

Контроллеры широкого применения

Панельный ПИД-регулятор

Серия МС

МС-1Т

Руководство по эксплуатации

Версия от 18.08.2015

© НИЛ АП, 2013

Одной проблемой стало меньше!

Уважаемый покупатель!

Научно-исследовательская лаборатория автоматизации проектирования (НИЛ АП) благодарит Вас за покупку и просит сообщать нам свои пожелания по улучшению этого руководства или описанной в нем продукции. Ваши пожелания можно направлять по приведенным ниже реквизитам:

НИЛ АП, ул. Зои Космодемьянской, 2, Таганрог, 347924,
Тел. (8634) 324-140, 376-157, факс (8634) 324-139,
эл. почта: info@rlda.ru
вебсайт: www.RealLab.ru.

Вы можете также получить консультации по применению нашей продукции, воспользовавшись указанными выше координатами.

Пожалуйста, внимательно изучите настоящее руководство. Это позволит вам в кратчайший срок и наилучшим образом использовать приобретенное изделие.

Авторские права на программное обеспечение, аппаратную часть и документацию принадлежат НИЛ АП.

Программное обеспечение поставляется потребителю в таком виде, в котором оно существует на дату поставки, без обязательств доработки под нужды конкретного потребителя. Тем не менее, пользователь имеет право получать обновленные версии программного обеспечения, которые будут появляться по мере его дальнейшего развития.

Оглавление

1. ВВОДНАЯ ЧАСТЬ	4
2. ОПИСАНИЕ И РАБОТА	4
2.1. Назначение	4
2.2. Технические характеристики	5
2.2.1. Условия эксплуатации.....	5
2.2.2. Эксплуатационные свойства	5
2.2.3. Технический параметры.....	6
2.3. Состав и конструкция	6
2.4. Цоколевка разъемов	7
2.5. Модификации изделия	7
2.6. Требуемый уровень квалификации персонала	7
2.7. Маркировка и пломбирование	8
2.8. Упаковка	8
2.9. Комплект поставки	8
3. РУКОВОДСТВО ПО ПРИМЕНЕНИЮ	8
3.1. Подготовка к работе	8
3.2. ПИД-регулятор	10
3.3. Алгоритм работы регулятора	11
3.4. Рекомендации по выбору параметров ΔT, K_p, T_i и T_d	12
3.5. Modbus RTU	13
4. ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ	15
4.1. Принцип действия	15
5. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ И РЕМОНТ	17
5.1. Техника безопасности	17
5.2. Порядок технического обслуживания	17
5.3. Порядок ремонта	17
6. ХРАНЕНИЕ, ТРАНСПОРТИРОВКА И УТИЛИЗАЦИЯ	17
7. ГАРАНТИЯ ИЗГОТОВИТЕЛЯ	18
8. СВЕДЕНИЯ О СЕРТИФИКАЦИИ	18

1. Вводная часть

Панельный ПИД регулятор МС- 1Т (далее по тексту - "регулятор") предназначен для высокоточного измерения и поддержания заданной температуры в теплоизолированных пространствах, например, в инкубаторах, холодильниках а также для других применений.

Конструкция регулятора разработана с учетом максимального удобства его монтажа на операторские панели.

Применяя регулятор в тех или иных конструкциях, необходимо понимать, что в соответствии с законами физики точность поддержания заданной температуры зависит не только от характеристик регулятора, но и от других параметров всей конструкции, в которой с помощью регулятора нужно поддерживать заданную температуру:

- от мощности нагревателя или охладителя;
- от теплоемкости нагреваемой или охлаждаемой среды;
- от скорости передачи тепла от нагревателя или к охладителю в контролируемую среду (теплового сопротивления между нагревателем или охладителем и средой);
- от скорости утечки тепла в окружающую среду или притока тепла из окружающей среды в контролируемую среду (теплового сопротивления между контролируемой средой и окружающей средой), то есть от качества теплоизоляции корпуса;
- от места расположения датчика температуры по отношению к нагревателю или охладителю.

