

ИЗМЕРИТЕЛЬ - РЕГУЛЯТОР ТЕМПЕРАТУРЫ
ПРОГРАММИРУЕМЫЙ
МБУ-02



РУКОВОДСТВО ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ
ПАСПОРТ

ЗАО "МИУС"

Тула 2012

1. Назначение изделия

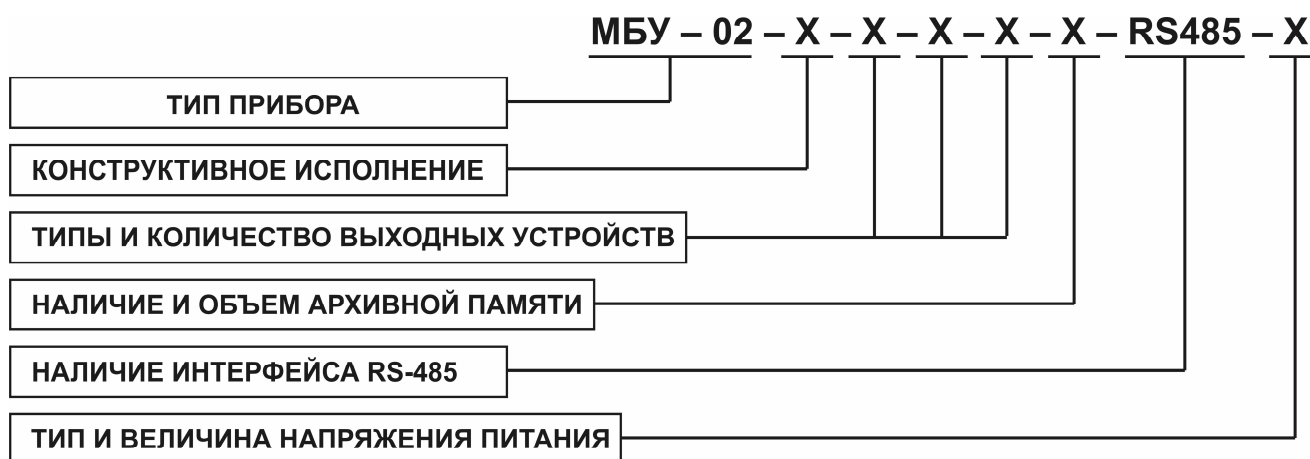
Измеритель-регулятор температуры программируемый МБУ-02 (далее по тексту «МБУ-02») предназначен:

- для измерения при помощи термопреобразователя и вывода на индикаторы температуры в рабочей зоне присоединенного электротермического оборудования;
- для генерации управляющих нагревательными элементами импульсов с целью поддержания запрограммированного температурного режима в рабочей зоне присоединенного электротермического оборудования;
- для контроля работоспособности присоединенного электротермического оборудования, в частности контроля целостности термодатчика и силовых цепей;
- для вывода информации о текущем состоянии присоединенного электротермического оборудования на персональный компьютер.

2. Конструкция изделия

Измеритель-регулятор температуры МБУ-02 выполнен в прямоугольном ударопрочном пластмассовом корпусе для щитового крепления. Все элементы прибора расположены на двух печатных платах. Электрические соединения отдельных плат выполнены при помощи гибких шлейфов. Передняя часть корпуса представляет собой лицевую панель с установленной на ней платой индикации. Внутри корпуса размещена процессорная плата. Для подвода внешних электрических цепей на задней части корпуса установлены колодки.

МБУ-02 изготавливается в различных модификациях, отличающихся друг от друга конструктивным исполнением и типом встроенных выходных устройств. Информация о модификации прибора зашифрована в коде полного условного обозначения:



Конструктивное исполнение:

- В** – щитовое исполнение прибора.
Н – настольное исполнение прибора.

