

**БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩИЙ  
АНАЛОГО-ЦИФРОВОЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ  
ДЛЯ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ СИГНАЛОВ ТЕНЗОДАТЧИКОВ  
СИМ-А04.07.1  
Техническое описание и инструкция по эксплуатации**

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Назначение	3
2. Указания мер безопасности	4
3. Технические параметры	5
4. Комплект поставки	6
5. Устройство и работа СИМ-А04.07.1	7
6. Подготовка СИМ-А04.07.1 к работе	14
7. Порядок работы	17
8. Техническое обслуживание СИМ-А04.07.1	17

## 1. НАЗНАЧЕНИЕ

1.1. Быстродействующий аналого-цифровой преобразователь (АЦП) СИМ-А04.07.1 предназначен для преобразования выходных сигналов тензодатчиков в двоичный цифровой код. Ориентирован на использование в составе систем измерения массы грузов, перемещаемых с повышенной скоростью. Получаемые при этом от АЦП цифровые данные о результатах измерения должны подвергаться дополнительной цифровой фильтрации или статистической обработке с целью снижения влияния помех, проникающих по информационному каналу.

Особенностью построения АЦП является использование принципа полного программного управления настройками и режимами работы и исключение необходимости каких-либо вмешательств в его схему при адаптации к конкретным условиям эксплуатации.

АЦП СИМ-А04.07.1 может найти применение в специализированных автомобильных и железнодорожных весах для взвешивания грузов, перемещаемых через весовую платформу с повышенной до 30 –40 км/час скоростью.

**ВНИМАНИЕ! Перед использованием АЦП СИМ-А04.07.1 внимательно изучите настоящее руководство. Особое внимание следует обратить на раздел 2 «УКАЗАНИЕ МЕР БЕЗОПАСНОСТИ»**

## 2. УКАЗАНИЯ МЕР БЕЗОПАСНОСТИ

2.1. **ВНИМАНИЕ!** АЦП предназначен для питания только от сети переменного тока напряжением 24 (+10...-15)% В через развязывающий трансформатор. **ВО ИЗБЕЖАНИЕ ВЫХОДА ИЗ СТРОЯ НЕ ПОДКЛЮЧАТЬ АЦП К СЕТИ ПОСТОЯННОГО ТОКА ИЛИ ПРОМЫШЛЕННОЙ СЕТИ 220/380 В!**

2.2. АЦП СИМ-А04.07.1 является прецизионным измерительным устройством со сложной схемой управления на базе однокристальной ЭВМ и требует специальной подготовки для выполнения работ по его техническому обслуживанию. В связи с этим для защиты от несанкционированного вмешательства АЦП пломбируются предприятием-изготовителем. **ПРИ НАРУШЕНИИ ПЛОМБ ИЗГОТОВИТЕЛЬ НЕ НЕСЕТ ОТВЕТСТВЕННОСТИ ЗА РАБОТОСПОСОБНОСТЬ АЦП.**

2.3. **ВНИМАНИЕ!** В данном варианте АЦП с целью предотвращения негативных последствий, вызванных действиями неквалифицированных операторов, установлены два уровня защиты по питанию:

2.3.1. **Первый уровень:** быстродействующая электронная защита цепей питания тензодатчиков, ограничивающая ток потребления на уровне 200 мА (эквивалентное сопротивление тензодатчиков не менее 50 Ом). В случае перегрузки или закорачивания цепей питания тензодатчиков, они обесточиваются. Восстановление подачи питания происходит автоматически через 30 С после выключения АЦП и снятия нештатной нагрузки.

2.3.2. **Второй уровень:** инерционная защита цепей первичного электропитания отключает АЦП от сети ~24 В, 50 Гц при неисправностях в электронных узлах, приводящих к увеличению тока потребления. Самовосстанавливающийся термочувствительный предохранитель возвращается в исходное состояние через 10 – 15 мин после отключения АЦП от сети.

2.4. **Изготовитель гарантирует качественную работу АЦП только при полном соблюдении требований настоящего РУКОВОДСТВА.**

### 3. ТЕХНИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ

3.1. АЦП выполнен в виде функционального необслуживаемого модуля с дистанционным программным управлением посредством унифицированного интерфейса.

