

Юридический адрес:

606030, Нижегородская область, г. Дзержинск,  
ул. Набережная Окская, дом 3, помещение Б



ТИЗПРИБОР®

Почтовый адрес:

606030, Нижегородская область, г. Дзержинск, а/я 47  
тел. (495) 540-52-98, e-mail: zavod@tizpribor.com

ООО «Завод «ТИЗПРИБОР»

Основан в 1933

# УСТРОЙСТВО РЕГУЛИРУЮЩЕЕ ПНЕВМАТИЧЕСКОЕ ПРОПОРЦИОНАЛЬНО-ИНТЕГРАЛЬНОЕ

**ФР0091**

**Руководство по эксплуатации  
9078476 РЭ**

**ТУ 4218-003-37185268-2012**

## СОДЕРЖАНИЕ

1.	Описание и работа.....	3
1.1.	Назначение .....	3
1.2.	Технические характеристики.....	3
1.3.	Устройство и работа.....	5
2.	Использование по назначению.....	10
2.1.	Эксплуатационные ограничения.....	10
2.2.	Подготовка к работе .....	12
2.3.	Порядок работы .....	13
3.	Техническое обслуживание.....	15
3.1.	Общие указания .....	15
3.2.	Меры безопасности .....	15
3.3.	Методы контроля и испытаний.....	16
4.	Текущий ремонт .....	16
4.1.	Диагностирование.....	16
4.2.	Ремонт.....	17
5.	Хранение .....	17

## Приложения

Рис. 1.	Принципиальная схема.....	18
Рис. 2.	Общий вид регулятора.....	19
Рис. 3.	Габаритные и установочные размеры регулятора .	20
Рис. 4.	Габаритные и установочные размеры гнезда.....	21
Рис. 5.	Соединения по наружному конусу для внешних штуцеров гнезда .....	22

# 1. Описание и работа

## 1.1. Назначение

Устройство регулирующее пневматическое пропорционально–интегральное (ПИ) ФР0091 (далее в тексте регулятор) применяется в АСУ ТП на опасных производственных объектах нефтегазовой, нефтехимической, нефтеперерабатывающей, химической, пищевой и других отраслях промышленности.

Регулятор может быть использован для работы с датчиками, приборами контроля, задатчиками или другими устройствами со стандартными пневматическими сигналами на выходе и входе.

Регулятор предназначен для получения непрерывного пропорционально–интегрального регулирующего воздействия давления сжатого воздуха на исполнительный механизм или какое–либо другое устройство системы регулирования с целью поддержания измеряемого параметра (расхода, давления, температуры и проч.) на заданном уровне.

## 1.2. Технические характеристики

За входной сигнал регулятора принимается разность между значениями регулируемой величины (Х) и задания (W).

Границные значения выходного аналогового сигнала У регулятора находятся в пределах:

нижнее – от 0 до 5 кПа (от 0 до 0,05 кгс/см<sup>2</sup>)

верхнее – от 100 кПа (1,0 кгс/см<sup>2</sup>) до величины давления питания.

Предельные значения рабочего диапазона изменения выходного сигнала, регулируемой величины и задания составляют:

нижнее – 20 кПа (0,2 кгс/см<sup>2</sup>),

верхнее – 100 кПа (1,0 кгс/см<sup>2</sup>).

Предельные значения диапазона настройки зоны пропорциональности ( $\delta$ ):

нижнее – 2 %;

верхнее – 3000 %.

Предельные значения диапазона настройки времени интегрирования (Ти):

нижнее – 0,05 мин;

верхнее – не менее 100 мин на отметке шкалы<sup>∞</sup> (при закрытом сопротивлении).

Давление питания 140 кПа  $\pm$  4 кПа (1,4 кгс/см<sup>2</sup>  $\pm$  0,14 кгс/см<sup>2</sup>).

Воздух питания должен быть осушен и очищен от пыли и масла.

Класс загрязненности сжатого воздуха 0 и 1 по ГОСТ 17433–80.

Источником энергии для приведения регулятора в действие служит сжатый воздух давлением до стабилизатора от 300 до 600 кПа (от 3 до 6 кгс/см<sup>2</sup>).

Предел допускаемой основной погрешности регулятора составляет  $\pm 0,5 \%$ .

Основная погрешность выражается как наибольшее значение входного сигнала, выраженное в процентах его нормирующего значения 80 кПа (0,8 кгс/см<sup>2</sup>), при установившемся выходном сигнале.

Примечание. Основную погрешность определяют при следующих условиях: температуре окружающего воздуха (20  $\pm$  2) °С; относительной влажности воздуха от 30 до 75 %; отклонении давления питания не более  $\pm 2\% = 3$  кПа (0,03 кгс/см<sup>2</sup>) от его номинального значения.