Со всеми выше перечисленными тонкостями применения регуляторов можно ознакомиться в специальной литературе, в том числе на нашем вебсайте http://www.bookasutp.ru/Chapter5_1.aspx .

2. Описание и работа

2.1. Назначение

Основным назначением устройства является управление температурой различных объектов (нагревом или охлаждением) по ПИД-закону управления с помощью оптосимистора.

2.2. Технические характеристики

2.2.1. Условия эксплуатации

Рабочими условиями эксплуатации являются следующие:

- температура окружающей среды: от -40 °С до +70 °С;
- относительная влажность при +30 °С без конденсации влаги до 95%
- атмосферное давление 84...107 кПа

2.2.2. Эксплуатационные свойства

- диапазон измерения - от -50 до +125 °С;
- дискретность измерения 0,1 °С в интервале от -50,0 до +125,0 °С;
- погрешность измерения температуры $\pm 0,5$ °С в интервале измерения от -10 до +85 °С;
- погрешность измерения температуры ± 2 градуса в интервале от -50 до -10 °С и от +85 до +125 °С;
- диапазон устанавливаемых значений заданной температуры от -50 до +125 °С;
- точность поддержания заданной температуры + 0,1 °С;
- напряжение питания - 10...30 В (от источника постоянного напряжения);
- мощность нагрузки до 450 Вт при напряжении на нагрузке не более ~240 В;
- тип выходов: оптосимисторы;
- тип интерфейса - RS-485;
- степень защиты корпуса - не хуже IP20;
- вес - 150 г;
- вибрационные нагрузки в диапазоне частот 5-55 Гц с амплитудой вибро-смещения - 0,1 мм;
- срок эксплуатации - 25 лет.

2.2.3. Технические параметры

Табл. 2.1. Технические характеристики

Напряжение питания терморегулятора	$=U_{вх}$	10...30	В	
Ток, потребляемый терморегулятором	$=I_{пит}$	0,15	А	
Напряжение питания нагрузки	$\sim U_{вх}$	220	В	
Мощность нагрузки	$P_{вых}$	450	Вт	не более

Предельные режимы:

Температура+70 °С;

Напряжение питания терморегулятора =30 В;

Напряжение питания нагрузки ~240 В;

Ток нагрузки 10 А.

Примечание.

1. Предельные режимы не могут быть использованы для нормального функционирования прибора. Они показывают только границы, выход за которые может вывести прибор из строя или привести к резкому снижению надежности.
2. Конденсация влаги на приборе при хранении и эксплуатации не допускается.

2.3. Состав и конструкция

На рис. 2.1 показан внешний вид устройства.

Съемные клеммные колодки находятся снизу корпуса и позволяют выполнить быструю замену устройства без отсоединения подведенных к нему проводов. Для отсоединения клеммной колодки нужно силой вытащить колодку из ответной части, остающейся в устройстве.

Корпус выполнен из ударопрочного полистирола методом литья под давлением. Внутри корпуса находится печатная плата. Монтаж платы выполнен по технологии монтажа на поверхность.



Рис. 2.1. Внешний вид регулятора MC-1T

2.4. Цоколевка разъемов

Цоколевка разъемов указана с тыльной стороны устройства и соответствует рис. 3.1.

2.5. Модификации изделия

Устройство не имеет модификаций.

2.6. Требуемый уровень квалификации персонала

Устройство предназначен для эксплуатации персоналом, обученным по специальности АСУ ТП.

Устройство не имеет цепей, находящихся под опасным для жизни напряжением.

2.7. Маркировка и пломбирование

На лицевой панели устройства указана торговая марка изготовителя, наименование изделия, степень защиты корпуса, температурный диапазон работоспособности.

С оборотной стороны указан адрес изготовителя и серийный номер изделия. Пломбирование устройства не предусмотрено.