3.2. Количество независимых каналов измерения: 4. При этом пользователь может использовать 1, 2 или 4 канала путем задания по интерфейсу соответствующего управляющего слова.

3.3. Время единичного преобразования составляет не более 45 мкс по каждому каналу. При этом, в случае использования всех четырех каналов, а также с учетом времени передачи результатов преобразования по последовательному интерфейсу, период выдачи результатов преобразования по каждому каналу не превышает 1,2 мс.

3.4. Номинальное значение полезной составляющей сигнала тензодатчика – 20 мВ.

3.5. Напряжение питания тензодатчиков – 10В.

3.6. Эквивалентное сопротивление тензодатчиков, подключенных ко всем каналам – не менее 50 Ом.

3.7. Разрядность АЦП - 16 двоичных разрядов.

3.8. Основная приведенная погрешность измерения эталонного сигнала не превышает 0,05%.

3.9. Питание АЦП осуществляется только от сети переменного тока напряжением 24 (+10... -15%) В, частотой  $50 \pm 1$  Гц.

3.10. Потребляемая мощность не более 10 ВА.

3.11. Для обеспечения алгоритмической коррекции дополнительной температурной погрешности преобразования сигналов тензодатчиков, в АЦП встроен датчик температуры, значение которой может быть получено по запросу.

3.12. Подключение тензодатчиков рекомендуется осуществлять при помощи экранированного кабеля длиной не более 10 м (возможно удлинение соединительного кабеля с ухудшением метрологических характеристик). Все коммутации, связанные с подключением тензодатчиков, должны осуществляться вне АЦП с использованием клеммной коробки.

3.13. Климатические условия эксплуатации:

- температура окружающей среды : от -30 до +50 °С;
- относительная влажность воздуха - до 95% при температуре +35 °С.

3.14. Коммутационные помехи, вызванные параллельным подключением к питающей сети (до развязывающего трансформатора) реактивной нагрузки 1кВА с коэффициентом мощности не более 0,2 не вызывают сбоев в работе АЦП.

3.15. Обмен информацией между АЦП и внешними устройствами осуществляется с использованием интерфейса RS485.

3.16. Управление АЦП осуществляется дистанционно путем посылки управляющего слова по интерфейсу.

3.17. Средняя наработка на отказ не менее 10 000 час.

3.18. Полный срок службы АЦП не менее 15 лет.

#### 4. КОМПЛЕКТ ПОСТАВКИ

4.1 АЦП в сборе.

4.2. Разъемы для подключения тензодатчиков (10 контактов) 4 шт.;

4.3. Разъем для подключения интерфейса (7 контактов) 1 шт.;

4.4. Разъемы для подключения питания (4 контакта) 1 шт.;

4.5. Инструкция по эксплуатации 1 шт.

## 5. УСТРОЙСТВО И РАБОТА АЦП СИМ-А04.07.1

5.1. Чертеж общего вида АЦП с указанием габаритных и монтажных размеров представлен на рис.1.