Тип выходных устройств:

Обозначение	Тип выходного элемента	Технические параметры
Р	Оптореле	Ток не более 100 мА при напряжении не более 400V AC/DC
С	Оптопара симисторная	Ток не более 50 мА при напряжении не более 250V AC
Т	Оптопара транзисторная <i>n-p-n</i> типа	Ток не более 50 мА при напряжении не более 60V DC

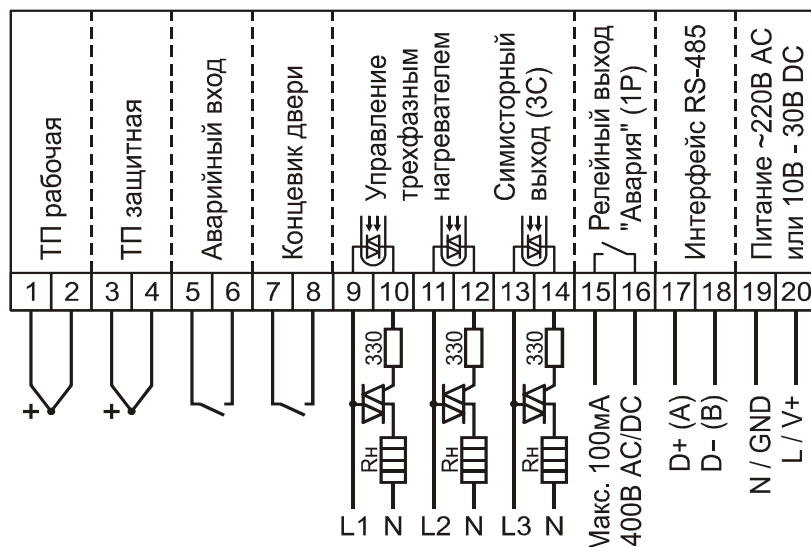
Цифра перед обозначением определяет количество выходов данного типа.

Тип и величина напряжения питания:

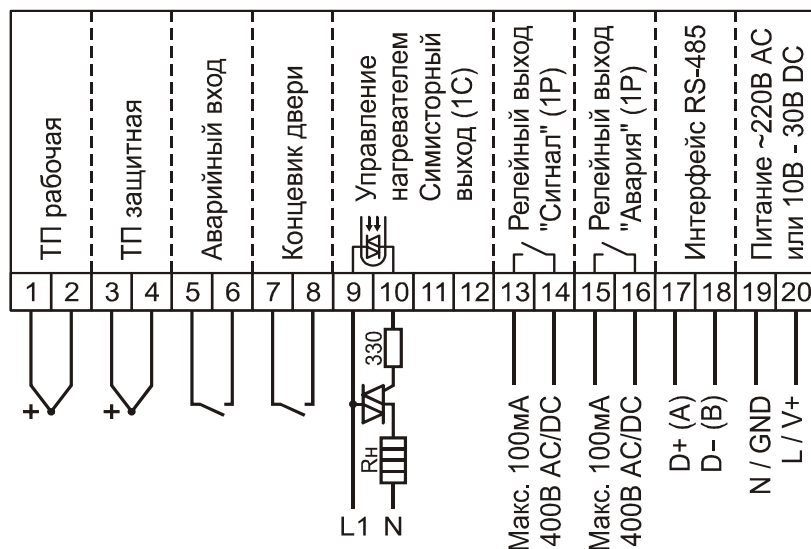
- 12DC** – питание постоянным напряжением в диапазоне 10 – 30 В.
220AC – питание переменным напряжением в диапазоне 110 – 240 В.

Ниже показаны схемы подключения и обозначения стандартных модификаций блоков.

