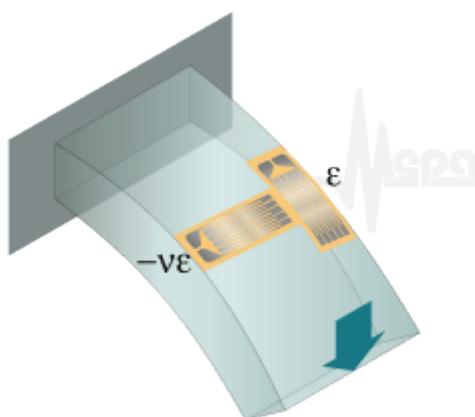


Рис. 142 - Схема наклейки активного и компенсационного ТР для измерения деформаций изгиба.

Относительное выходное напряжение полумоста с двумя тензорезисторами определяется выражениями	
при питании напряжением	при питании током
$\frac{e_0}{U} = - \frac{F\varepsilon(1+\nu) \cdot 10^{-3}}{4} \cdot (1-\eta), \text{ при}$ $\eta = \frac{F\varepsilon(1-\nu) \cdot 10^{-6}}{2+F\varepsilon(1-\nu) \cdot 10^{-6}}$	$\frac{e_0}{I} = - \frac{R \cdot F\varepsilon(1+\nu) \cdot 10^{-6}}{4} \cdot (1-\eta), \text{ при}$ $\eta = \frac{F\varepsilon(1-\nu) \cdot 10^{-6}}{4+F\varepsilon(1-\nu) \cdot 10^{-6}}$

Полумост с двумя активными ТР. Выход 2х

Полумостовые схемы с двумя активными ТР, приведенные на рисунках 143 и 144, могут быть применены для измерения следующих деформаций:

- изгибная деформация. Схема наклейки на Рис. 145;
- деформация кручения. Схема наклейки на Рис. 146.

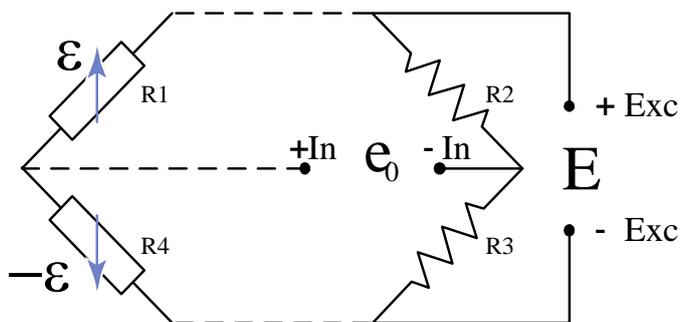


Рис. 143 - Трехпроводная схема подключения (питание напряжением или током).

При питании регулируемым напряжением, 3-проводная схема, представленная на Рис. 135, характеризуется наличием следующих погрешностей измерений:

- Погрешность коэффициента чувствительности, вызванная ненулевым сопротивлением проводящих линий (погрешность измерения динамической составляющей);
- Дрейф коэффициента чувствительности, вызванный, температурным изменением сопротивления тензорезистора и кабельной линии (погрешность измерения динамической составляющей).

При питании регулируемым током, схема, представленная на Рис. 143, характеризуется отсутствием погрешностей связанных с температурными изменениями сопротивлений тензорезисторов и соединительных проводов.

5-проводная схема, представленная на Рис. 144, предназначена для варианта питания регулируемым напряжением и характеризуется отсутствием погрешностей связанных с температурными изменениями сопротивлений тензорезисторов и соединительных проводов.

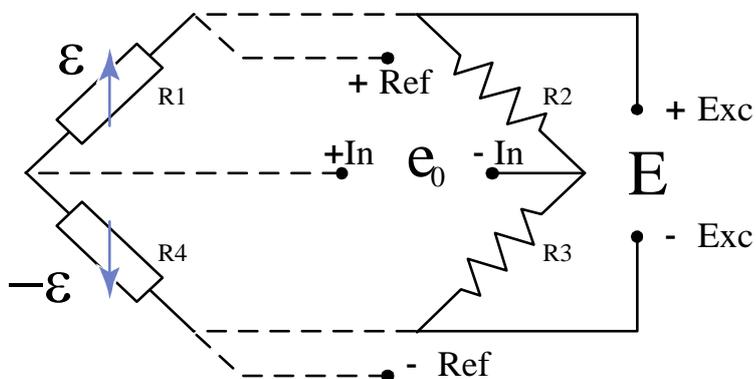


Рис. 144 - Пятипроводная схема подключения (питание напряжением).

Преобразование деформация/напряжение схем, представленных на рисунках 143 и 144, линейно.

Схема наклейки тензорезисторов для измерения деформаций изгиба показана на Рис. 145. Активные тензорезисторы монтируются с противоположных сторон конструкции. Схема исключает влияние деформации растяжения/сжатия.

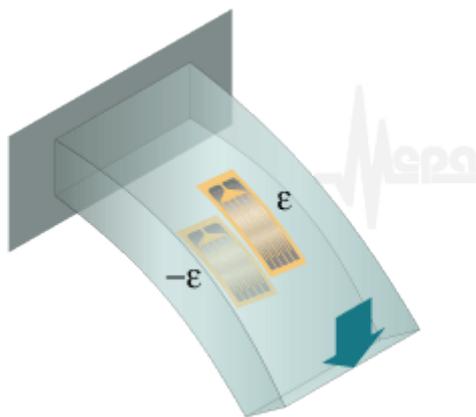


Рис. 145 - Схема наклейки ТР для измерения деформаций изгиба.

Схема наклейки тензорезисторов для измерения деформаций кручения показана на Рис. 138. Схема исключает влияние деформации растяжения/сжатия.

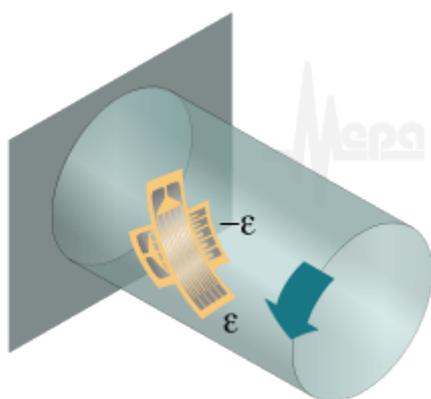


Рис. 146 - Схема наклейки ТР для измерения деформаций кручения.

Относительное выходное напряжение полумоста с выходом 2х определяется выражениями	
при питании напряжением	при питании током
$\frac{e_0}{U} = - \frac{F \cdot \epsilon \cdot 10^{-3}}{2}$	$\frac{e_0}{I} = - \frac{R \cdot F \cdot \epsilon \cdot 10^{-6}}{2}$

Мост с одним активным тензорезистором. Выход 1х

Мостовые схемы с одним активным тензорезистором, приведенные на рисунках 147 и 148, могут быть применены для измерения следующих деформаций:

- одноосевая деформация (растяжение/сжатие). Схемы наклейки на рисунках 135, 137;
- изгибная поверхностная деформация.

Схемы наклейки представлены на рисунках 136, 138.

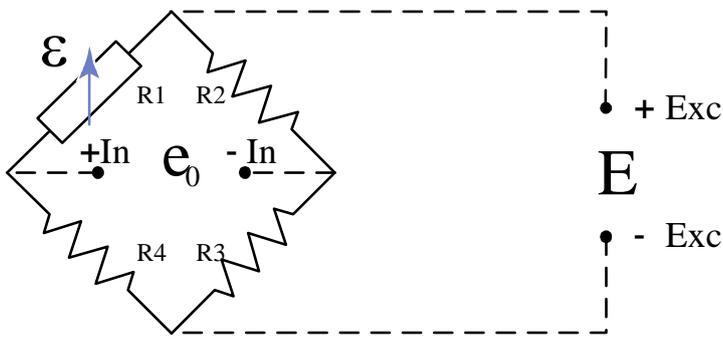


Рис. 147 - Четырехпроводная схема подключения (питание напряжением или током).