2.8. Упаковка

Для поставки потребителю устройство помещается в специально изготовленную коробку из гофрокартона. На коробке наклеивается идентификационный листок с указанием марки изделия, находящегося в таре, а также транспортировочные обозначения. Упаковка защищает систему от повреждений во время транспортировки.

2.9. Комплект поставки

В комплект поставки входят:

- терморегулятор;
- датчик температуры;
- руководство по эксплуатации.

3. Руководство по применению

3.1. Подготовка к работе

Извлеките регулятор из упаковки. Если регулятор находился при температуре ниже 0 градусов, то после распаковки в теплом помещении не включайте его сразу в сеть, выдержите около получаса при комнатной температуре, для того чтобы высохла влага, сконденсировавшаяся (осевшая) на холодных элементах внутри регулятора. Подключите к регулятору датчик в соответствии с приведенной на рис. 3.1, рис. 3.2 схемой датчика, источник питания, нагреватель, вентилятор и сетевой кабель для питания нагревателя и вентилятора.

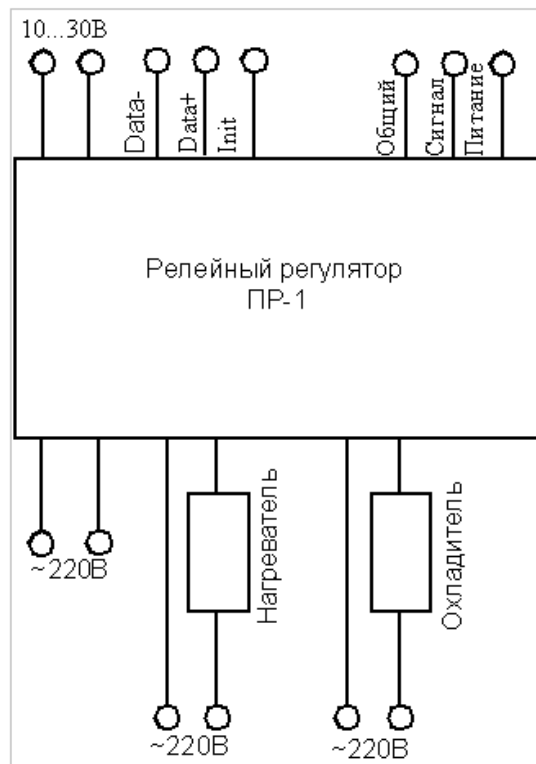


Рис. 3.1. Схема подключения регулятора

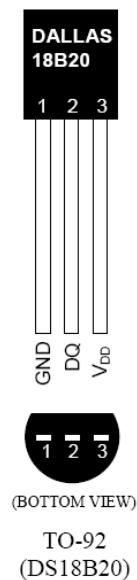


Рис. 3.2. Цоколевка датчика DS18B20: вывод 1 (GND) - "Общий", вывод 2 (DQ) - "Сигнал", вывод 3 (Vdd) - "Питание" (см. рис. 3.2)

ВНИМАНИЕ: НАГРУЗКУ НЕОБХОДИМО ПОДКЛЮЧАТЬ ТОЛЬКО К ОПТОСИМИСТОРАМ, НИ В КОЕМ СЛУЧАЕ НЕЛЬЗЯ ПОДКЛЮЧАТЬ НАГРУЗКУ К ПРОВОДАМ ТЕРМОРЕГУЛЯТОР (КРАСНЫЙ И БЕЛЫЙ ПРОВОД).

После включения источника питания регулятора на верхнем индикаторе должна появиться заданная температура, а на нижнем индикаторе температура, измеряемая подключенным датчиком температуры.

Если датчик подключен неправильно, неисправен или не подключен, регулятор будет выводить на нижнем индикаторе мигающую надпись «Obr».

По заводским настройкам регулятор находится в режиме работы «релейный регулятор».