Регулятор обеспечивает передачу пневматических сигналов на расстояние по трассе до 300 м при внутреннем диаметре

трубопровода линий передачи 6 мм.

Регулятор может быть использован в пожароопасных и взрывоопасных помещениях.

Температура окружающего воздуха может быть в пределах от 5 до 50 °С, верхнее значение относительной влажности воздуха 80 % при 35 °С и более низких температурах, без конденсации влаги.

Расход воздуха, приведенный к нормальным условиям, в установившемся режиме составляет 4,5 л/мин.

Масса регулятора не превышает 2,0 кг.

Средний срок службы до списания 10 лет.

### **1.3. Устройство и работа**

Действие регулятора основано на принципе компенсации сил, при котором механические перемещения чувствительных элементов близки к нулю. Вследствие этого регулятор обладает высокой чувствительностью.

Сигналы, поступающие от задатчика и от измерительного прибора в виде давления сжатого воздуха, действуют на мембранны элемента сравнения.

Силы, развиваемые действием разности сигналов регулируемой величины и задания на устройства сравнения, уравновешиваются силами, развивамыми действием сигналов единичной отрицательной и регулируемой положительной обратной связи.

Пропорциональная составляющая регулятора вводится путем воздействия на отрицательную обратную связь, интегральная составляющая вводится посредством воздействия на положительную обратную связь. Каждая из обратных связей вносит соответствующую составляющую в общее регулирующее воздействие регулятора.

Степень воздействия этих составляющих встраивается регулируемыми сопротивлениями зоны пропорциональности и времени интегрирования.

Линейность статических характеристик достигается за счёт введения двух сумматоров в прямой канал и в линию обратной связи операционного усилителя.

Регулятор состоит в основном из элементов аналоговой техники: пятимembrанного и трехмембранных элементов сравнения, повторителя–усилителя мощности, повторителя, регулируемых и нерегулируемых пневмосопротивлений, ёмкости. Кроме того, в регулятор входят дискретные элементы – два клапана (рис. 1, 2).

Все элементы монтируются на плате 14 из органического стекла с помощью винтов. Связь между элементами осуществляется через каналы в них и в плате.

Нерегулируемое сопротивление ПД<sub>3</sub> встроено в повторитель – усилитель мощности, сопротивление ПД<sub>2</sub> вставлено во входной канал этого же элемента, а сопротивление ПД<sub>1</sub> – в канал элемента I.

К штекерному разъёму 12 элементы подключаются гибкими трубками 11, причем на диске 10 возле трубок и на соответствующих им внешних штуцерах штекерного разъёма стоят одинаковые цифры.

Плата 14 крепится на рамке 6 винтами 7, рамка монтируется на основании 13. Кожух 9, выполненный из полистирола, фиксируется винтом 8.

При описании работы регулятора в схеме (рис. 1) приняты следующие обозначения: римские цифры – номера элементов, арабские – номера сопел, прописные буквы – камеры элементов. Например: сопло С<sub>11</sub> – сопло 1 элемента I и т. п.

Сигнал X, пропорциональный регулируемому параметру,

подводится к камере В, а сигнал от задатчика W – к камере Б элемента сравнения I. С выхода элемента I давление  $P_I$  поступает на пропорциональное и интегральное звенья.

Интегральное звено, состоящее из элементов XIII, XII, XI, X, вырабатывает интеграл по времени от величины рассогласования между измеряемым и заданным давлениями:

$$P_{II} = \frac{1}{T_{II}} \int_0^t (X - W) dt, \quad (1)$$

где  $T_{II}$  – постоянная времени интегрирования.

Отличительной конструктивной особенностью регулятора является наличие двух органов настройки зоны пропорциональности в диапазоне от 2 до 3000 %, что значительно повышает плавность настройки.

При настройках зоны пропорциональности в диапазоне от 100 до 3000 % сопротивление V необходимо поставить на отметку 100 %, что соответствует полному его открытию, а сопротивление II устанавливают на требуемую отметку. В этом случае с достаточной степенью точности можно считать, что коэффициент сумматора в линии обратной связи равен 1.

Рассмотрим работу регулятора в диапазоне настроек зоны пропорциональности от 100 до 3000 %.