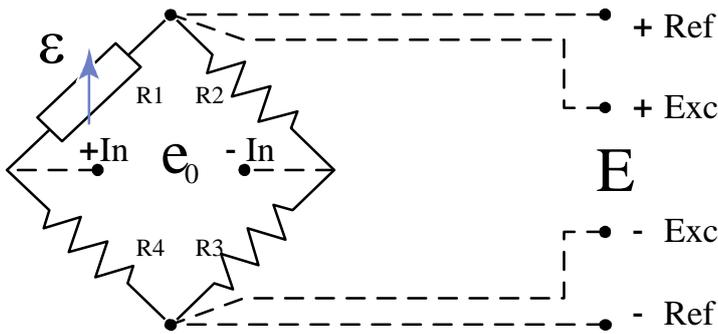


Рис. 148 - Шестипроводная схема подключения (питание напряжением).

Мостовые схемы с одним ТР имеют свойства и применение аналогичные схемам полумоста с одним активным ТР. Различия заключаются в большей помехозащищенности мостовых схем.

Относительное выходное напряжение моста полумоста с одним тензорезистором определяется так же, как и в четвертьмостовых и полумостовых схемах с одним ТР.

Мост с двумя активными ТР. Выход (1+v)

Мостовые схемы с одним активным и одним компенсационным ТР, приведенные на рисунках 149 и 150, могут быть применены для измерения следующих деформаций:
 - одноосевая деформация (растяжение/сжатие). Схема наклейки на МІС-503;
 - изгибная поверхностная деформация. Схема наклейки на Рис. 142.

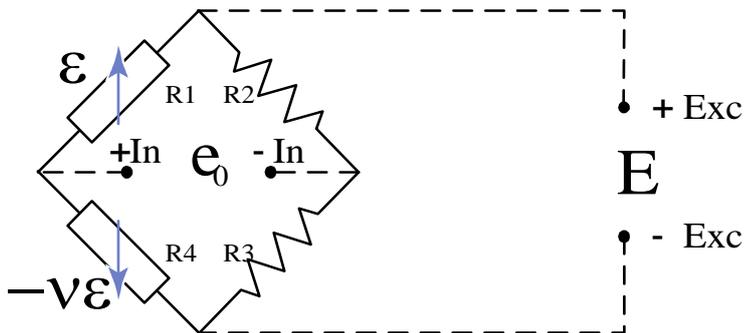


Рис. 149 - Четырехпроводная схема подключения (питание напряжением или током).

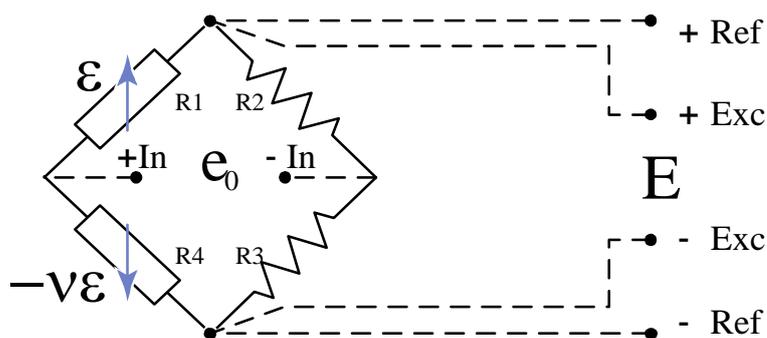


Рис. 150 - Шестипроводная схема подключения (питание напряжением).

Схемы Рис. 149 и Рис. 150 имеют свойства и применение аналогичные схемам полумоста с одним активным и одним компенсационным тензорезистором. Различия заключаются в большей помехозащищенности мостовых схем.

Относительное выходное напряжение моста с одним активным ТР и одним компенсационными ТР определяется выражениями	
при питании напряжением	при питании током
$\frac{e_0}{U} = - \frac{F\varepsilon(1+\nu) \cdot 10^{-3}}{4} \cdot (1-\eta) \quad , \text{ при}$ $\eta = \frac{F\varepsilon(1-\nu) \cdot 10^{-6}}{2+F\varepsilon(1-\nu) \cdot 10^{-6}}$	$\frac{e_0}{I} = - \frac{R \cdot F\varepsilon(1+\nu) \cdot 10^{-6}}{4} \cdot (1-\eta) \quad , \text{ при}$ $\eta = \frac{F\varepsilon(1-\nu) \cdot 10^{-6}}{4+F\varepsilon(1-\nu) \cdot 10^{-6}}$

Мост с двумя активными ТР в точках противофазной деформации. Выход 2х

Мостовые схемы с двумя активными ТР, приведенные на рисунках 151 и 152 могут быть применены для измерения следующих деформаций:

- изгибная деформация. Схема наклейки на Рис. 145;
- деформация кручения. Схема наклейки на Рис. 146.

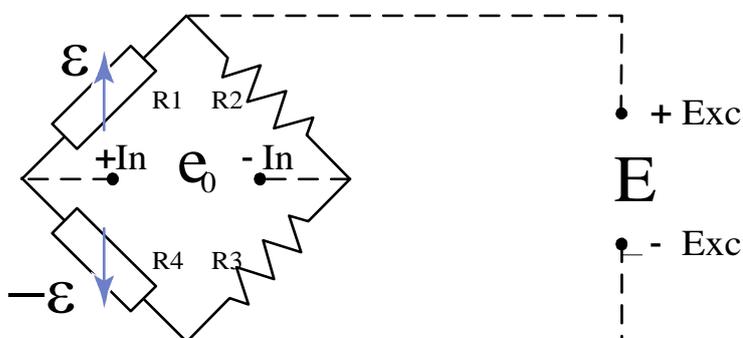


Рис. 151 - Четырехпроводная схема подключения (питание напряжением или током).

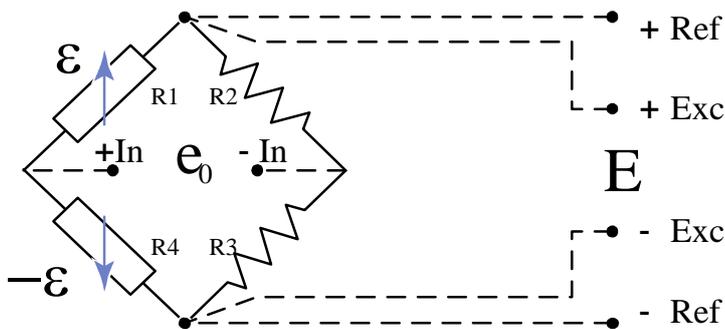


Рис. 152 - Шестипроводная схема подключения (питание напряжением).

Схемы, приведенные на рисунках 151 и 152, имеют свойства и применение аналогичные схемам полумоста с двумя активными тензорезистором. Различия заключаются в большей помехозащищенности мостовых схем.

Относительное выходное напряжение моста с двумя тензорезисторами в точках противофазной деформации определяется, так же как и в полумостовых схемах с двумя активными ТР.

Мост с двумя активными ТР в точках синфазной деформации. Выход 2х

Для измерения одноосевой деформации (сжатие/растяжение) можно использовать мост с двумя активными ТР, приведенный на рисунках 153 и 154.

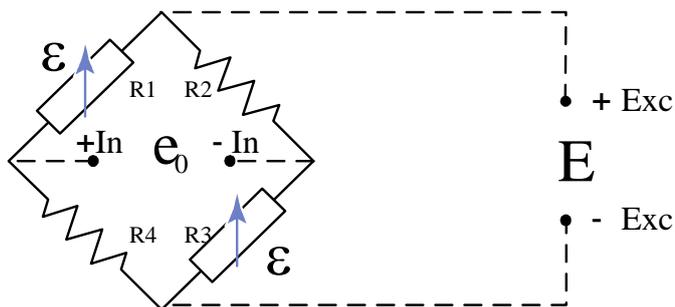


Рис. 153 - Четырехпроводная схема подключения (питание напряжением или током).

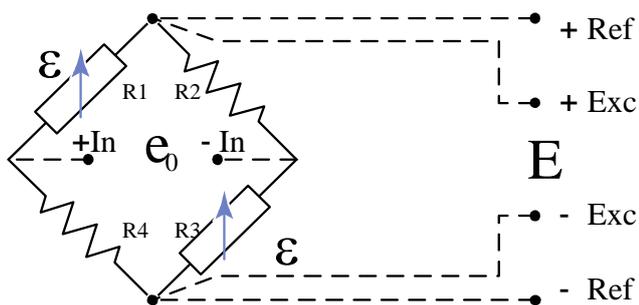


Рис. 154 - Шестипроводная схема подключения (питание напряжением).