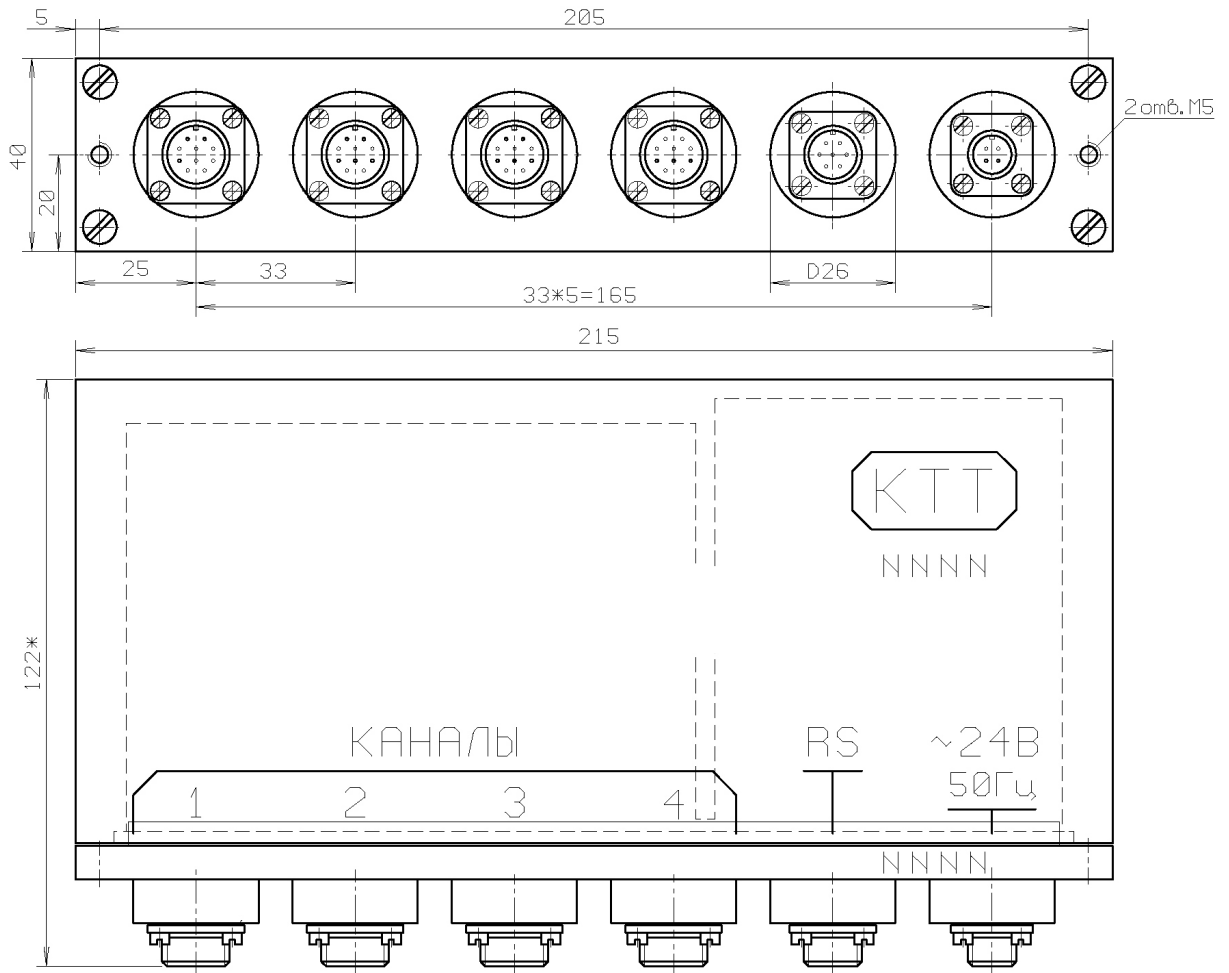


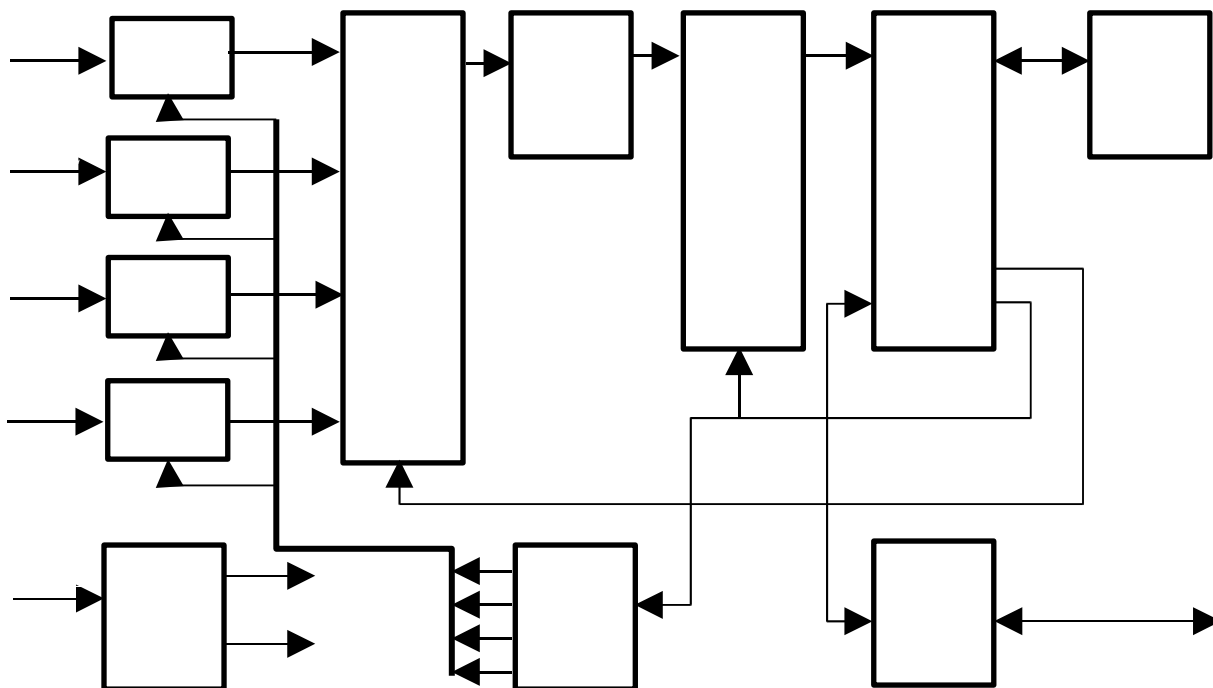
Рис.1. Аналого-цифровой преобразователь СИМ-А04.07.1. Чертеж общего вида.