На элементе I формируется алгебраическая сумма трех давлений:

$$P_I = X - W + P_{II}, \quad (2)$$

Сигналы  $P_I$  и  $P_{II}$  подаются на два входа сумматора II – III, выход которого соединен со входом операционного усилителя VI, охваченного глубокой отрицательной обратной связью. В камере  $B_{VI}$ , согласно закону преобразования давлений, на сумматоре отслеживается выходное давление элемента VI –  $P_{VI}$ :

$$P_{VI} = K_I P_I + (1 - K_I) P_{II}, \quad (3)$$

где  $K_1$  – коэффициент сумматора II – III.

Подставляя вместо  $P_1$  его значение из формулы 2, получаем:

$$P_{VI} = K_I(X - W) + P_{II}, \quad (4)$$

Давление  $P_{VI}$  по величине равно выходному давлению регулятора  $P_{VI} = Y$ .

Обозначив проводимости сопротивлений сумматора II – III  $\alpha_1$ , (регулируемое II) и  $\beta_1$  (нерегулируемое III) получим

$$K_I = \frac{\alpha_1}{\alpha_1 + \beta_1}; Y = \frac{\alpha_1}{\alpha_1 + \beta_1}(X - W) + P_{II}, \quad (5)$$

Отношение проводимостей является коэффициентом усиления регулятора  $k_p$ , т.е., величиной обратно – пропорциональной зоне пропорциональности  $\delta$ .

$$Y = k_p(X - W) + \frac{1}{T_{II}} \int_0^t (X - W) dt, \quad (6)$$

Как видно из формулы 5, зона пропорциональности настраивается изменением проводимости регулируемого сопротивления II.

При  $\alpha_1=1$ , что соответствует полностью открытому сопротивлению II,  $k_p=1$  ( $\alpha + \beta = 1$  из принципа работы сумматора), а  $\delta = (1/k_p)100\% = 100\%$ . Когда сопротивление II закрыто,  $k_p \rightarrow 0$ , а  $\beta \rightarrow \infty$ .

При работе регулятора в диапазоне настроек зоны пропорциональности от 2 до 100 %, сопротивление II ставят на отметку 100 %, что соответствует  $k_p = 1$ .

Давление на выходе операционного усилителя VI, в отрицательной обратной связи которого установлен сумматор IV – V, определяется выражением:

$$P_{VI} = \frac{1}{K_2} P_1 + P_{II} \left(1 - \frac{1}{K_2}\right), \quad (7)$$

Где  $K_2$  – коэффициент сумматора IV – V.

Обозначив проводимости сопротивлений сумматора IV – V  $\alpha_2$

и  $\beta_2$ , получим

$$K_2 = \frac{a_2}{a_2 + \beta_2} = \frac{1}{K_P} \quad (8)$$

Подставим в формулу (7) значения  $P_1$ ,  $R_i$  и  $K_2$ :

$$Y = k_p(X - W) + \frac{1}{T_{ii}} \int_0^t (X - W) dt \quad (9)$$

Введем в математическое описание закона регулирования выходное давление регулятора  $Y_0$  при нулевом значении входного сигнала ( $X=W$ ), тогда формула примет вид:

$$Y - Y_0 = \pm \left[ k_p(X - W) + \frac{1}{T_{ii}} \int_0^t (X - W) dt \right], \quad (10)$$

Настройка зоны пропорциональности  $\delta$  от 2 до 100% осуществляется изменением проводимости регулируемого сопротивления  $a_2$ . При  $a_2=1$ ,  $k_p=1$ ,  $\delta=100\%$ . При закрытом сопротивлении  $Va_2=0$ ,  $k_p \rightarrow \infty$ , а  $\delta \rightarrow 0$ .

Время интегрирования настраивается регулируемым сопротивлением XIII.

Когда сопротивление XIII закрыто, время интегрирования достигает максимального значения, а регулятор при этом превращается в пропорциональный. Минимальное время интегрирования соответствует полностью открытому сопротивлению XIII.

Из уравнений 6 и 10 видно, что в отличие от других типов пропорционально – интегральных регуляторов, данный регулятор имеет независимую от зоны пропорциональности настройку времени интегрирования.

Выходное давление элемента сравнения VI поступает на вход повторителя – усилителя мощности в камеру Дviii, а затем на клапан IX в сопло C<sub>1</sub>.

При автоматическом регулировании давление команды на клапаны IX и XIV  $P_i=0$ , при этом с выходной камерой A<sub>ix</sub> через сопло C<sub>1</sub> соединяется выход усилителя VII.

С переходом наручное управление процессом на клапаны IX и

XIX подается команда Ри=1, вызывающая закрытие сопел С<sub>1</sub>, открытие сопел С<sub>2</sub> реле и разъединение выхода усилителя VIII с А<sub>1Х</sub>. При этом с линией исполнительного механизма через открытые сопло С<sub>21Х</sub> соединяется камера положительной обратной связи Д<sub>г</sub>, в которой устанавливается давление равное давлению на исполнительном механизме. Кроме того, при подаче команды Рк=1 прерывается линия инерционной положительной обратной связи (выключается сопротивление ХIII).