Схема не обеспечивает термокомпенсацию.

Температурная погрешность кабеля исключена.

Схема наклейки, показанная на Рис. 147, исключает влияние деформации изгиба, но требует доступа к противоположной стороне деформируемой поверхности.

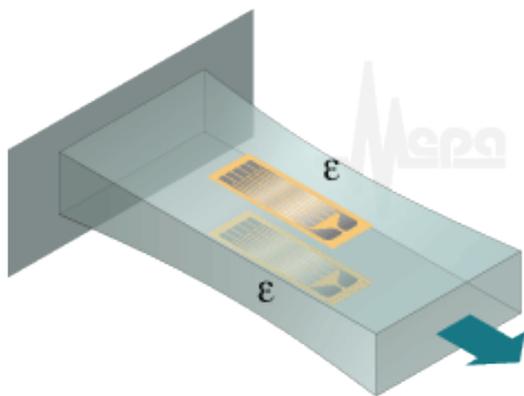


Рис. 155 - Схема односторонне наклейки, исключающая влияние деформации изгиба.

Схема наклейки, показанная на Рис. 156, не требует доступа к противоположной стороне деформируемой поверхности, но не исключает влияние деформации изгиба.

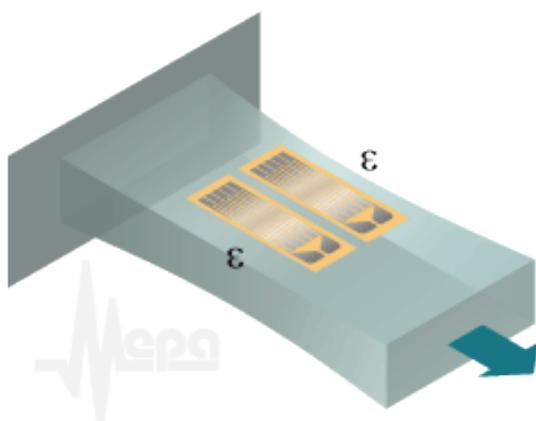


Рис. 156 - Схема односторонней наклейки тензодатчиков.

Схема наклейки, показанная на Рис. 157, имеет свойства аналогичные схеме представленной на Рис. 155, в дополнение к которым, обеспечивает термокомпенсацию.

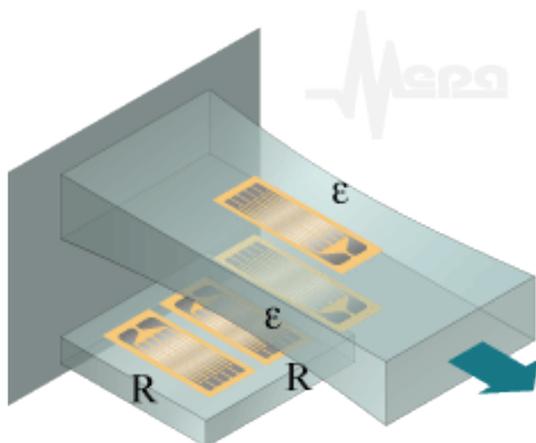


Рис. 157 - Схема наклейки с двумя активными и двумя термокомпенсационными ТР.

Относительное выходное напряжение моста с двумя активными ТР в точках синфазной деформации определяется выражениями	
при питании напряжением	при питании током
$\frac{e_0}{U} = -\frac{F\varepsilon \cdot 10^{-3}}{2} \cdot (1-\eta)$ $\eta = \frac{F\varepsilon \cdot 10^{-6}}{2+F\varepsilon \cdot 10^{-6}}$	$\frac{e_0}{I} = -\frac{R \cdot F\varepsilon \cdot 10^{-6}}{2}$

Мост с четырьмя активными ТР в точках синфазной деформации. Выход 2·(1+ν)

Для измерения одноосевой деформации (сжатие/растяжение) можно использовать мост с четырьмя активными ТР, приведенный на рисунках 158 и 159.

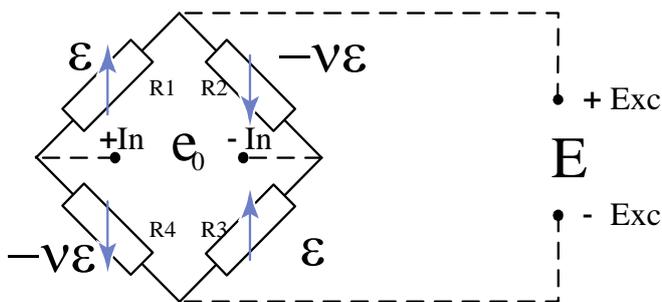


Рис. 158 - Четырехпроводная схема подключения (питание напряжением или током).

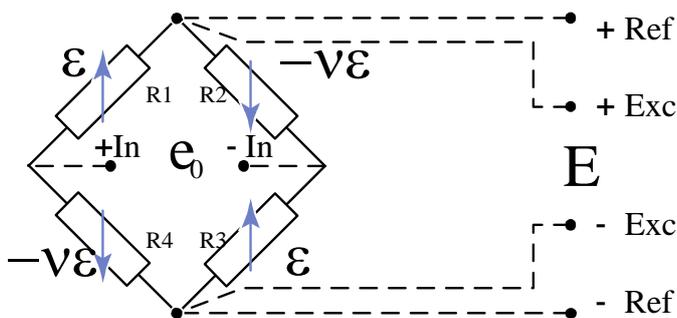


Рис. 159 - Шестипроводная схема подключения (питание напряжением).

Схема наклейки, показанная на Рис. 160, исключает влияние деформации изгиба и термокомпенсирована.

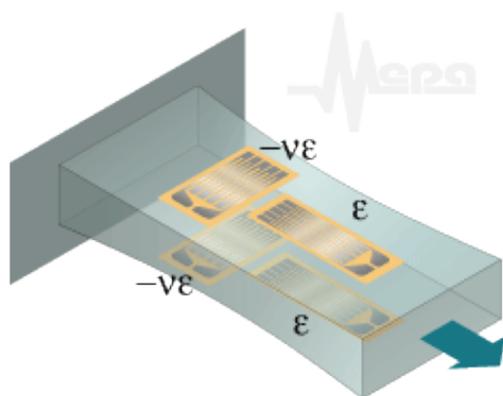


Рис. 160 - Схема наклейки активных и термокомпенсационных ТР для измерения деформаций растяжения/сжатия.

Относительное выходное напряжение моста с четырьмя активными ТР в точках синфазной деформации (выход $2 \cdot (1+\nu)$) определяется выражениями	
при питании напряжением	при питании током
$\frac{e_0}{U} = - \frac{F\varepsilon(1+\nu) \cdot 10^{-3}}{2} \cdot (1-\eta), \text{ при}$ $\eta = \frac{F\varepsilon(1-\nu) \cdot 10^{-6}}{2+F\varepsilon(1-\nu) \cdot 10^{-6}}$	$\frac{e_0}{I} = - \frac{RF\varepsilon(1+\nu) \cdot 10^{-6}}{2}$

Мост с четырьмя активными ТР в точках противофазной деформации. Выход $2 \cdot (1+\nu)$

Мостовые схемы с двумя активными ТР, приведенные на рисунках 161 и 162, могут быть применены для измерения изгибных деформаций (см. схему наклейки на Рис. 163).

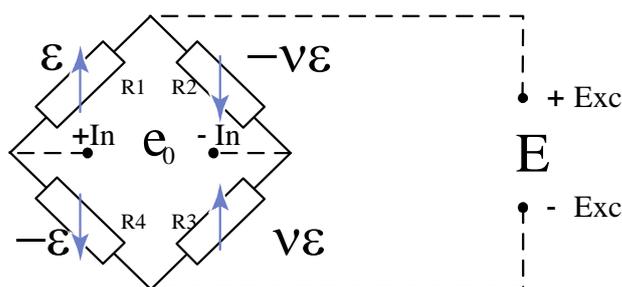


Рис. 161 - Четырехпроводная схема подключения (питание напряжением или током).