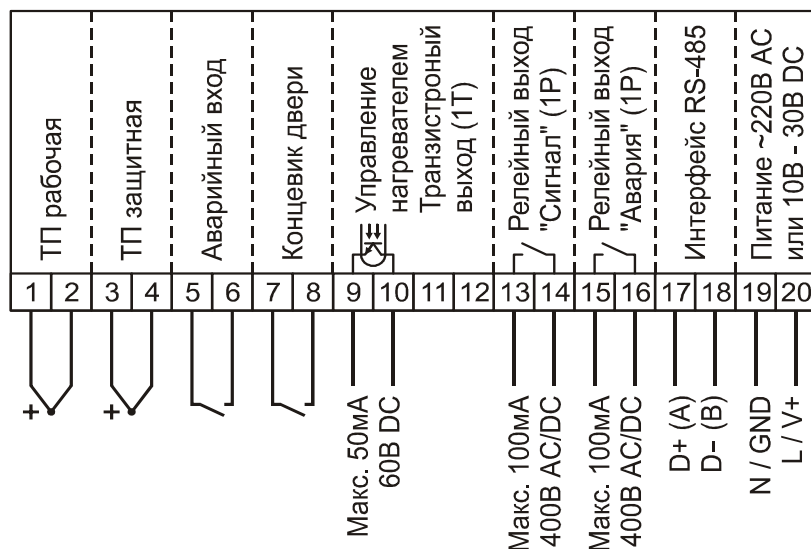
МБУ-02-3С-1Р-12DC МБУ-02-3С-1Р-220АС



МБУ-02-1С-2Р-12DC МБУ-02-1С-2Р-220АС



МБУ-02-1Т-2Р-12DC МБУ-02-1Т-2Р-220АС



При подключении термопары необходимо строго соблюдать полярность.

3. Внешний вид и органы управления

На лицевой панели измерителя-регулятора температуры МБУ-02 размещены:

1. Цифровые индикаторы, показывающие:

• **[P02C3]** – номер текущей программы и ступени;

• **[0650°]** – средняя температура с рабочей зоне или рабочая температура одной из нагревательных секций, °C;

• **[°C 700]** – заданную температуру выдержки, °C;

• **[H 060]** – заданную длительность выдержки, мин;

• **[U 025]** – заданную скорость нагрева/охлаждения, °C/мин;

• **[P 030]** – время работы на текущей фазе, мин;

• **[Err 7]** – код ошибки, в случае ее возникновения.

2. Сигнальные индикаторы, показывающие:

• режим работы печи;

• работу нагревателя.

3. Кнопки управления: **ПУСК**, **СТОП**, **ПРОГР.**

Включение измерителя-регулятора температуры МБУ-02 осуществляется подачей питающего напряжения. После включения индикатор режима работы на лицевой панели индицирует режим «ОЖИДАНИЕ». На индикаторах «ПАРАМЕТР» отображается средняя текущая температура в рабочем пространстве присоединенного электротермического оборудования.

В режиме отображения температуры нагревательной секции длительное нажатие на кнопку «ПРОГ» переключает режим отображения рабочей температуры нагревательной секции на режим отображения защитной температуры.

Изделие готово к работе.

4. Технические характеристики

Пределы допускаемой абсолютной погрешности компенсации температуры свободных (холодных) концов термопары, °C	±2
Потребляемая мощность, В·А, не более	10,0
Номинальное напряжение питающей сети, В исполнение «220AC» исполнение «12DC»	от 110 до 240 от 10 до 30
Частота переменного тока (для исполнения «220AC»), Гц	50
Электрическое сопротивление изоляции (при температуре 20±5 °C и напряжении 100 В), МОм, не менее:	20
Диапазон задания времени выдержки, мин	0 – 998; 999 = ∞
Диапазон задания скорости нагрева, °C/мин	0,01 – 99,9; 0 = max
Дискретность задания температуры, °C	1
Дискретность задания времени выдержки, мин	1
Дискретность скорости нагрева, °C /мин	0,1
Количество хранимых в памяти программ	20
Количество программируемых ступеней в программе	40
Количество входных измерительных каналов	2
Количество каналов управления	2
Габаритные размеры приборов, мм, не более:	
- глубина	90
- ширина	150
- высота	80
Габариты монтажного окна (для исполнения «В»), А x Н	137 ⁺¹ x 67 ⁺¹
Рабочие условия эксплуатации приборов:	
- температура окружающего воздуха, °C	от +5 до +50
- относительная влажность, %	от 30 до 80
- атмосферное давление, кПа (мм рт. ст.)	от 84,0 до 106,7 (от 630 до 800)
Средний срок службы, лет, не менее	10