Корпус АЦП выполнен из алюминиевого сплава и состоит из крышки и основания, на котором смонтированы модули аналого-цифрового преобразователя (схема КТТ 3.036 010.Э3), блока питания (схема КТТ 3.036 011.Э3) и разъемы для подключения к смежному оборудованию. Соединение между крышкой и корпусом герметизировано при помощи силиконовой уплотнительной пасты, в связи с чем корпус АЦП не подлежит оперативной разборке.

Присоединительные разъемы смонтированы на приливах, позволяющих дополнительно герметизировать кабельные соединения при помощи уплотнительной пленки.

5.2. СИМ-А04.07.1 представляет собой быстродействующий четырехканальный аналого-цифровой преобразователь сигналов низкого уровня с программным управлением. Особенностью данного аналого-цифрового преобразователя является использование во входных цепях рассредоточенного инструментального усилителя с размещением аналогового коммутатора между первым и вторым его каскадами. Применение такой схемы обусловлено необходимостью существенного увеличения частоты квантования измеряемого сигнала с ограниченным временем наблюдения. Использование традиционной схемы с сосредоточенным инструментальным усилителем, обладающим, как правило, низким быстродействием, привело бы в подобной ситуации к существенному увеличению динамической погрешности преобразования.

Структурная схема СИМ-А04.07.1 представлена на рис. 2.



СИМ-А04.07.1, согласно структурной схеме, содержит следующие функциональные блоки.



5.2.1. Симметричный входной четырехканальный усилитель (У1 – У4), выполненный на двоянных прецизионных операционных усилителях с пониженным быстродействием, осуществляющий предварительное усиление входных сигналов.

5.2.2. Четырехканальный аналоговый мультиплексор (АМ), который под управлением однокристалльной микро-ЭВМ (МКЭВМ) осуществляет последовательное подключение выходов четырех каналов предварительного усилителя к входу суммирующего каскада инструментального усилителя (СУ).

5.2.3. Суммирующий каскад инструментального усилителя (СУ), предназначенный для усиления сигнала тензодатчика до уровня, соответствующего рабочему диапазону АЦП.

5.2.4. Интегральный шестнадцатиразрядный аналого-цифровой преобразователь (АЦП), который под управлением МКЭВМ осуществляет преобразование усиленного сигнала в цифровой код. С целью повышения стабильности результатов преобразования, измерительная схема построена по логотрическому принципу. Это позволяет снизить влияние колебаний напряжения питания тензодатчика на результат преобразования.

5.2.5. Встроенная однокристалльная микро-ЭВМ (МКЭВМ) с внутренней памятью программ, данных и коэффициентов настроек. Управляющая программа, которая осуществляет управление работой СИМ-А04.07.1, хранится во внутренней FLASH-памяти программ и недоступна для пользователей. Кроме того, для автоматического восстановления работоспособности СИМ-А04.07.1 при сбоях, возникающих из-за помех или кратковременных исчезновений сети питания, в структуре МКЭВМ предусмотрен сторожевой таймер, осуществляющий автоматическое восстановление работоспособности СИМ-А04.07.1. Время тайм-аута составляет 1С.