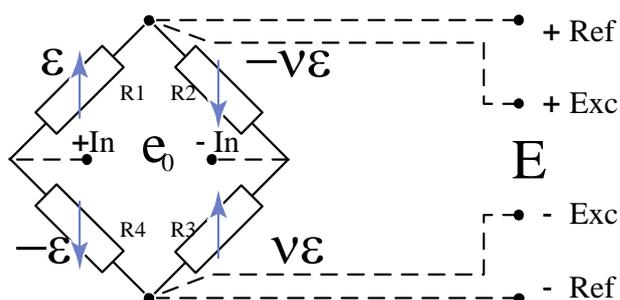


Рис. 162 - Шестипроводная схема подключения (питание напряжением).

Схема наклейки тензорезисторов для измерения деформаций изгиба показана на Рис. 163. Активные тензорезисторы монтируются с противоположных сторон конструкции. Схема исключает влияние деформации растяжения/сжатия. Схема обеспечивает термокомпенсацию.

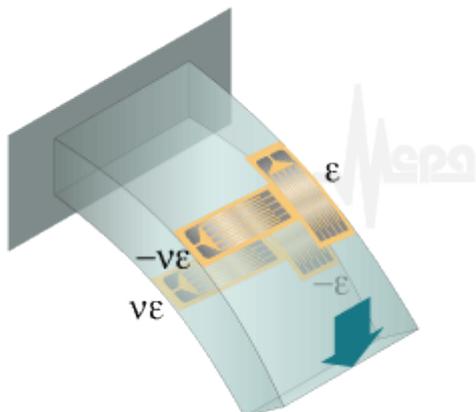


Рис. 163 - Схема наклейки активных и компенсационных ТР для измерения деформаций изгиба.

Относительное выходное напряжение моста с четырьмя активными ТР в точках противофазной деформации (выход $2 \cdot (1+\nu)$) определяется выражениями	
при питании напряжением	при питании током
$\frac{\epsilon_0}{U} = \frac{F\epsilon(1+\nu) \cdot 10^{-3}}{2}$	$\frac{\epsilon_0}{I} = \frac{RF\epsilon(1+\nu) \cdot 10^{-6}}{2}$

Мост с четырьмя активными ТР. Выход 4х

Мостовые схемы с четырьмя активными ТР, приведенные на рисунках 156 и 157, могут быть применены для измерения следующих деформаций:

- изгибная деформация. Схема наклейки приведена на Рис. 158;
- деформация кручения. Схема наклейки приведена на Рис. 159.

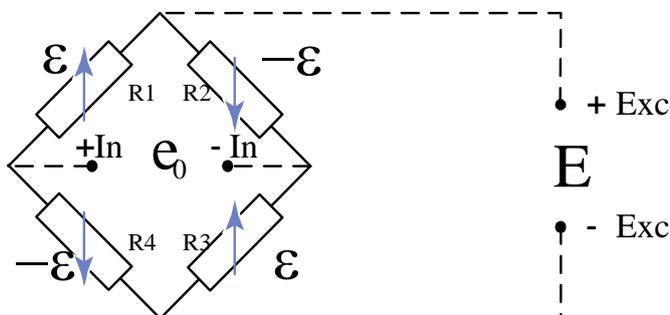


Рис. 164 - Четырехпроводная схема подключения (питание напряжением или током).

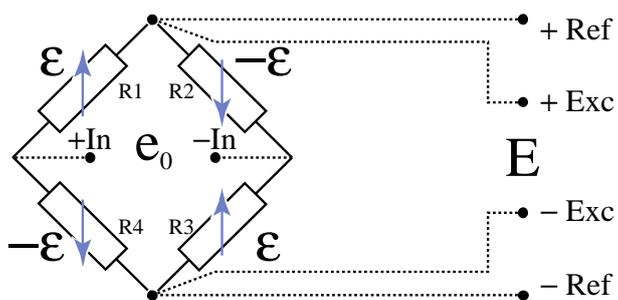


Рис. 165 - Шестипроводная схема подключения (питание напряжением).

Схема наклейки тензорезисторов для измерения деформаций изгиба показана на Рис. 166. Активные тензорезисторы монтируются с противоположных сторон конструкции. Схема исключает влияние деформации растяжения/сжатия. Схема обеспечивает термокомпенсацию.

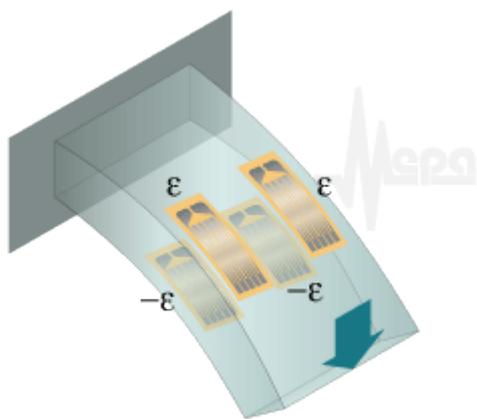


Рис. 166 - Схема наклейки ТР для измерения деформаций изгиба.

Схема наклейки тензорезисторов для измерения деформаций кручения показана на Рис. 167. Активные тензорезисторы монтируются с противоположных сторон конструкции. Схема исключает влияние деформации растяжения/сжатия. Схема обеспечивает термокомпенсацию.

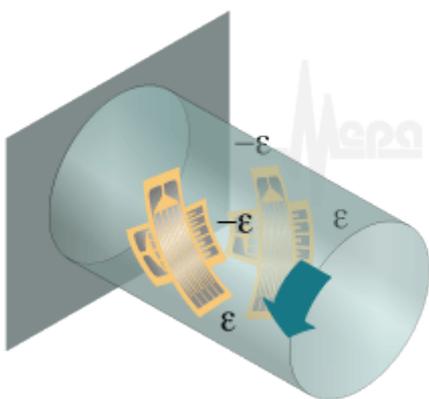


Рис. 167 - Схема наклейки ТР для измерения деформаций кручения

Относительное выходное напряжение моста с четырьмя активными ТР (выход 4х) определяется выражениями	
при питании напряжением	при питании током
$\frac{e_0}{U} = - F\varepsilon \cdot 10^{-3}$	$\frac{e_0}{I} = - RF\varepsilon \cdot 10^{-6}$

Приложение 3. Тензометрические измерения

Аппаратурное и программное обеспечение тензометрических измерений

Для тензометрических измерений НПП «Мера» разработан ряд функциональных модулей, включаемых в состав измерительных комплексов МІС-М, в том числе МІС-553 РХІ. Сравнительные характеристики таких модулей приведены в таблице:

	МХ-340	МХ-310	МЕ-320
Режим измерений	«Мост» «Полумост» «Четвертьмост» «Тензомер» «Потенциометр» ІСР	«Тензомер» ІСР	«Мост» «Полумост» «Четвертьмост» «Тензомер» «Потенциометр»
Диапазоны измерений:	$\pm 1\text{В}$ ($K_u=10$) $\pm 100\text{мВ}$ ($K_u=100$) $\pm 10\text{мВ}$ ($K_u=1000$) $\pm 1\text{мВ}$ ($K_u=10\ 000$)	$\pm 100\text{мВ}$ ($K_u=100$) $\pm 50\text{мВ}$ ($K_u=200$) $\pm 20\text{мВ}$ ($K_u=500$) $\pm 10\text{мВ}$ ($K_u=1000$)	$\pm 0,8\text{В}$ ($K_u=10$) $\pm 80\text{мВ}$ ($K_u=100$) $\pm 8\text{мВ}$ ($K_u=1000$) $\pm 0,8\text{мВ}$ ($K_u=10\ 000$)
-по напряжению			
-по частоте	0...100 кГц	20Гц ... 100кГц	0 – 50кГц
Основная погрешность	$\pm 0,1\%$ (погрешность измерения, приведенная к входному диапазону)	0,3% (погрешность измерения, приведенная к входному диапазону)	0,1% (относительная погрешность K_u)
Напряжение шума	5,4...6,1мкВ(скз) RTI ($K_u=1000$, $I_{ex}=6\text{мА}$, $I_{bal.}$, $R=200\text{Ом}$) 3,3...5,9мкВ(скз) RTI ($K_u=10\ 000$, $I_{ex}=6\text{мА}$, $I_{bal.}$, $R=200\text{Ом}$)	4,5мкВ(скз) RTI ($K_u=1000$)	9 мкВ(скз) RTI max ($K_u=100 \times 0,1 \times 100 = 1000$, INPUT=AGND)
АЧХ	$\pm 0,1\text{дБ}$ 10Гц...100кГц ($K_u=1000$), $\pm 0,1\text{дБ}$ 10Гц...40кГц ($K_u=10\ 000$), $\pm 0,5\text{дБ}$ 10Гц...90кГц ($K_u=10\ 000$), (тракт усиления)	$\pm 0,5\text{дБ}$ 20Гц...60 кГц ($K_u=1000$, $I_{ex}+20\ \text{мА}$, $R=2 \times 100\ \text{ом}$)	$\pm 0,1\text{дБ}$ 10Гц...20кГц ($K_u=1000$), $\pm 0,5\text{дБ}$ 10Гц...45кГц ($K_u=1000$), - 3дБ 90кГц ($K_u=1000$)
Режим возбуждения	0,85...15мА ($R \leq 100\text{Ом}$), 0...11В ($R \geq 700\text{Ом}$)	20мА	2.5...24мА, шаг 0,5мА , 1...10В, шаг 0,5В
Встроенные ФНЧ	10 кГц 36 кГц	2.2кГц 48кГц	10 Гц 100 Гц 1 кГц 10 кГц