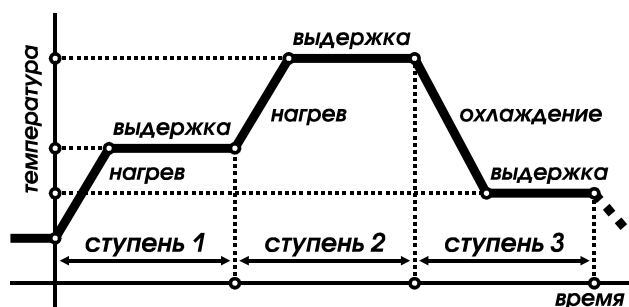
В соответствии с ГОСТ 14254-96 по защищенности от воздействия окружающей среды модули относятся к классу IP20 со стороны передней панели.

Диапазон измерений приборов при работе с соответствующими первичными термопреобразователями, пределы допускаемых основных приведенных погрешностей измерений и значение единицы младшего разряда приведены в таблице ниже:

Условное обозначение НСХ преобразования	Диапазон измерений, °C	Значение единицы младшего разряда, °C	Пределы допускаемой основной приведенной погрешности, %
Термопреобразователи сопротивления по ГОСТ 6651-2009			
Pt100 ($\alpha=0,00385\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$)	−100...+750 °C	0,1 / 1 ^(*)	±0,25
100П ($\alpha=0,00391\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$)	−100...+750 °C	0,1 / 1	
100М ($\alpha=0,00428\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$)	−100...+200 °C	0,1 / 1	
Cu100 ($\alpha=0,00426\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$)	−50...+200 °C	0,1	
Pt500 ($\alpha=0,00385\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$)	−100...+750 °C	0,1 / 1	
500П ($\alpha=0,00391\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$)	−100...+750 °C	0,1 / 1	
500М ($\alpha=0,00428\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$)	−100...+200 °C	0,1 / 1	
Cu500 ($\alpha=0,00426\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$)	−50...+200 °C	0,1	
Pt1000 ($\alpha=0,00385\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$)	−100...+750 °C	0,1 / 1	
1000П ($\alpha=0,00391\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$)	−100...+750 °C	0,1 / 1	
1000М ($\alpha=0,00428\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$)	−100...+200 °C	0,1 / 1	
Cu1000 ($\alpha=0,00426\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$)	−50...+200 °C	0,1	
Термоэлектрические преобразователи по ГОСТ Р 8.585-2001			
ТХК (L)	0...+800	0,1	±0,25
ТХКн (E)	0...+900	0,1	
ТЖК (J)	0...+1200	0,1 / 1	
ТНН (N)	0...+1300	0,1 / 1	
ТХА (K)	0...+1200	0,1 / 1	
ТПП (S)	0...+1600	0,1 / 1	
ТПП (R)	0...+1600	0,1 / 1	
ТПР (B)	+200...+ 1800	0,1 / 1	
ТВР (A-1)	0...+2000	0,1 / 1	
ТВР (A-2)	0...+2000	0,1 / 1	
ТВР (A-3)	0...+2000	0,1 / 1	
ТМК (T)	0...+400	0,1	
Примечание: * При температурах свыше 1000 °C и при температуре минус 100 °C цена единицы младшего разряда равна 1 °C.			