5.2.6. Для долговременного хранения в памяти МКЭВМ параметров настройки АЦП и различных констант, используемых при реализации алгоритма преобразования, используется перепрограммируемое постоянное запоминающее устройство (ППЗУ констант) типа FLASH-памяти. Запись информации в ППЗУ констант доступна для пользователя с использованием интерфейса RS485. При этом с целью исключения несанкционированного изменения содержимого ППЗУ констант в режиме введения начальных установок используется специальный интерфейсный кабель с переключателем между контактами 6 и 7.

5.2.7. Интегральный четырехканальный шестнадцатиразрядный цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП), предназначенный для задания начального смещения измеряемого сигнала с целью исключения из результата измерения значения тары. Смещение с выхода каждого канала ЦАП подается на корректирующий вход соответствующего предварительного усилителя (У1 – У4), что позволяет использовать весь динамический диапазон преобразования АЦП. ЦАП позволяет задавать как положительное, так и отрицательное смещение путем записи в ППЗУ констант соответствующего кода при первоначальной настройке СИМ-А04.07.1 посредством управляющих слов.

5.2.8. Встроенный цифровой измеритель температуры (ИТ) окружающей среды, позволяющий корректировать температурные погрешности результатов измерения во всем температурном диапазоне. Время измерения температуры составляет 1 С.

5.2.9. Согласователь интерфейсов (СИ), предназначенный для полной гальванической развязки внутренней схемы СИМ-А04.07.1 от внешних линий интерфейса. В качестве элементов развязки используются оптроны. Выходной каскад передающей части выполнен с использованием специализированных микросхем, формирующих физическую среду интерфейса RS-485.

5.2.10. Блок питания (БП) выполнен по трансформаторной схеме с использованием прецизионных линейных стабилизаторов напряжения. С целью исключения поражения обслуживающего персонала электрическим током, питание осуществляется от сети переменного тока напряжением 24В.

5.3. Схема электрическая принципиальная модуля АЦП (КТТ 3.036 010 Э3) содержит следующие функциональные элементы.

5.3.1. Четыре входных фильтра нижних частот, собранных на резисторах R1...R8 и конденсаторах C1...C4 и предназначенных для снижения влияния высокочастотных помех, проникающих по измерительному каналу.

5.3.2. Четыре симметричных входных усилителя на элементах DA1...DA4, осуществляющих предварительное усиление сигналов тензодатчиков.

5.3.3. Аналоговый мультиплексор DA5 с суммирующими резисторами R21...R32, который поочередно подключает выходы предварительных усилителей к входам суммирующего усилителя.

5.3.4. Суммирующий усилитель DA7, который выполняет функцию суммирования сигналов от предварительных усилителей и соответствующего выхода ЦАП, а также усиления результирующего сигнала до уровня, соответствующего диапазону преобразования интегрального АЦП.

5.3.5. Интегральный шестнадцатиразрядный АЦП DA8 с цепями задания опорного напряжения и смещения R48...R57. Входные цепи АЦП построены по логотрической схеме, которая позволяет снизить влияние колебаний напряжения питания тензодатчиков.

5.3.6. Интегральный шестнадцатиразрядный четырехканальный цифро-аналоговый преобразователь DA6, предназначенный для дистанционного задания начального смещения с целью компенсации начального разбаланса тензодатчиков и расширения таким образом динамического диапазона преобразования.

5.3.7. Интегральный измеритель температуры DD3 внутри корпуса СИМ-А04.07.1. Полученное значение температуры используется для введения температурной коррекции результатов преобразования при работе в расширенном температурном диапазоне.