Встроенные ФВЧ	1Гц		10 Гц
Встроенные шунты	174,4 кОм 59,9 кОм		120 кОм

Управление МІС-М, формирование и настройка измерительных схем, регистрация и предобработка измерительной информации осуществляется программным обеспечением комплексов MR-300 (или Recorder).

Представление тензодатчика в MR-300

Для удобства работы с тензодатчиками в MR-300 включен программный элемент "Тензодатчик", который имеет следующую функциональность:

- Расчет коэффициент чувствительности тензодатчика в режиме измерения относительных деформаций в зависимости от следующих параметров:
 - схемы включения тензорезисторов,
 - схемы наклейки тензорезисторов,
 - величины тока/напряжения питания тензодатчика (считывается автоматически из усилителя),
 - величины сопротивлений тензорезисторов и дополнений (номиналы дополнений считываются автоматически из усилителя),
 - тензочувствительности,
 - коэффициента Пуассона,
 - входного диапазона усилителя (считывается автоматически из усилителя);
- Отображение диапазон измерений в единицах относительной деформации (мкε);
- Назначение модуля упругости материала (или выполнить тарировку) для режима измерения механических напряжений (только для одновекторных усилий);
- Назначение коэффициента преобразования произвольных физических величин (сила, давление, вес, перемещение и т.д.) для режима измерения, либо выполнение соответствующей тарировки.

Добавление тензодатчиков

Для включения датчика в состав измерительного канала, сначала необходимо добавить устройство – «тензометрический датчик». Для этого на вкладке

"Устройства" основного диалога настройки MR-300 нажать кнопку  ("Добавить устройство"). Затем в открывшемся окне установить метку перед строкой "Тензодатчик" и нажать кнопку "ОК" (см. Рис. 168).

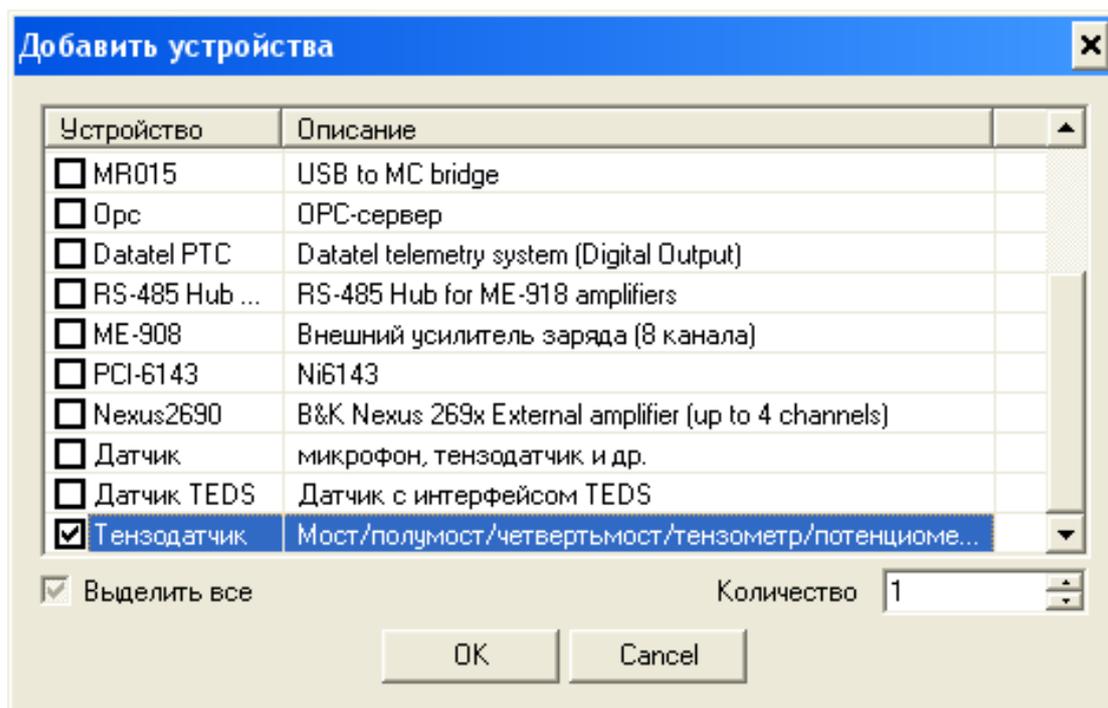


Рис. 168 - Добавление тензодатчика в состав измерительного оборудования.

При добавлении датчика можно указывать количество добавляемых датчиков (см. Рис. 168).

Датчик будет добавлен в список устройств на вкладке "Устройства" (см. Рис. 169).

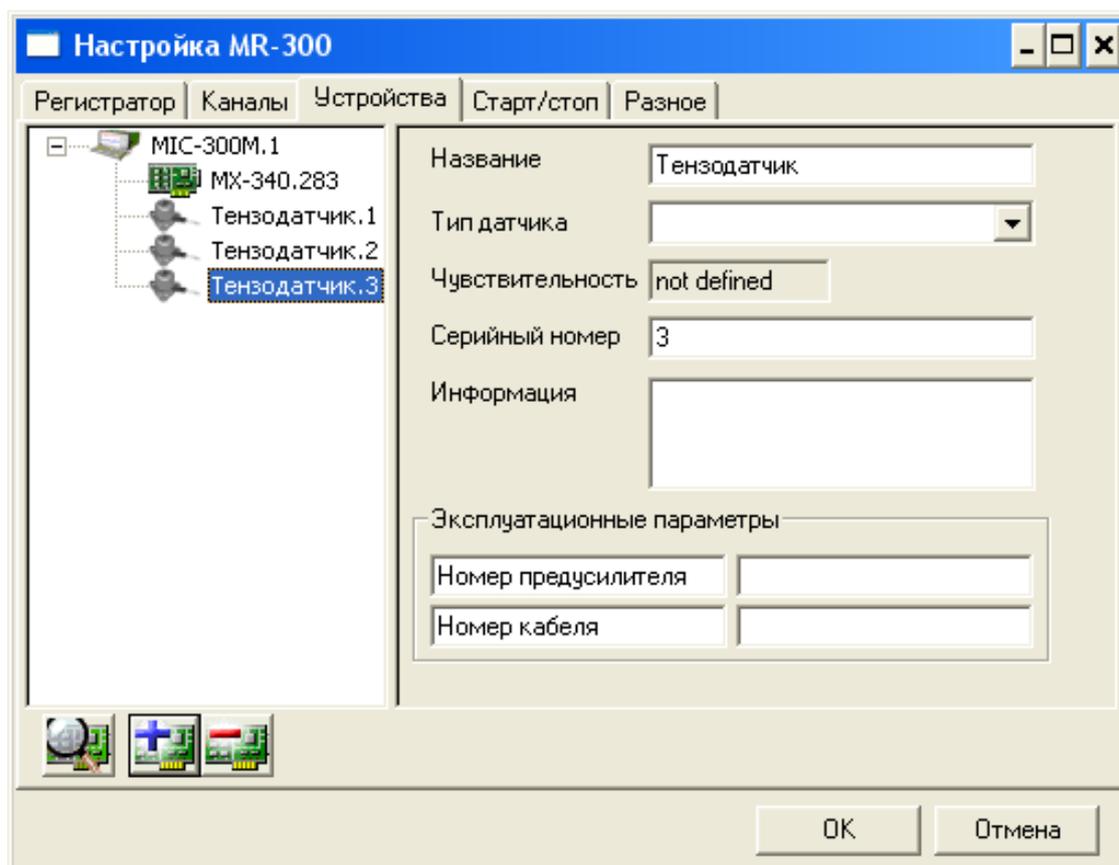


Рис. 169 - Назначение имени датчика и серийного номера.