5. Принцип работы

Функционирование присоединенного электротермического оборудования происходит под контролем МБУ-02 в соответствии с заданной пользователем программой многоступенчатого нагрева/охлаждения (см. диаграмму). Для каждой ступени пользователем задаются: температура выдержки, время выдержки и скорость нагрева или охлаждения до указанной температуры. В процессе выполнения программы, при переходе на очередную ступень, рабочая зона начинает с заданной скоростью нагреваться или охлаждаться до заданной температуры выдержки. По достижении указанной температуры выполняется ее поддержание в течение заданного времени выдержки, после чего выполняется переход на следующую ступень программы.



6. Конфигурирование

Ввод программы заключается в последовательном указании значений температуры выдержки, времени выдержки и скорости нагрева или охлаждения для каждой ступени вводимой программы. Для корректировки параметров ступени необходимо выполнить следующие действия:

- в режиме ожидания нажать кнопку **ПРОГР**, при этом на индикаторах появится надпись в формате **[№ 1]**, означающая начало программирования программы №1 и ступени №1;

- при необходимости, скорректировать номер программы и номер ступени, используя кнопку **ПРОГР** для выбора корректируемого разряда и кнопку **ПУСК** для изменения значения в выбранном разряде;

- нажимая кнопку **ПРОГР** до появления надписи в формате **[°C 100]**, перейти в режим программирования температуры выдержки для данной ступени (температура задается в градусах);

- при необходимости, скорректировать температуру выдержки, используя кнопку **ПРОГР** для выбора корректируемого разряда и кнопку **ПУСК** для изменения значения в выбранном разряде;

- нажимая кнопку **ПРОГР** до появления надписи в формате **[Ч 050]**, перейти в режим программирования времени выдержки для данной ступени (время задается в минутах);

- при необходимости, скорректировать время выдержки, используя кнопку **ПРОГР** для выбора корректируемого разряда и кнопку **ПУСК** для изменения значения в выбранном разряде;

- нажимая кнопку **ПРОГР** до появления надписи в формате **[У 025]**, перейти в режим программирования скорости нагрева/охлаждения для данной ступени (скорость задается в градусах в минуту);

- при необходимости, скорректировать скорость нагрева/охлаждения, используя кнопку **ПРОГР** для выбора корректируемого разряда и кнопку **ПУСК** для изменения значения в выбранном разряде;

- для программирования следующей ступени, нажимая кнопку **ПРОГР**, добиться появления надписи в формате **[№ 1]**, после чего повторить все вышеописанные шаги для программы/ступени с другим номером;

- для завершения программирования и записи новых параметров ступени в память блока управления нажать кнопку **СТОП**.

Если используется менее 40 ступеней, то для ступени, следующей за последней программируемой, температура выдержки должна быть установлена равной **[°0000]**. При достижении такой ступени выполнение программы прекратится и печь перейдет в режим ожидания.

При необходимости для любой ступени может быть запрограммировано бесконечное время выдержки. В этом случае оно должно быть установлено равным **[Ч 999]**. При достижении такой ступени печь будет поддерживать заданную температуру до тех пор, пока пользователь не запустит принудительно следующую ступень, нажав кнопку **ПУСК**, или не прервет выполнение программы, нажав кнопку **СТОП**.

Для каждой ступени скорость нагрева/охлаждения задается в достаточно широком диапазоне. Однако в действительности поддерживаемая скорость нагрева ограничена мощностью печи, а поддерживаемая скорость охлаждения не может превышать скорость свободного остывания печи. При необходимости для любой ступени может быть запрограммирована максимально возможная скорость. Для этого она должна быть установлена равной **[У 005]**.

При нажатии кнопки **ПУСК** в режиме ожидания будет произведен запуск текущей программы с первой ступени. Текущей является последняя введенная программа. После включения печи текущей становится программа №1. Для выбора и запуска программы с произвольным номером необходимо выполнить следующие действия:

- в режиме ожидания нажать кнопку **ПРОГР**, при этом на индикаторах появится надпись в формате **[№ 1]**;

- скорректировать номер программы, используя кнопку **ПРОГР** для выбора корректируемого разряда и кнопку **ПУСК** для изменения значения в выбранном разряде;

- нажать кнопку **СТОП** для возврата в режим ожидания и кнопку **ПУСК** для запуска программы.