Для того, чтобы изменить значение заданной температуры, необходимо перейти в режим «Настройка» → “Temp”, нажав одновременно на две правые кнопки. После перехода в режим «Temp» левыми кнопками можно изменить заданное значение температуры.левой верхней кнопкой заданное значение увеличивается, левой нижней — уменьшается.

При нажатии одной из указанных кнопок значение заданной температуры изменяются на 0,1 градуса каждую секунду. Если удерживать кнопку больше 5-ти секунд, то скорость изменения заданной температуры увеличивается. При кратковременном однократном нажатии на кнопку значение изменяется на 0,1 градуса.

После того, как Вы установили необходимую температуру, снова нажмите одновременно две правые кнопки; это приведет к переходу терморегулятора в режим «Работа». Если в течение 10 сек. не нажимать никакие кнопки, терморегулятор перейдет в режим «Работа» автоматически.

3.2. ПИД-регулятор

Устройство имеет два встроенных алгоритма регулирования: релейный и ПИД. Это позволяет использовать его в качестве локального технологического контроллера для выполнения функции стабилизации технологических параметров.

Релейный регулятор используется, когда контур регулирования не содержит звеньев с большой инерционностью. Достоинством релейного регулятора является быстрый выход на режим, недостатком - колебания температуры около заданного значения. Амплитуда колебаний зависит от инерционности объекта и при большой инерционности колебания может стать недопустимо большой. В этом случае необходимо использовать ПИД-регулятор. Управляющее воздействие на исполнительное устройство, например, на нагреватель или на охладитель, поступает с выходов регулятора Вых.1 и Вых.2.

Величина управляющего воздействия задается в виде длительности замкнутого состояния ключа дискретного выхода, которое повторяется с заданным периодом, т.е. с помощью широтно-импульсной модуляции (ШИМ). На выход Вых.1 подается ШИМ сигнал, если управляющее воздействие на объект больше нуля (например, необходимо включить нагреватель) или на выход Вых.2, если управляющее воздействие меньше нуля (например, когда надо включить вентилятор или холодильник). Если в системе нет устройства, обрабатывающего отрицательное воздействие на объект, то используется только выход Вых.1.

3.3. Алгоритм работы регулятора

Использованный в устройстве алгоритм регулирования основан на дискретизации классического уравнения ПИД регулятора:

$$y(t) = K_p \cdot \left(x(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t x(t) dt + T_d \frac{dx(t)}{dt} \right)$$

где $y(t)$, $x(t)$ - выходная и входная величина регулятора; K_p - пропорциональный коэффициент регулятора (усиление регулятора); T_i - постоянная времени интегрирования, [с]; T_d - постоянная времени дифференцирования, [с].

Входной величиной является температура. Выходной величиной является скважность импульсов (отношение длительности импульса T_u к его периоду $T_{шим}$ ($y = T_u / T_{шим}$)).

После квантования времени уравнение дискретного ПИД регулятора записывается в виде:

$$T_y = -T_{шим} \times \left(K_p \cdot (x_i - x_z) + C_i \sum_1^n (x_i - x_z) + C_d \cdot (x_i - x_{i-1}) \right),$$

где T_u - длительность ШИМ импульса, [с]; $T_{шим}$ — период следования ШИМ импульсов, [с].

$$C_i = \frac{K_p \Delta T}{T_i},$$

где ΔT – период регулирования. [с];

$$C_d = \frac{K_p T_d}{\Delta T},$$

x_i - текущее значение входной переменной регулятора на i -том шаге работы регулятора, измеренное в нулевом канале V_{in0} ; x_{i-1} - значение входной переменной, измеренное на предыдущем временном шаге; x_z - значение вход-

ной переменной, которое регулятор стремится стабилизировать. Пользователь задает следующие величины: ΔT , $T_{шим}$, xz , K_p , C_i , C_d .