Если у какого-либо существующего датчика изменить тип, то новым добавляемым датчикам будет присваиваться этот тип по умолчанию. Это рекомендуется делать при добавлении большого количества однотипных датчиков.

При необходимости отредактировать поля "Название", "Серийный номер" и другие поля для идентификации и хранения информации о датчике и его подключении. Повторить действия для добавления требуемого количества датчиков для всех измерительных каналов.

Для того, чтобы включить датчик в состав измерительного канала, необходимо выделить нужную ячейку в таблице коммутации (см. Рис. 170) и нажать кнопку  на панели управления. Из выпадающего списка необходимо выбрать требуемый датчик. При этом справа от таблицы коммутаций появится вкладка "Датчик", в которой необходимо ввести паспортные параметры датчика (см. Рис. 171).

Удаление датчика из состава измерительного канала происходит аналогичным образом.

Диалог настройки тензодатчика

Изменение свойств тензодатчика происходит через его диалог настройки, который можно вызвать из диалога общей настройки MR-300 (см. Рис. 170), либо непосредственно из списка каналов главного окна MR-300.

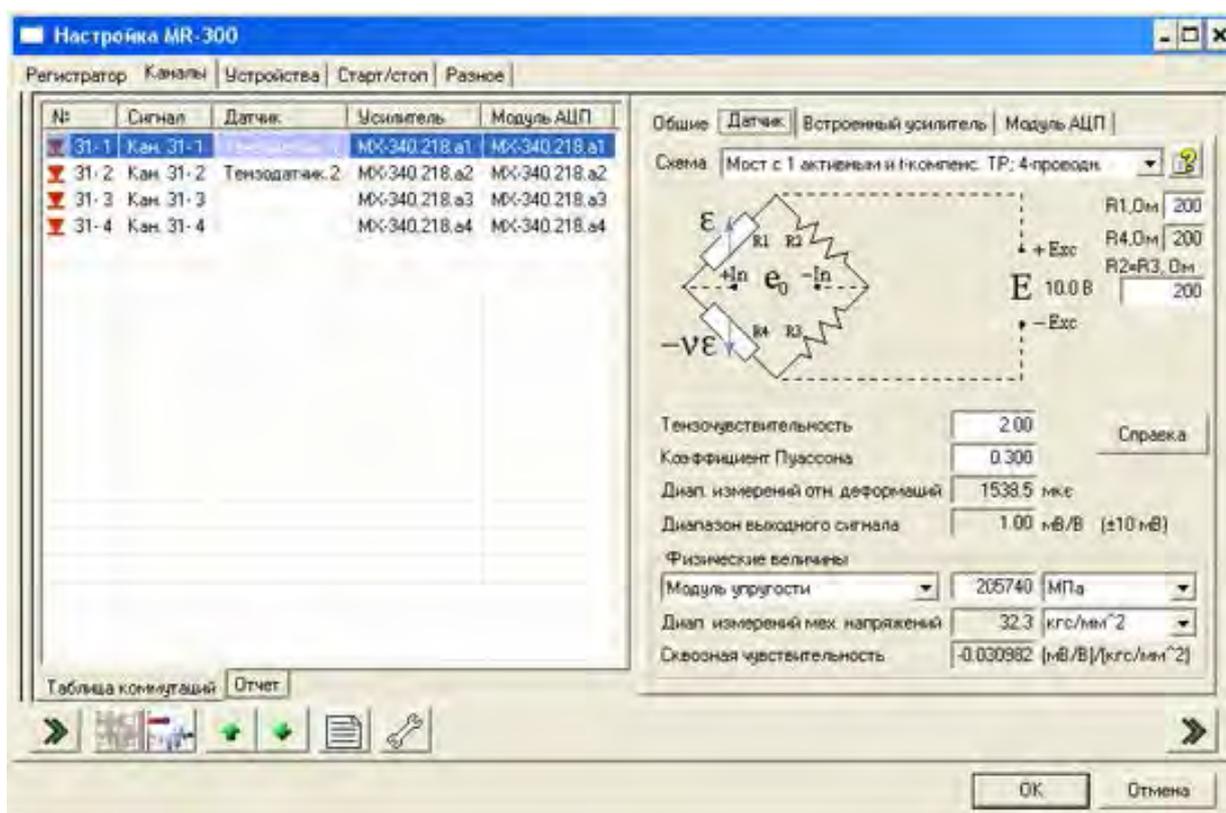


Рис. 170 - Вызов диалога настройки датчика из основного диалога настройки MR-300.

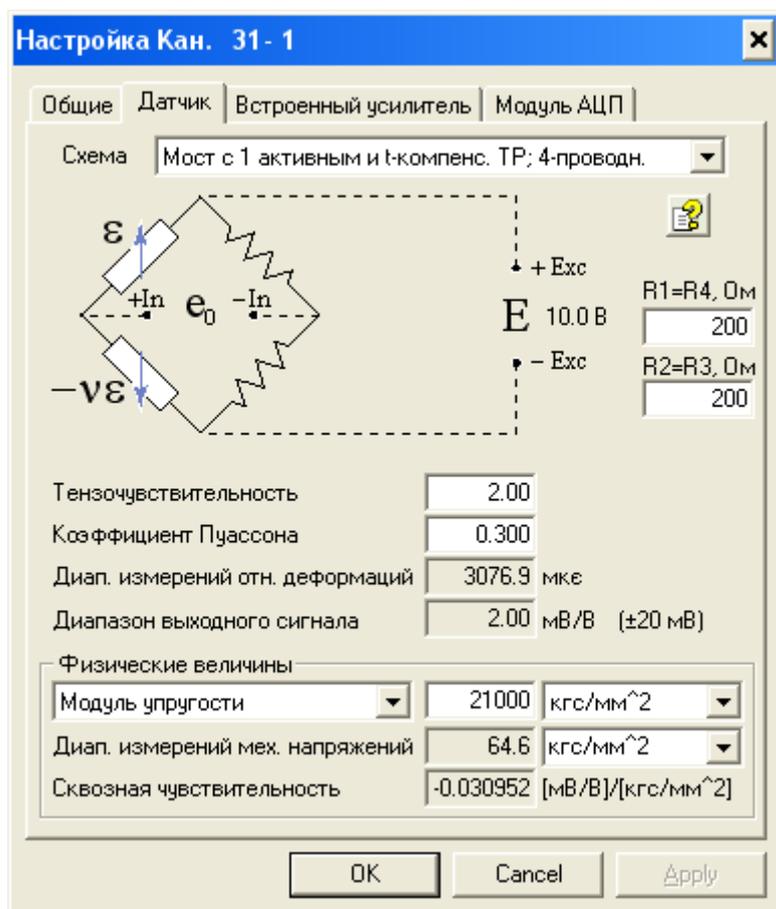


Рис. 171 - Вызов диалога настройки датчика из панели списка каналов.

Диалог позволяет одновременно настраивать свойства произвольного числа каналов (требуемые каналы должны быть предварительно выделены).

Если измерительные каналы предварительно не были добавлены в список активных каналов, то их необходимо добавить, как описано в разделе «Добавление и настройка измерительных каналов».

Настройка датчика для режима измерений относительной деформации

Для включения режима измерений относительной деформации необходимо включить соответствующий режим в группе настроек "Физические величины" (см. Рис. 172).