Для принудительного перехода на очередную ступень в процессе работы необходимо нажать кнопку **ПУСК**.

При запуске программы, а также при переходе на очередную ступень на индикаторах на короткое время появляется надпись в формате **[№25 3]**, указывающая номер текущей программы и ступени. В процессе выполнения программы индикатор режима работы на блоке управления индицирует режим «НАГРЕВ» (светодиод горит), режим «ОХЛАЖДЕНИЕ» (светодиод мигает) или режим «ВЫДЕРЖКА», что свидетельствует о происходящем в данный момент нагреве, охлаждении или выдержке.

При нажатии кнопки **ПРОГР** в процессе выполнения программы на индикаторах будут последовательно отображены: номер текущей программы и ступени, заданные температура и время вы-

держки, скорость нагрева/охлаждения, а также время работы печи на текущей фазе (время в минутах от начала нагрева/охлаждения или от начала выдержки).

В процессе работы при необходимости возможно открывание камеры обжига. В этом случае нагреватели печи отключаются, а выполнение программы приостанавливается. После закрытия камеры обжига печь продолжает свою работу.

После прохождения всех 40 ступеней или при достижении ступени с температурой выдержки, равной [°0000], выполнение программы прекращается и печь переходит в режим ожидания. Принудительно прервать работу печи в любой момент можно при помощи кнопки  **СТОП**.

В случае возникновения аварийных ситуаций выполнение программы прерывается, нагреватели печи отключаются, на индикаторах блока управления отображается сообщение об ошибке. Для сброса этого сообщения и перехода в режим ожидания следует нажать кнопку  **СТОП**.

Возможно появление следующих сообщений об ошибках:

- [Err 1] – ошибка загрузки системных параметров – для устранения ошибки следует обратиться на завод-изготовитель;
- [Err 2] – питание блока было выключено в режиме «НАГРЕВ» или в режиме «ВЫДЕРЖКА»;
- [Err 3] – ошибка загрузки параметров ступени или попытка запуска ступени, которая не была запрограммирована;
- [Err 4] – заданная температура выдержки для данной ступени больше максимально допустимой;
- [Err 5] – температура в рабочем пространстве превышает температуру аварийного отключения или обрыв термопреобразователя;
- [Err 6] – неисправность в работе силовых цепей (пробой тиристора или оптрона);
- [Err 7] – индикация внешней аварии.

7. Настройка регулятора

Для эффективного управления температурным режимом объекта управления используется программно реализованный ПД/ПИД-регулятор. Переключение конфигурации регулятора выполняется автоматически в зависимости от текущего состояния объекта и текущего режима работы. Регулятор с пропорционально-дифференциальной (ПД) структурой используется для управления процессом нагрева/охлаждения с поддержанием заданной скорости изменения температуры. Регулятор с пропорционально-интегрально-дифференциальной (ПИД) структурой используется для управления процессом выдержки с поддержанием заданной температуры в течение заданного времени.

Параметры настройки регулятора и их условные обозначения:

$K_{рег}$ – коэффициент передачи ПД/ПИД-регулятора (параметр №3.05),

$T_{рег}$ – постоянная времени ПД/ПИД-регулятора (параметр №3.06).

Закон регулирования в общем виде (для ПИД-регулятора):

$$y(t) = K_{рег} \left[\varepsilon(t) + T_{инт}^{-1} \int \varepsilon(t) dt + T_{диф} d\varepsilon(t) / dt \right],$$

$\varepsilon(t) = x_{зад} - x(t)$ – величина рассогласования, разность заданной температуры и текущей.

Постоянные времени для интегральной и дифференциальной компонент регулятора:

$T_{инт} = \infty$ – для ПД-регулятора,

$T_{инт} = T_{рег} / 2$ – для ПИД-регулятора,

$T_{диф} = T_{рег} / 8$.