5.3.8. Встроенная микро-ЭВМ DD2, выполняющая все функции управления СИМ-А04.07.1. К основным функциям микро-ЭВМ относятся:

- управление процессом преобразования (коммутация каналов, запуск интегрального АЦП, прием и обработка результатов преобразования, расчет и введение температурной коррекции, запись в интегральный ЦАП значений начального смещения по каналам);
- управление процессом обмена информацией с внешними устройствами посредством интерфейса RS485;
- хранение во внутренней FLASH памяти коэффициентов настроек;
- реализация с использованием встроенного сторожевого таймера операции восстановления работоспособности СИМ-А04.07.1 при сбоях

5.4. Схема электрическая принципиальная модуля питания (КТТ 3.036 011 ЭЗ) построена по традиционной схеме линейного трансформаторного стабилизированного источника питания. Особенности схемы являются:

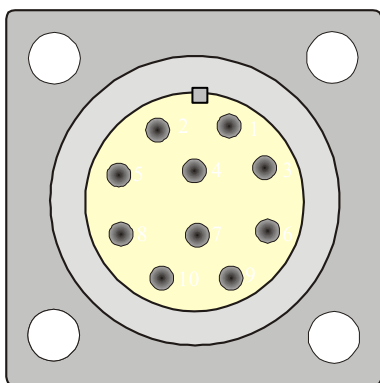
- наличие теплового самовосстанавливающегося предохранителя FU1, предотвращающего выход блока питания из строя при некорректном включении;
- использование в цепях питания тензодатчиков электронных ограничителей (A1, A2) тока потребления с целью предотвращения перегрузок источника питания и возможного в этих случаях ухудшения метрологических параметров.

Настройка допустимого тока в цепях питания тензодатчиков осуществляется путем подбора резисторов RN2 и RP2. Подбором резисторов R2...R4 устанавливается требуемый уровень выходных напряжений интегральных стабилизаторов DA1...DA3.

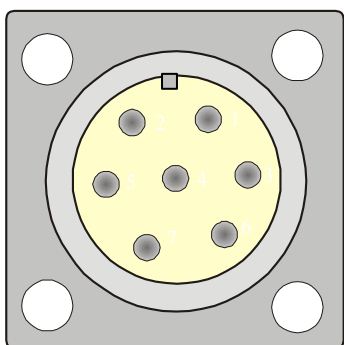
5.5. Схема подключения АЦП представлена на чертеже КТТ 3.036 012 ЭЗ.

5.5.1. Нумерация выводов разъемов (приводится со стороны штырей).

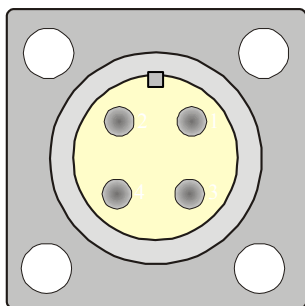
5.5.1.1. Разъемы для подключения тензодатчиков (X1...X4).



5.5.1.2. Разъем для подключения линий интерфейса (X5).



5.5.1.3. Разъем для подключения сети питания (X6).



5.5.2. Контакты разъемов для подключения тензодатчиков с целью повышения надежности соединений дублированы. Поэтому при монтаже кабелей необходимо произвести дублирование соответствующих контактов на кабельных частях разъемов.

**5.5.3. Контакты 6 и 7 разъема X5 являются элементом защиты внутренней FLASH памяти МКЭВМ от несанкционированной записи в нее нештатной информации. Для снятия защиты при наладке СИМ-А04.07.1 используется специальный интерфейсный кабель с установленной перемычкой между контактами 6 и 7.**

5.5.3. Питание СИМ-А04.07.1 должно осуществляться от развязывающего понижающего трансформатора 220/24 В. Трансформатор желательно развязать от сети помехоподавляющим фильтром.

5.5.4. Заземление схемы СИМ-А04.07.1 необходимо производить путем надежного соединения контакта 3 разъема питания с контуром заземления.

5.5.5. Кабели для подключения тензодатчиков должны быть экранированными (желательно экранировать каждый провод) и иметь сечение не менее 0,25 мм<sup>2</sup>. Экран должен соединяться с выводами 4,7 разъема тензодатчика. **В случае установки СИМ-А04.07.1 в зоне воздействия сильных электромагнитных полей, кабели питания тензодатчиков необходимо прокладывать в стальных трубах.**

5.5.6. Кабели для подключения сети питания и интерфейса экранирования не требуют и выбираются, исходя из условий эксплуатации. Сечение проводов желательно выбрать не менее 0,25 мм<sup>2</sup>. **В случае установки СИМ-А04.07.1 в зоне воздействия сильных электромагнитных полей, для исключения возможных искажений передаваемой информации, интерфейсный кабель необходимо прокладывать в стальных трубах.**

## 6. ПОДГОТОВКА СИМ-А04.07.1 К РАБОТЕ

6.1. Распаковать изделие. Провести осмотр с целью выявления механических повреждений. Проверить комплектность.