Выбор схемы включения тензорезисторов.
Список значений: Мост с 1 активным и t-компенс. ТР: 4-проводн.
Четвертьмост; 3-проводное подключение
Потенциометр
Полумост с 1 активным ТР; 3-проводное подкл.
Полумост с 1 активным ТР; 5-проводное подкл.
Полумост с активным и t-компенс. ТР; 3-проводн.
Полумост с активным и t-компенс. ТР; 5-проводн.
Полумост с 2 активными ТР; 3-проводное подкл.
Полумост с 2 активными ТР; 5-проводное подкл.
Мост с 1 активным ТР; 4-проводное подкл.
Мост с 1 активным ТР; 6-проводное подкл.
Мост с 1 активным и t-компенс. ТР: 4-проводн.
Мост с 1 активным и t-компенс. ТР: 6-проводн.

Схема включения тензорезисторов с указанием воздействующих на них деформаций.

Величина тока/напряжения питания датчика.

Номиналы сопротивлений, образующих мост.

Паспортная тензочувствительность тензодатчика

Коэффициент Пуассона материала деформируемой поверхности.

Расчетный диапазон измерений относительных деформаций тензодатчика

Диапазон выходного сигнала тензодатчика (соответствует входному диапазону усилителя). Для справки также приводится диапазон в мВ

Полный коэффициент преобразования датчика с учетом выбранных единиц измерений

Режим измерений физической величины
Список значений: Модуль упругости
Относит. деформация
Модуль упругости
Произвольн. чувств.

Рис. 172 - Настройка датчика для режима измерений относительной деформации.

При этом, по номинальным и паспортным данным датчика, введенным в диалог, рассчитывается его диапазон измерений в единицах относительной деформации (мкм/м). Учитывается также величина тока (или напряжения) питания тензодатчика и диапазон измерений тензометрического усилителя.

Сигнал в измерительном канале регистрируется в единицах мкм/м, без возможности выбора других единиц.

Настройка датчика для режима измерений механических напряжений

Если тензодатчик измеряет деформацию, вызванную одновекторным механическим усилием, то для датчика (и таким образом для всего измерительного канала) можно задать режим измерений механических напряжений.

Для включения режима необходимо в группе настроек "Физические величины" выбрать элемент "Модуль упругости" (см. Рис. 173).

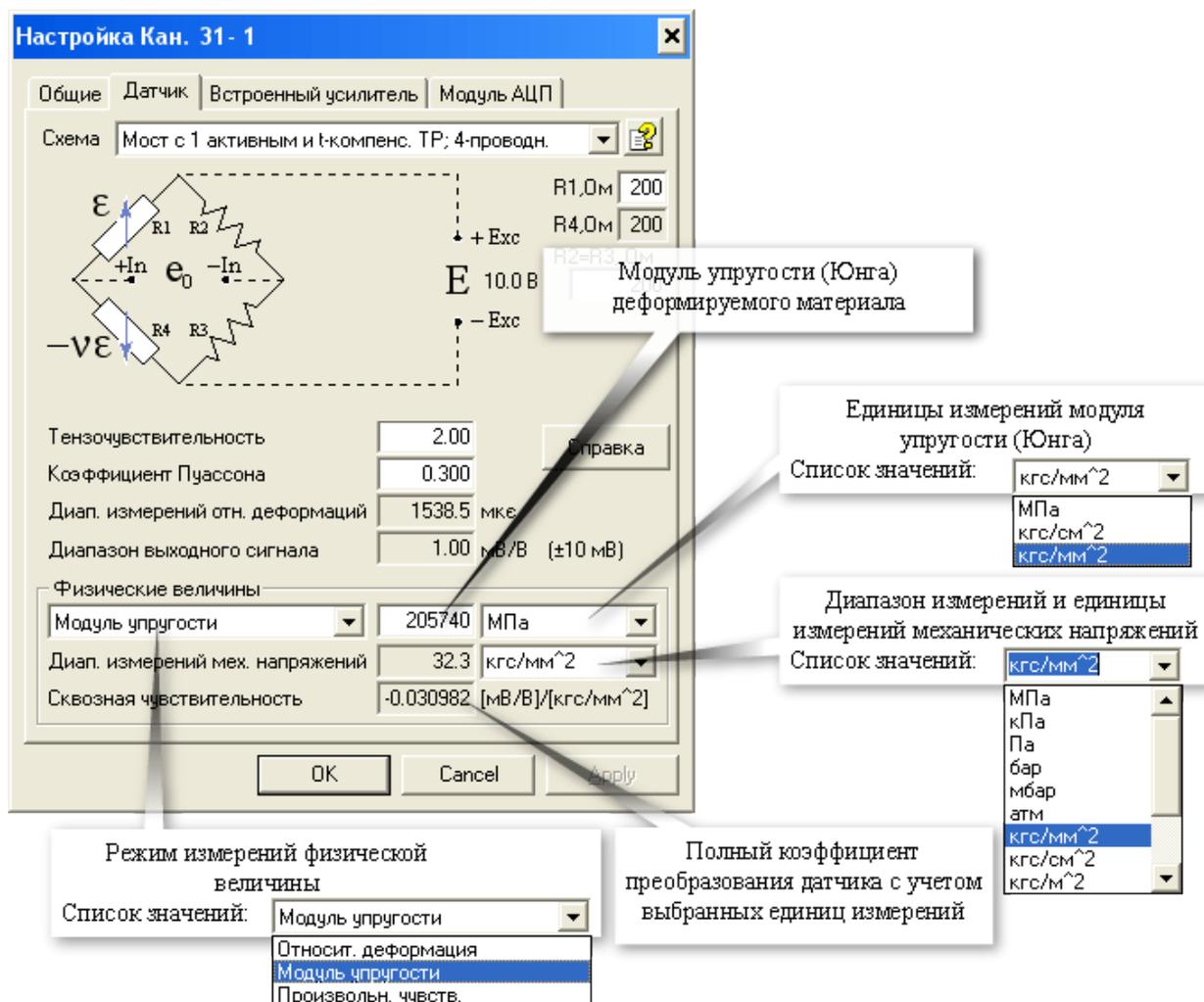


Рис. 173 - Настройка датчика для режима измерений механических напряжений.

При этом появится поле для ввода модуля упругости (Юнга) материала, на который наклеен датчик. При вводе модуля упругости можно выбрать единицы измерений, в которых удобнее его вводить (МПа, кгс/см², кгс/мм²).

Также появится рассчитанный диапазон измерений механических напряжений, выраженный в требуемых единицах измерений. Единицы измерений диапазона измерений механических напряжений, указанные в диалоге, будут назначены в качестве единиц измерения для всего измерительного канала.

Единицы измерений модуля упругости и диапазона измерений механических напряжений в диалоге можно задавать разными. Единицы измерений модуля упругости требуются только для задания модуля упругости в диалоге и больше нигде не используются.

Настройка датчика для режима измерений произвольной физической величины

При необходимости измерений других физических параметров на основе измерений относительной деформации предусмотрен режим измерения произвольной физической величины.

Для включения режима необходимо в группе настроек "Физические величины" выбрать элемент "Произвольная чувствительность" (см. Рис. 174).