Управляющее воздействие (подводимая к нагревателю мощность):

$$u(t) = \begin{cases} u_{макс}, & y(t) > u_{макс} \\ y(t), & 0 \leq y(t) \leq u_{макс} \\ 0, & y(t) < 0 \end{cases},$$

$u_{макс} \in [0; 1]$ – ограничение мощности нагревателя (см. параметр № 3.03).

Экспериментальная настройка параметров регулятора основана на методе незатухающих колебаний. Суть его заключается в следующем. Система переводится на пропорциональный закон регулирования путем отключения интегральной и дифференциальной компонент регулятора ($T_{рег} = 0$, см. параметр №3.06). Задается некоторое начальное значение коэффициента передачи (например: $K_{рег} = 0.050$, см. параметр №3.05). Запускается процесс регулирования с отработкой некоторой заданной температуры из середины рабочего диапазона (ступенчатое входное воздействие, например: текущая температура 100 °С, заданная 400 °С, выдержка максимальная, скорость максимальная и не регулируется).

Если при этом в системе возникают затухающие колебания (см. рисунок 1) – коэффициент передачи увеличивают. Если максимумы установившихся колебаний превышают заданную температуру – коэффициент уменьшают. Путем последовательного изменения коэффициента передачи добиваются возникновения в системе незатухающих колебаний, имеющих вид, показанный на рисунке 2. Это так называемый режим критических колебаний.

В этом режиме фиксируются коэффициент передачи $K_{кр}$ регулятора и период критических колебаний $T_{кр}$ температуры в системе. Исходя из этих значений, параметры настройки регулятора рассчитываются следующим образом:

$$K_{рег} = 0.6 \times K_{кр},$$

$$T_{рег} = T_{кр}.$$

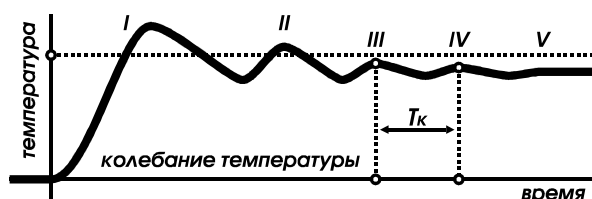


Рис. 1. Затухающие колебания.

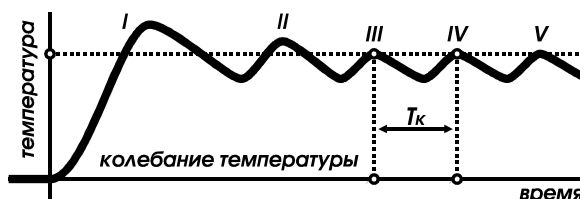


Рис. 2. Незатухающие колебания.

8. Поверка

Для отключения компенсации холодного спая при проведении поверки необходимо:

- для термопары ТХА ввести в параметр 2.01 значение **22.22**
- для термопары ТНН ввести в параметр 2.01 значение **21.21**
- для термопары ТПП(R) ввести в параметр 2.01 значение **23.23**
- для термопары ТПП(S) ввести в параметр 2.01 значение **24.24**
- для термопары ТПР(B) ввести в параметр 2.01 значение **25.25**
- для термопары ТМК ввести в параметр 2.01 значение **26.26**
- для термопары ТХК ввести в параметр 2.01 значение **27.27**
- для термопары ТХКн ввести в параметр 2.01 значение **28.28**
- для термопары ТЖК ввести в параметр 2.01 значение **29.29**
- для термопары ТВР(A-1) ввести в параметр 2.01 значение **2A.2A**
- для термопары ТВР(A-2) ввести в параметр 2.01 значение **2B.2B**
- для термопары ТВР(A-3) ввести в параметр 2.01 значение **2C.2C**

После проведения поверки вернуть измененные значения параметров назад.

Для включения режима измерения холодного спая необходимо установить значение **BF.BF** в параметре 2.01.