Такая реализация схемы регулятора предохраняет линию исполнительного механизма от скачка давления в промежуточном положении переключателя, подготавливая процесс, к плавному переходу на автоматическое регулирование. Сопротивление ПД<sub>2</sub>, встроенное в элемент VIII, служит для гашения автоколебаний, возникающих при работе регулятора, в камере Д<sub>VIII</sub>.

## 2. Использование по назначению

### 2.1. Эксплуатационные ограничения

Производите распаковку ящиков лишь после того, как они примут температуру окружающего воздуха в следующем порядке: осторожно откройте крышку ящика (см. надпись «верх»), освободите регулятор и принадлежности от упаковочного материала, затем протрите их мягкой тряпкой.

Сохраняйте паспорт регулятора, в котором указаны техническая характеристика, дата выпуска, а также дана оценка его годности.

До установки и пуска регулятора в работу заведите на него рабочий паспорт, в который включите данные, касающиеся эксплуатации: дату установки в эксплуатацию; эскиз места установки; записи по обслуживанию с указанием причин

неисправности, произведенного ремонта.

При выборе места установки регулятора необходимо соблюдать следующие условия:

а) в целях получения наибольшей стабильности регулирования, минимального времени переходного процесса и уменьшения величины запаздывания – расстояния от измерительного прибора (датчика) до регулятора и от регулятора до исполнительного механизма должны быть минимальными (5 – 10 м).

В случаях регулирования процессов, для которых запаздывание в линиях связи не имеет существенного значения по сравнению с весьма большими запаздываниями в самих процессах, регуляторы могут устанавливаться на значительных расстояниях от измерительных приборов и механизмов (до 300 м);

б) место установки должно обеспечивать удобные условия для обслуживания регулятора, стабилизатора давления и фильтра воздуха;

в) регулятор устанавливают в вертикальном положении;

г) регулятор не может быть установлен в условиях агрессивных сред, действующих на защищенные цинковыми, хромоникелевыми и кадмиевыми покрытиями конструкционные стали, цветные металлы и их сплавы, а также на резину, мембранные полотно, оргстекло, полистирол.

Габаритные и монтажные размеры регулятора показаны на рис. 3, гнезда – на рис. 4, штуцеров к гнезду – на рис. 5.

Регулятор устанавливают непосредственно на процессе у датчика регулируемого параметра, либо у исполнительного механизма.

Для монтажа используют вспомогательную деталь – «гнездо» (рис.4), с помощью которого к регулятору подводят линии связи.

Крепление регулятора к гнезду, а также гнезда к стене производят болтами М6.

Линии связи и линии питания, подводимые к гнезду, должны осуществляться пластмассовыми трубками наружным диаметром  $6 \times 1$  мм или  $8 \times 1,6$  мм, либо металлическими трубками наружным диаметром  $6 \times 1$  или  $8 \times 1$  мм (для тропического климата из стойких в этих условиях материалов).

По требованию заказчика гнездо изготавливают с одним из соединений, присоединительные размеры которых показаны на рис. 5.

Если тип трубок не указан, гнездо выполняют с соединениями под пластмассовые трубы, преимущественно для наружного диаметра  $6 \times 1$  мм либо для обоих вариантов.

Линии связи должны быть смонтированы весьма тщательно, утечка воздуха из них не допускается. Перед включением линии связи необходимо продуть сухим сжатым воздухом для удаления пыли и влаги.

## 2.2. Подготовка к работе

Для нормальной работы регулятора необходим правильный выбор направления изменения давления в линии исполнительного механизма. Зависимость между направлением изменения регулируемой величины и направлением изменения давления в выходной линии регулятора может меняться путем изменения положения коммутационного диска с нанесенными на него знаками « $-<$ » и « $->$ » относительно риски на плате (диск расположен с обратной стороны ее). Если против риски на плате установлен знак « $-<$ », то увеличение регулируемой величины приводит к увеличению давления в выходной линии регулятора (прямое регулирование). В положении диска, когда знак « $->$ » находится против риски, увеличение регулируемой величины

приводит к уменьшению давления в выходной линии регулятора (обратное регулирование).

Ход сигналов в случае обратного регулирования показан на схеме (рис. 1) пунктиром. Настройка регулятора как прямого или обратного производится в соответствии с требованием заказчика. Если на месте эксплуатации меняют положение диска, регулятор необходимо переградуировать.

Перед включением продуйте линии связи сухим сжатым воздухом для удаления пыли и влаги.