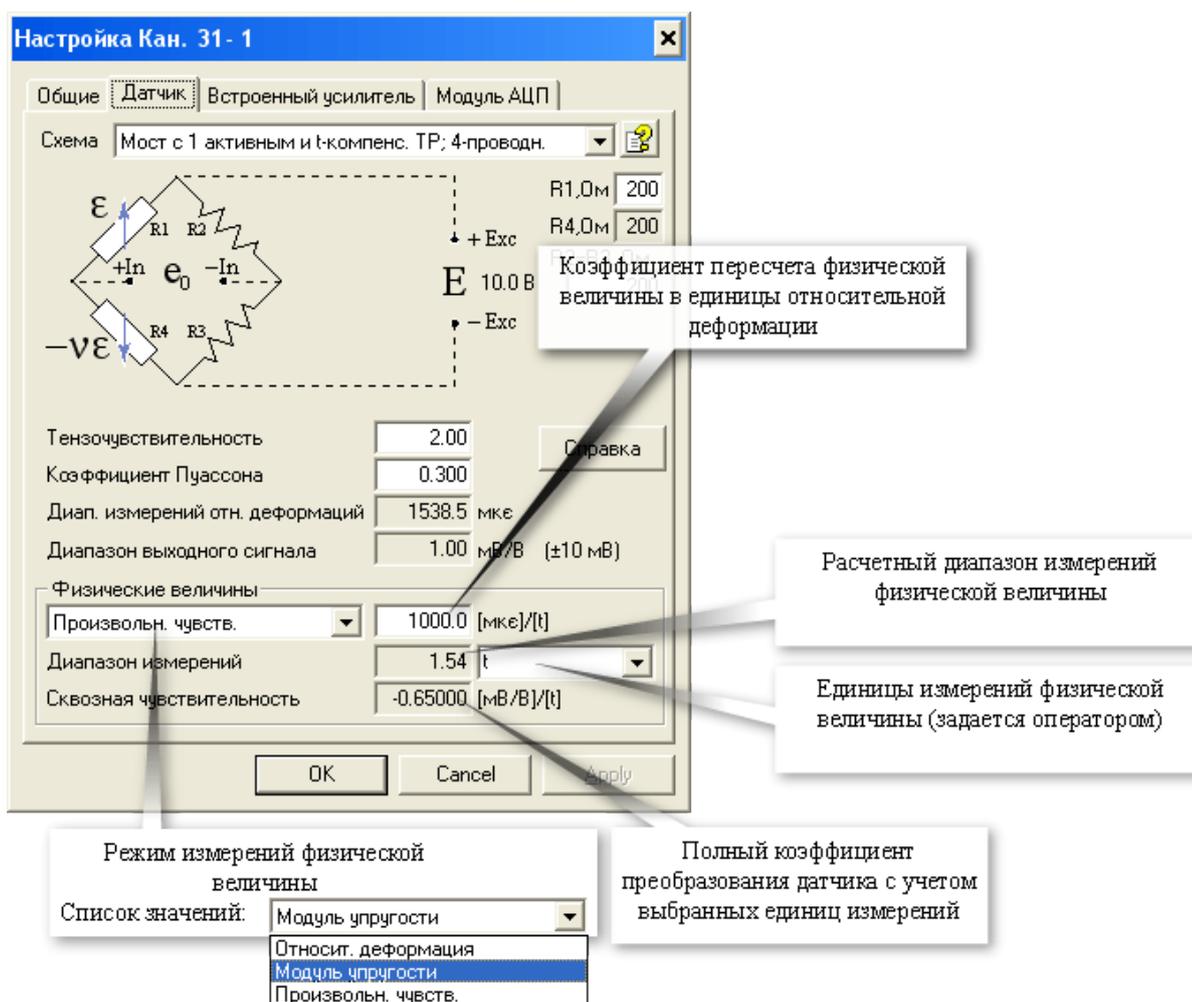


Рис. 174 - Настройка датчика для режима измерений произвольной физической величины.

В появившемся поле чувствительности необходимо ввести рассчитанный коэффициент преобразования физическая величина -> относительная деформация.

Предварительно необходимо задать единицы измерений датчика (в поле, соответствующем диапазону измерений). (см. Рис. 167). Указанные единицы будут использоваться как входные единицы всего измерительного канала.

Коэффициент преобразования можно получить с помощью функции градуировки измерительного канала.

Проверка настройки каналов

Для просмотра и проверки амплитудных и частотных характеристик измерительных каналов, получаемых в результате текущих настроек, необходимо на вкладке "Каналы" окна "Настройка MR-300" выбрать вкладку "Отчет" в нижней части таблицы. В отчете будут указаны частотные характеристики, входные и выходные диапазоны составляющих частей измерительных каналов. При этом будут автоматически выделены измерительные каналы, имеющие ошибочные или несоответствующие параметры, например, несоответствие входных и выходных диапазонов. Измерительные каналы с включенными диагностическими средствами, например, с включенными источниками опорного напряжения или встроенными калибраторами будут выделены цветом.

№	Сигнал	Диапазон	Полоса	Чувств. датчика	Вход усилителя	Усиление	Выход усилителя	Вход модуля ...	Частота дискретизации
31-1	Кан. 31-1	±27.4 кгс/мм ²	0..98280 Гц	-0.095238	± 0.0100 В	1000.0	± 10.0 В	± 10.0 В	216000 Гц
31-2	Кан. 31-2	±2012 мкε	0..98280 Гц	-0.00065000	± 0.0100 В	1000.0	± 10.0 В	± 10.0 В	216000 Гц
31-3	Кан. 31-3	±0.0130 В	0..98280 Гц		± 0.0100 В	1000.0	± 10.0 В	± 10.0 В	216000 Гц
31-4	Кан. 31-4	±13.0 м/с ²	0..98280 Гц	1.0000				± 10.0 В	216000 Гц

Рис. 175 - Отчет о настройке измерительных каналов на вкладке "Каналы" окна "Настройка MR-300"

Приложение 4. Справочные материалы

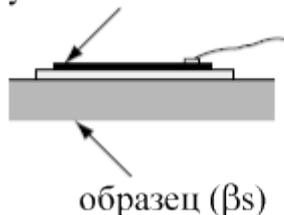
Термокомпенсированные тензорезисторы

Термокомпенсированным является тензорезистор, у которого интервал термокомпенсации совпадает с рабочей областью температур.

Интервал термокомпенсации тензорезистора определен, как интервал в рабочей области температур, в пределах которого сопротивление тензорезистора, закрепленного на свободно расширяющемся образце с заданным коэффициентом линейного расширения, не выходит за нормированные пределы.

Предположим, что образец и чувствительный элемент тензорезистора имеют коэффициенты линейного расширения, соответственно, β_s и β_g .

чувствительный элемент (β_g)



образец (β_s)

Тогда абсолютная погрешность измерения деформации, вызванная влиянием температуры (на 1°C) определяется по формуле:

$$\varepsilon_t = \frac{\alpha}{F} + (\beta_s - \beta_g)$$

где,

α - температурный коэффициент сопротивления чувствительного элемента,
 F - коэффициент тензочувствительности.

У термокомпенсированных тензорезисторов параметры β_s , β_g и α подбираются таким образом, чтобы величина погрешности ε_t была близкой к нулю.

Согласно ГОСТ 21616-91, в температурной характеристике сопротивления тензорезистора указывается материал (или коэффициент линейного расширения материала), на который должен наклеиваться ТР.

Глоссарий

AGND	Аналоговая «земля»
BIOS	(basic input/output system — «базовая система ввода-вывода») — микропрограмма доступа операционной системе к аппаратуре компьютера и подключенным к нему устройствам
DeltaTron®	Датчик со встроенным усилителем
DIFFPE	Пьезоэлектрический датчик с дифференциальным выходом
ICP®	Датчик со встроенными усилителями-преобразователями
IEPE	Датчик со встроенным усилителем
Isotron®	Датчик со встроенным усилителем
MIC-553 PXI	Комплекс измерения динамических сигналов производства НПП Мера
MR-300	Программа регистрации и экспресс-обработки динамических параметров НПП Мера
NI-DAQ	Программное обеспечение крейта PXI-1045
PXI	Расширение шины PCI, предназначенное для построения автоматизированных измерительных систем
Recorder	Программа управления измерительными комплексами MIC НПП Мера
SEPE	Пьезоэлектрический датчик с заземленным выходом
SYNC	Внутренний синхроимпульс крейта
TEDS	Transducer Electronic Data Sheet – технология и устройство опроса датчиков в процессе их настройки
TIME REF	Вход сигналов единого времени
WinПЛОС	Пакет обработки сигналов; Обработка измерительной информации с помощью стандартных математических и статистических алгоритмов, графическое представление и документирование НПП Мера
ПЛИС	Программируемая логическая интегральная схема
СЕВ/IRIGb	Система единого времени / Временная синхронизация, опирающаяся на глобальную систему позиционирования (GPS)

Научно-производственное предприятие «МЕРА»
Адрес: 141002, Россия, Московская область,
г. Мытищи, ул. Колпакова, д. 2, корпус №13
Тел.: (495) 783-71-59
Факс: (495) 745-98-93
info@nppmera.ru
www.nppmera.ru