6.2. Распаять разъемы подключения питания, интерфейса и тензодатчиков.

6.3. Поскольку параметры измерительной схемы рассчитаны на входное напряжение 3 мВ, произвести расчет шунтирующих резисторов для приведения диапазонов изменения выходного сигнала тензодатчика и АЦП. Шунтирующий резистор  $R_{ш}$  рассчитывается по формуле:

$$R_{ш} = [U_{ex} / (U_{\delta} - U_{ex})] * R_{\delta\delta},$$

где:  $U_{\delta}$  – выходное напряжение тензодатчика при максимальной нагрузке, мВ;

$U_{ex}$  – максимальное входное напряжение АЦП (в данном случае 3 мВ);

$R_{\delta\delta}$  - сопротивление выходной диагонали тензодатчика, кОм.

Шунтирующий резистор должен быть подключен параллельно выходной диагонали тензодатчика в непосредственной близости от последнего для исключения влияния соединительных проводов. Возможен монтаж шунтирующего резистора в корпусе разъема, подключаемого к тензодатчику.

6.4. Подключить СИМ-А04.07.1 к сети и произвести прогрев оборудования в течение 30 минут для обеспечения выхода тензодатчика и измерительной схемы на стационарный температурный режим.

6.5. Произвести настройку режима работы и проверить работоспособность СИМ-А04.07.1 путем подачи соответствующих управляющих слов. Формат управляющего слова представлен на рис.3.

Для задания режима работы АЦП необходимо подать требуемое управляющее слово (D7=0).

Для получения результатов измерения при заданном режиме «Статика» необходимо подавать слово запроса на каждую посылку результатов измерения (D7=1). В режиме «Движение» данные будут передаваться непрерывно после задания слова режима (D7=0) и одного слова запроса на измерения (D7=1).

Для задания смещения в ЦАП необходимо после задания режима записи смещения (0xxx10nn), подать слово запроса (1xxx10nn) (nn – номер канала) и затем **мл.байт** и **ст.байт** смещения. Соответствие показаний АЦП при нулевой установке тензокалибратора приведено

в таблице 1. Эти данные ориентировочны и получены при наладке опытного образца АЦП с тензокалибратором. Для других экземпляров АЦП эти данные могут изменяться в зависимости от параметров подключенных тензодатчиков.

Таблица 1

Смещение ЦАП	Показания АЦП
7000h	5400
8000h	32760
9000h	60120

С целью защиты FLASH памяти МКЭВМ для задания смещения в ЦАП используется **специальный** кабель с соединенными контактами **6** и **7**. В противном случае на попытку задать смещение АЦП отвечает двумя байтами (**0FEh, 0FFh** при задании слова режима **0xxx10nn**, или **0FFh, 0FEh** при посылке слова запроса **1xxx10nn**).

Для получения значения температуры необходимо послать сначала слово режима (**D7=0, D3.D2=00**), а затем слово запроса (**D7=1, D3.D2=00**). Результат передается в виде двух байтов (мл. знач. байт, ст. знач. байт).

6.6. Проверка работоспособности СИМ-А04.07.1 осуществляется совместно с ПЭВМ при помощи любой сервисной программы, способной передавать и принимать данные по интерфейсу RS485 с последующим выводом полученных значений на экран.

6.7. В случае, если СИМ-А04.07.1 используется в тяжелых температурных условиях, необходимо произвести испытания устройства во всем температурном диапазоне с вычислением абсолютного значения температурной погрешности при входном сигнале не менее 80% от максимального. На основании полученных данных определяется значение опорной температуры  $T_{on}$ , относительно которой отклонения температурной погрешности оказываются распределенными симметрично. Скорректированное по температуре значение кода результата измерения  $N_k$  вычисляется по формуле