ΔT задается в диапазоне от 1 до 999 сек, с шагом 1 сек;

$T_{шим}$ задается в диапазоне от 1 до 99,9 сек с шагом 0,1 сек;

xz задается в диапазоне от -55,0 до 125,0 градусов с шагом 0,1;

Параметры K_p , T_i и T_d выбираются как описано ниже. Коэффициенты C_i , C_d вычисляются пользователем по формулам, записанным выше и могут задаваться в пределах: C_i - от 0,001 до 0,999, C_d - от 0,01 до 9,99. Размерность этих коэффициентов совпадает с размерностью K_p .

Длительность ШИМ импульса T_u , вычисляемая контроллером, может изменяться в диапазоне от $-T_{шим}$ до $+T_{шим}$ с шагом 0,01 сек.

Если длительность импульса $T_u > 0$, то импульс подается на Вых.1 (например, для включения нагревателя), если же $T_u < 0$, то ШИМ импульс подается на Вых.2 (например, для включения охладителя), а выход Вых.1 выключается.

3.4. Рекомендации по выбору параметров ΔT , K_p , T_i и T_d

В литературе описано большое разнообразие методов расчета коэффициентов ПИД-регулятора, в том числе оформленных в виде программ для компьютера. Ниже приведен один из таких методов.

Для того, чтобы эффект квантования по времени мало сказывался на динамике системы цифрового регулирования, рекомендуется выбирать период регулирования из соотношения:

$$(T_{95}/15) < \Delta T < (T_{95}/5),$$

где T_{95} - время достижения выходным сигналом уровня 95% от установившегося значения при подаче на вход объекта ступенчатого сигнала. В реальных условиях при управлении инерционными процессами значение T_{95} берется от 1 секунды до нескольких минут. При регулировании малоинерционных процессов (например, расхода жидкости) эта величина может составлять десятые доли секунды. Нельзя выбирать большие периоды опроса, особенно для ответственных процессов, т.к. в этом случае большие случайные возмущения, связанные, например, с аварийными ситуациями, будут ликвидироваться слишком медленно. В то же время, при слишком малом периоде опроса повышаются требования к быстродействию контроллера и увеличивается влияние шумов дифференцирования.

С целью упрощения процедуры настройки цифрового ПИД-регулятора американские ученые Зиглер и Никольс рекомендуют выбирать значения $\Delta T/T_i=0,2$ и $T_d/\Delta T = 1,25$. При этом в ПИД-регуляторе настраиваемым параметром остается лишь один коэффициент усиления регулятора K_p , чем и

объясняется простота и широкая распространенность этого метода настройки. Коэффициент Kp достаточно просто настроить экспериментально, например, по критерию быстроты затухания колебаний или величины перерегулирования. О других методах настройки ПИД-регулятора см. на вебсайте http://www.bookasutp.ru/Chapter5_1.aspx.

3.5. Modbus RTU

В регуляторе имеется интерфейс RS-485, с помощью которого возможно дистанционное управление режимом работы регулятора.

При этом управление выполняется с помощью любой программы, способной посылать ASCII-коды в порт RS-232 (RS-485), например, программой HyperTerminal из стандартной поставки Windows.

Командные коды Modbus RTU приведены в табл. 3.1.

Режим INIT.

В режиме INIT всегда устанавливается адрес 01, скорость обмена 9600 бит/с. Установленные в режиме INIT параметры вступают в силу после перезагрузки устройства.

Для перехода в режим INIT выполните следующие действия:

- выключите устройство;
- соедините вывод "INIT" с выводом "GND";
- включите питание.