### **2.3. Порядок работы**

Все приборы (измерительные, станции управления, программные задатчики и т. п.), входящие в систему регулирования, кроме регуляторов, должны быть подсоединенны и включены в работу.

Установите величины настроек параметров регулятора (зону пропорциональности и время интегрирования) по характеристикам, снятым с объекта регулирования, или на основании предшествующих опытов регулирования подобных процессов.

Подключите регулятор к станции управления.

Произведите включение регулятора при работе его со станцией управления системы СТАРТ в следующем порядке:

1. Установите переключатель станции в положение ручного управления (нажата кнопка Р, регулятор отключен). В течение некоторого времени процесс поддержания регулируемой величины на заданном значении производите вручную вращением ручки задатчика, контроль регулируемой величины ведите по шкале.

2. Переведите переключатель станции в промежуточное положение. Для этого нажмите кнопку А, что вызывает

возвращение кнопки Р в исходное положение и отключение задатчика от исполнительного механизма. Затем при отключенном регуляторе (нажата кнопка откл) вращением ручки задатчика подведите стрелку, указывающую заданную величину, к стрелке, указывающей регулируемую величину. Это подготавливает регулятор к переходу на автоматическое регулирование.

3. Включите регулятор. С этого момента процесс будет поддерживаться на заданном уровне автоматически (регулятором).

4. Если регулирование осуществляется по заданной программе, то до перехода на программу отключите регулятор. Включить его можно лишь в тот момент, когда величина программного задания сравняется с регулируемой величиной. При нажатой кнопке АП программу наблюдают по шкале задания станции до включения регулятора.

По положению указателя или линиям записи станции судят о качестве регулирования. Произведите корректировку настроек параметров (зоны пропорциональности и времени интегрирования) в зависимости от требований процесса, после чего настройка системы регулирования на процессе считается законченной.

Переход с программы на автоматику и с автоматики на ручное управление производите следующим образом:

1. Выключите регулятор и нажмите кнопку А. Установите ручным задатчиком давление, равное регулируемой величине.

2. Включите регулятор при нажатой кнопке А, что соответствует автоматическому регулированию.

3. Переход с автоматического регулирования на ручное управление осуществляйте при отключенном регуляторе. Вращением ручки задатчика установите стрелку задания на

уровне стрелки клапана, включите кнопку Р и переходите на ручное управление.

Перед началом эксплуатации при проведении пусконаладочных работ регулятор должен проходить приработку в течение 340 часов.

### **3. Техническое обслуживание**

#### **3.1. Общие указания**

Следите в процессе эксплуатации регуляторов за тем, чтобы нерабочее сопротивление зоны пропорциональности стояло на отметке шкалы 100%.

Резиновые кольца на штекерных разъёмах должны быть всегда покрыты смазкой типа ЦИАТИМ-221.

Подводящие линии должны быть герметичны. При нарушении герметичности подводящих линий подтяните накидные гайки или примите другие меры, устраниющие негерметичность. Небольшие колебания давления в подводящей линии слаживаются стабилизатором, значительных колебаний давления следует избегать.

#### **3.2. Меры безопасности**

а. Регуляторы должны соответствовать требованиям ГОСТ 13053-76, ГОСТ 12.2.003-91, ПБ 08-624-03, ПБ 09-540-03, ПУЭ, настоящих технических условий и комплекта конструкторской документации на ФР0091.

б. Перед началом работ технический персонал, обслуживающий регуляторы должен ознакомиться с руководством по эксплуатации 9078476РЭ.

в. При монтаже, подготовке к пуску, эксплуатации

необходимо соблюдать меры предосторожности в соответствии с требованиями правил техники безопасности, установленными на объекте и регламентируемыми при работе с регуляторами.

г. К работе и обслуживанию корректора допускаются лица, имеющие необходимую квалификацию и прошедшие инструктаж по технике безопасности.

д. Давление питания регуляторов не должно превышать 154 кПа (1,54 кгс/см<sup>2</sup>).

### **3.3. Методы контроля и испытаний**

Методы контроля и испытаний регуляторов проводятся в соответствии с ГОСТ 9988-84 Устройства регулирующие пневматические ГСП. Общие технические условия. Испытания включают в себя следующие виды проверок и испытаний:

- Проверка комплектности
- Проверка маркировки
- Определение основной погрешности
- Проверка отклонения действительных значений параметров настройки, от значений указанных на шкалах органов настройки
- Проверка шкал и работоспособности органов настройки
- Проверка зоны нечувствительности
- Проверка герметичности

## **4. Текущий ремонт**

### **4.1. Диагностирование**

По истечению нормативного срока службы регулятора или по предписанию Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору должна быть произведена оценка технического состояния - техническое диагностирование

с расчетом остаточного ресурса эксплуатации в соответствии с Порядком продления срока безопасной эксплуатации технических устройств, оборудования и сооружений на опасных производственных объектах (утвержен приказом Минприроды России от 30.06.2009 г. № 195). Соответствует п. 10 Постановления от 25 декабря 1998 г. N 1540.