$$N_k = N_i - N_i * K * (T_{on} - T_i),$$

где  $N_i$  – текущий код результата измерения,

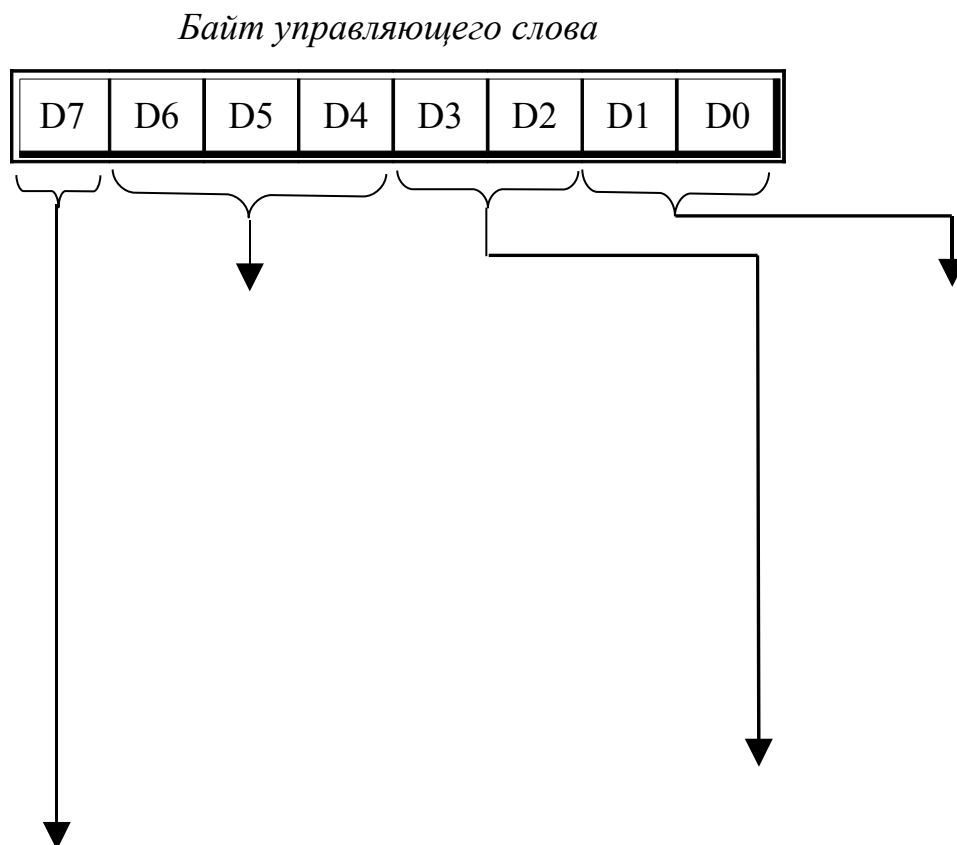
$K$  – коэффициент, учитывающий конструктивные особенности АЦП, равный  $5 \cdot 10^{-5}$  (может уточняться в процессе температурных испытаний),

$T_i$  – текущее значение температуры (в двоичном коде),

$T_{on}$  – значение опорной температуры в двоичном коде.

Алгоритм температурной коррекции, согласно приведенной формуле, реализуется в программе пользователя, располагаемой в ПЭВМ или ПРП.

Для корректного ввода температурной погрешности программа пользователя в промежутках между измерениями должна периодически (периодичность определяется динамикой изменения внешней температуры) посылать в АЦП запрос на измерение температуры.



*Рис.3 Управляющее слово для СИМ-А04.07.1*



## 7. ПОРЯДОК РАБОТЫ

- 1.1. Порядок работы с АЦП СИМ-А04.07.1 полностью определяется пользовательской программой. Управление осуществляется либо с клавиатуры ПЭВМ, либо при помощи функциональных кнопок прибора регистрирующего и показывающего (ПРП).
- 1.2. В случае выявления полной неработоспособности АЦП он подлежит замене исправным экземпляром. Ремонт АЦП должен осуществляться на предприятии-изготовителе.

## 8. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ

8.1. Техническое обслуживание изделия производится бригадой, в состав которой должен входить специалист, имеющий квалификацию регулировщика не ниже пятого разряда, а также инженер-программист.

8.2. Виды и периодичность технического обслуживания определяется нормативными документами по обслуживанию средств измерительной и вычислительной техники.