Табл. 3.1. Коды Modbus RTU

HEX адрес регистра	Что читается или записывается	Код функции чтения регистра	Код функции записи в регистр	Примечание
02 00	текущее значение адреса	03	06	00-FF
02 01	текущее значение скорости обмена	03	06	04-0A(2400-115200)
02 02	чтение текущего имени устройства	03	-	
02 05	чтение текущей версии по устройству	03	-	
00 02	текущее значение установленной температуры	03	06	знаковое двухбайтовое целое, -550..1250, норм. коэф. 0,1
00 03	текущее состояние цифро-	03	06	запись состояния вы-

4. Принципы построения

	ВЫХ ВЫХОДОВ			ходов возможна только после подачи команды о переходе на ручной режим работы
00 04	текущий режим работы	03	06	01 — релейный 02 — ручное управление 03 — ПИД-регулятор
00 06	текущее значение K_p	03	06	знаковое двухбайтовое целое, 0,01..9,99 норм. коэф. 0,01
00 07	текущее значение C_i	03	06	знаковое двухбайтовое целое, 0,001..0,999 норм. коэф. 0,001
00 08	текущее значение C_d	03	06	знаковое двухбайтовое целое, 0,01..9,99 норм. коэф. 0,01
00 09	длительность ШИМ	03	06	знаковое двухбайтовое целое, 1..99,9 норм. коэф. 0,1
00 0A	длительность периода регулирования	03	06	знаковое двухбайтовое целое, 1..999 норм. коэф. 1
00 00	текущее значение температуры с датчика	04	-	знаковое двухбайтовое целое, 0,01..9,99 норм. коэф. 0,1
00 01	текущее значение работы выходов(оптосимисторов)	04	06	запись состояния выходов возможна только после подачи команды о переходе на ручной режим работы
02 02	запись нового имени устройства	-	10	не более 4 байт

4. Принципы построения

4.1. Принцип действия

В состав регулятора входит цифровой датчик температуры DS18B20 американской фирмы Dallas Semiconductor, который измеряет температуру и передает ее в цифровых кодах микроконтроллеру по его запросам.

Передача информации о температуре в цифровой форме обеспечивает ее максимальную достоверность. Микроконтроллер сравнивает измеренную температуру с заданной Вами температурой. Если измеренная температура ниже заданной более чем на 0,1 градуса - микроконтроллер подает сигнал на подключение нагревателя к сети питания, при этом на панели терморегулятора левый светодиодный индикатор начинает светиться зеленым цветом. Если температура датчика равна заданной - индикатор светится желтым цветом.

Как только датчик зафиксирует превышение измеренной температуры над заданной температурой более 0,1 градуса, микроконтроллер подает сигнал на отключение нагревателя от сети питания и включение охладителя (например, вентилятора, если он подключен к терморегулятору), при этом индикатор светится красным цветом.

Подключение и отключение нагревателя выполняется оптосимисторами.

ВНИМАНИЕ: ОПТОСИМИСТОРЫ ТЕРМОРЕГУЛЯТОРА НЕ ИМЕЮТ ЗАЩИТЫ ОТ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ В НАГРУЗКЕ (НАГРЕВАТЕЛЕ ИЛИ ОХЛАДИТЕЛЕ).

Микроконтроллер одновременно с управлением нагревателем и охладителем занимается отображением измеренной и заданной температуры на четырехзначных цифровых индикаторах.

Управление терморегулятором выполняется с помощью кнопок, расположенных рядом с цифровыми индикаторами. Терморегулятор имеет два режима:

- режим «Работа»;
- режим «Настройка».

В режиме «Работа» верхний индикатор показывает заданную температуру, нижний - температуру в месте расположения датчика. В режиме «Работа» свечение среднего светодиода отображает режим работы регулятора.

Если средний светодиод горит зеленым — включен релейный регулятор, оранжевым — ПИД-регулятор, красным — включено дистанционное ручное управление выходами.

Переход в режим «Настройка» осуществляется путем одновременного нажатия двух кнопок, правой нижней и правой верхней. После перехода в режим настройки на верхнем индикаторе отображается номер режима настройки, одновременно о переходе в режиме «Настройка» свидетельствует красное свечение правого светодиода.

В режиме настройки на нижнем светодиодном индикаторе отображается пункт меню (имя изменяемого параметра).