## **4.2. Ремонт**

Ремонт регулятора, замена неисправных узлов и деталей, производится предприятием изготовителем или предприятием, имеющим лицензию и прошедшим сертификацию производства на данный вид выполнения работ.

Предприятием-изготовителем допускается вносить изменения в технологию изготовления регуляторов, производить замену применяемых материалов и покупных изделий, не влияющих на метрологические и технические характеристики или работоспособность регуляторов, а также не влияющих на пожаростойкость и безопасное применение регуляторов.

## **5. Хранение**

Храните регуляторы на стеллажах в сухом и вентилируемом помещении при температуре от 5 до 40 °С в верхнем значении относительной влажности воздуха 80 % при 25 °С и более низких температурах, без конденсации влаги.

Укладывать регуляторы один на другой нельзя.

В воздухе помещения не должно быть примесей агрессивных паров и газов.

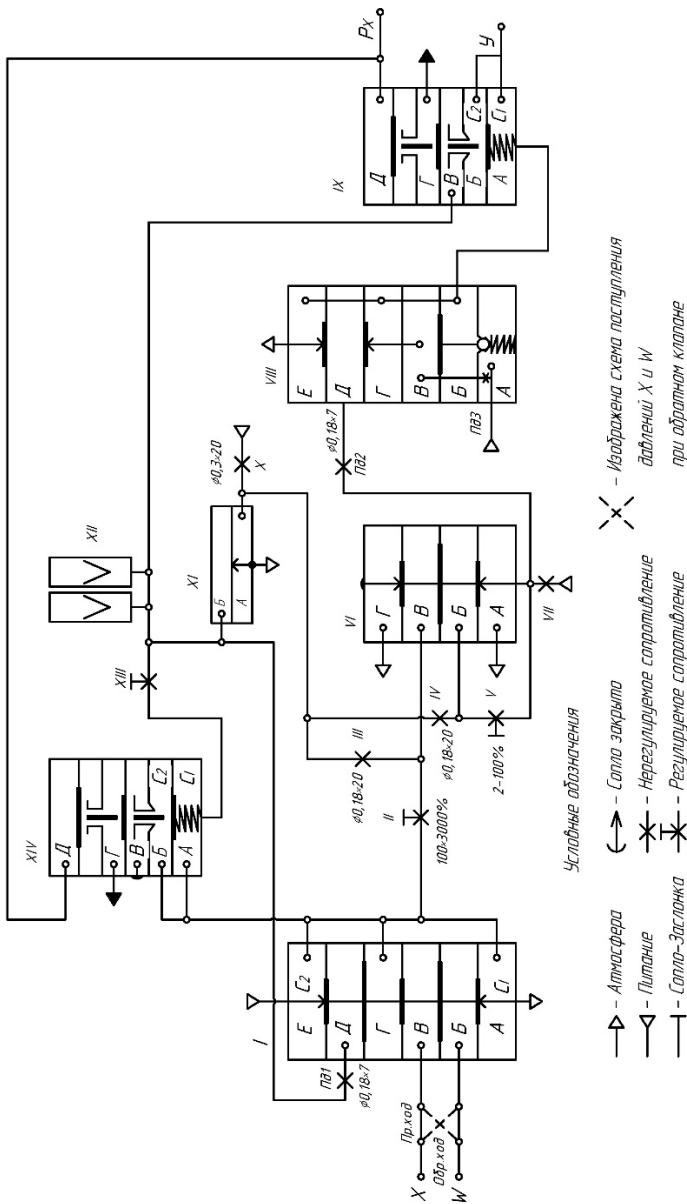
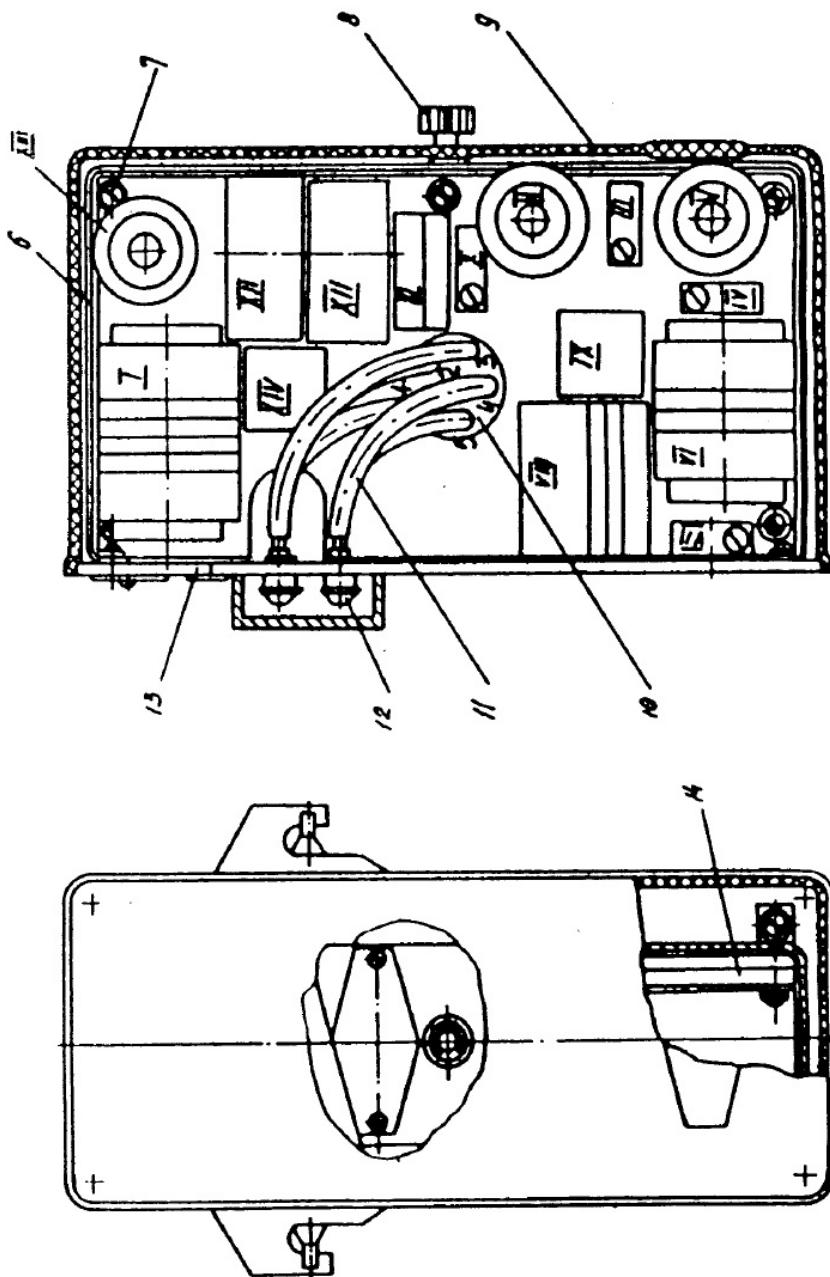