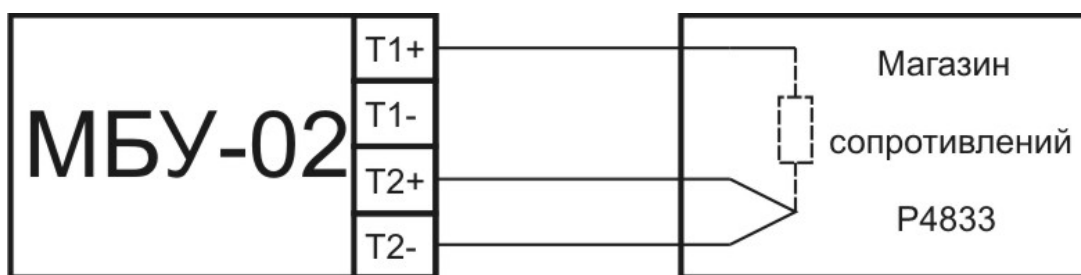


Схема подключения магазина сопротивлений для поверки работы с ТС.

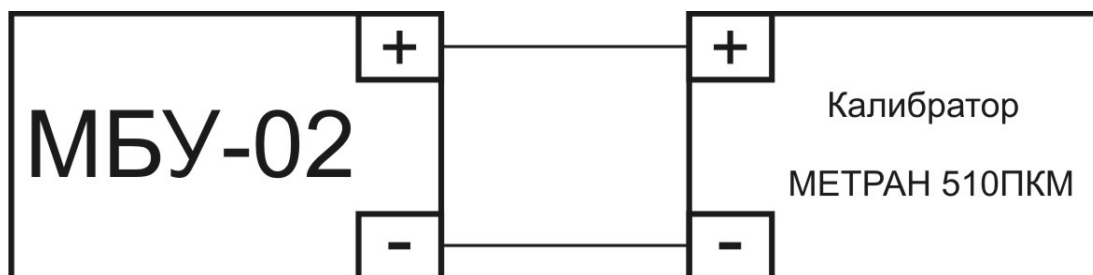


Схема подключения калибратора

9. Свидетельство о приемке

Измеритель-регулятор температуры программируемый «МБУ-02- _____»
заводской № _____ соответствует ТУ 3434.016.24662585-11 и годен для эксплуатации.

Дата выпуска: _____ 20____ г.

Контролер ОТК: _____ / _____ /
подпись Ф.И.О.

10. Гарантии изготовителя

Предприятие-изготовитель гарантирует бесплатный ремонт блока управления в течение 12 месяцев с даты продажи.

Настоящая гарантия действительна только в случае, если паспорт правильно заполнен (имеется четко проставленные печати и дата продажи).

Гарантия теряет силу при следующих обстоятельствах:

- при непредусмотренном инструкцией по эксплуатации использовании или при чрезмерном использовании;
- при механическом повреждении;
- при подключении в сеть с напряжением, отличным от указанного на изделии;
- при непредусмотренной инструкцией по эксплуатации разборке или любом другом постороннем вмешательстве в конструкцию изделия;

Настоящая гарантия ни при каких обстоятельствах не дает права на возмещение убытков.

Адрес предприятия-изготовителя:

ЗАО «МИУС», Россия, 300005, г. Тула, ул. Васина, 34-б
тел./факс: (4872) 390-322, 390-233

для корреспонденции: 300005, г. Тула-5, а/я 1997
<http://www.zaomius.ru> e-mail: info@zaomius.ru

11. Свидетельство о поверке

Измеритель-регулятор температуры программируемый «МБУ-02- _____»
заводской № _____ прошел первичную поверку для термопреобразователей
_____ и годен для эксплуатации.

Межповерочный интервал два года.

Дата первичной поверки: _____ 20____ г.

Поверитель: _____ / _____ /
подпись Ф.И.О.

Последующие поверки

Дата поверки	Результаты поверки	Подпись