Изменение параметра производится верхней левой и нижней левой кнопками. Верхняя левая кнопка производит увеличение параметра, нижняя — уменьшение.

Меню переключаются нажатием нижней правой кнопки. Верхняя правая кнопка сохраняет введенное вами значение. Для защиты от случайной записи требуется удерживать кнопку. По завершении записи параметра в память правый светодиод мигнет, а меню переключится на следующий пункт настроек.

Всего существует 8 параметров меню:

$\square\square\Pi\square$ - Temp – заданная температура, которую должен постоянно поддерживать регулятор;

$\square\square$ - Kp – пропорциональный коэффициент ПИД-регулятора;

\square - Ci – интегральный коэффициент ПИД-регулятора;

$\square d$ - Cd – дифференциальный коэффициент ПИД-регулятора;

$\square H_i \Pi$ - Shim – длительность периода ШИМ;

$\square\square\square$ - Per – длительность периода регулирования;

$\Pi\square\square\square$ - Mode – режим работы (ПИД-регулятор или релейный регулятор, 01 — релейный регулятор, 03 — ПИД-регулятор).

Особенности настройки ПИД-регулятора описаны в соответствующем пункте данного руководства.

Заданные значения сохраняются в долговременной памяти микроконтроллера даже после выключения терморегулятора из сети.

Выход из режима «Настройка» осуществляется путем одновременного нажатия двух кнопок: правой нижней и правой верхней, или по прошествии 10 секунд, если не нажимаются кнопки.

5. Техническое обслуживание и ремонт

5.1. Техника безопасности

Перед включением терморегулятора в электрическую сеть убедитесь еще раз, что электрический монтаж выполнен правильно, что в схеме нет коротких замыканий.

Все работы по монтажу терморегулятора и его датчика следует проводить только после отключения терморегулятора от сети питания ~ 220 В.

Запрещается эксплуатация терморегулятора с повреждением изоляции проводов сети 220 В или нагрузки (нагревателя).

Запрещается вскрывать корпус терморегулятора.

Терморегулятор должен быть установлен так, чтобы в него не могла попасть вода.

Запрещается прикасаться к нагрузке (нагревателю), если терморегулятор подключен к сети.

После выключения терморегулятора из сети соблюдайте осторожность - нагреватель может иметь высокую температуру.

5.2. Порядок технического обслуживания

Устройство не требует технического обслуживания.

5.3. Порядок ремонта

Устройство не подлежит ремонту, поскольку стоимость ремонта сопоставима со стоимостью устройства. В случае его выхода из строя в течение гарантийного срока устройство заменяется на исправное у изготовителя. В случае выхода из строя по истечении гарантийного срока следует приобрести новое устройство.

6. Хранение, транспортировка и утилизация

Хранить устройство следует в таре изготовителя. При ее отсутствии надо принять меры для предохранения изделия от попадания внутрь его и на поверхность пыли, влаги, конденсата, инородных тел. Срок хранения прибора составляет 10 лет.

Транспортировать изделие допускается любыми видами транспорта в таре изготовителя.

Устройство не содержит вредных для здоровья веществ и его утилизация не требует принятия особых мер.

7. Гарантия изготовителя

НИЛ АП гарантирует бесплатную замену неисправных устройств в течение 18 мес. со дня продажи при условии отсутствия видимых механических повреждений.

Претензии не принимаются при отсутствии в паспорте на изделие подписи и печати торгующей организации.

Доставка изделий для ремонта выполняется по почте или курьером. При пересылке почтой блоки системы должны быть помещены в упаковку изготовителя или эквивалентную ей по стойкости к механическим воздействиям во время пересылки. К изделию необходимо приложить описание дефекта и условия, при которых прибор вышел из строя.

8. Сведения о сертификации

Устройство не относится к приборам, подлежащим обязательной сертификации. Добровольная сертификация устройства не проводилась.