Рис. 1. Принципиальная схема

Рис. 2. Общий вид регулятора



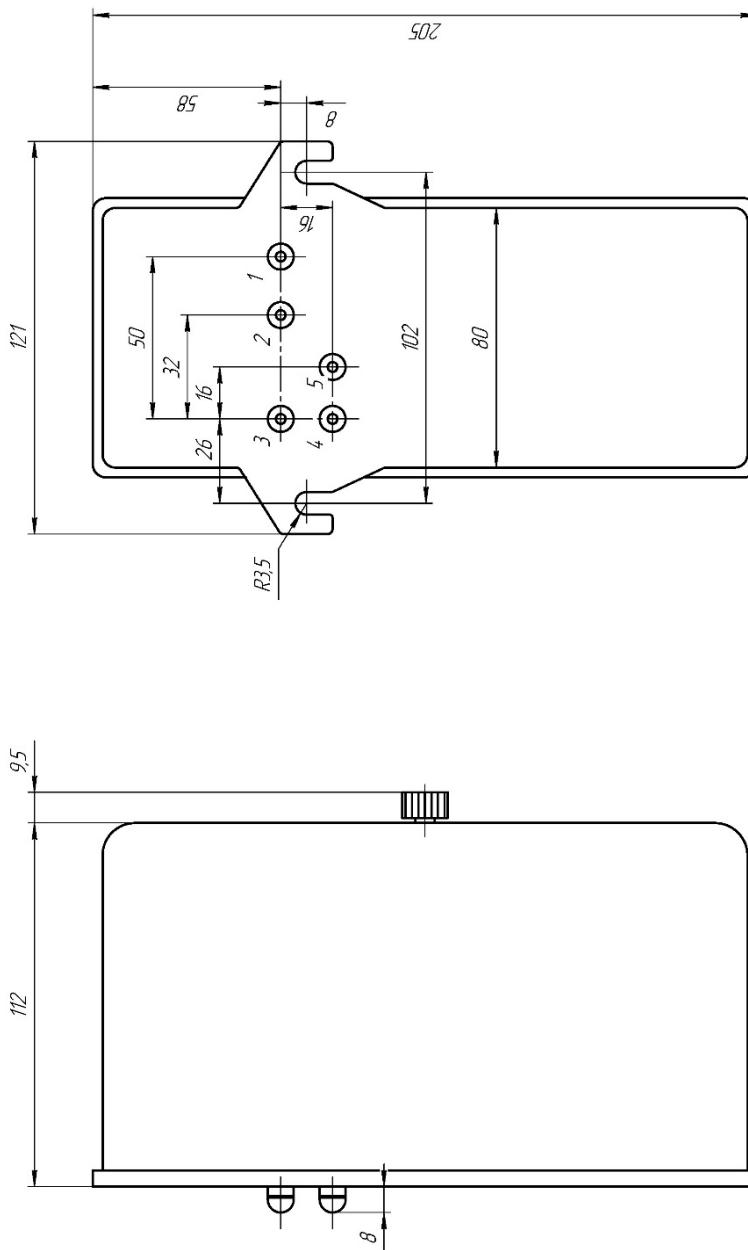


Рис. 3. Габаритные и установочные размеры регулятора

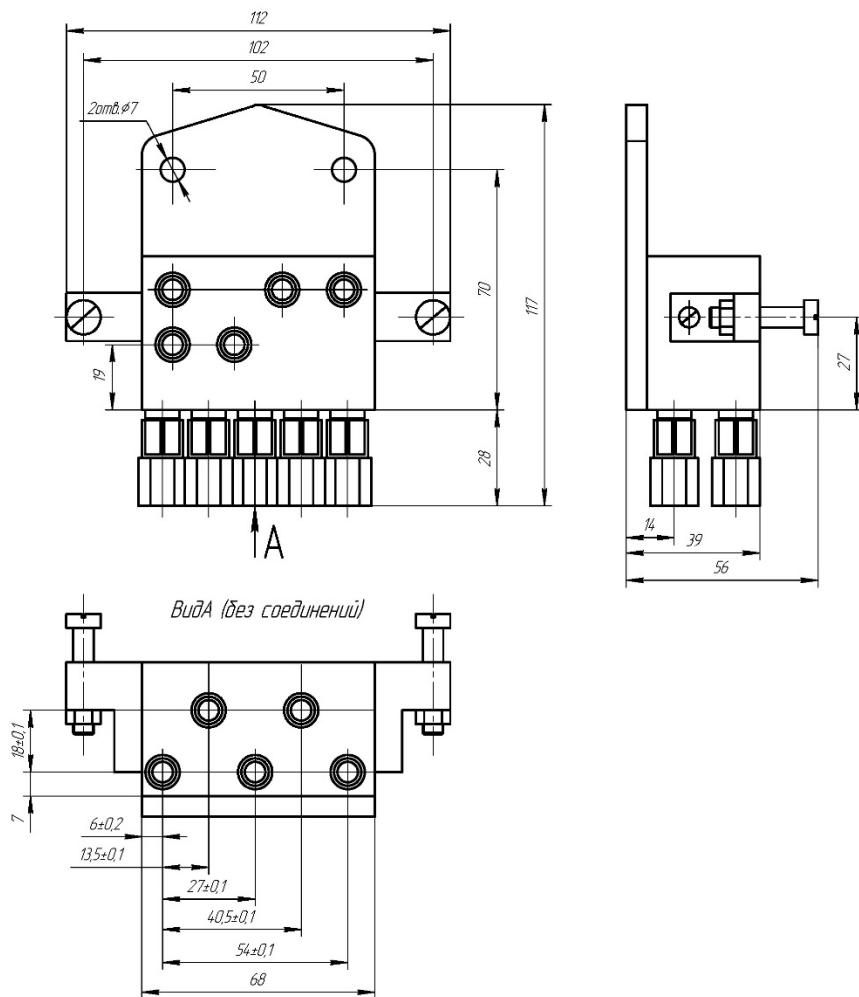
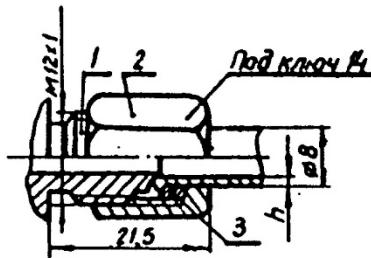
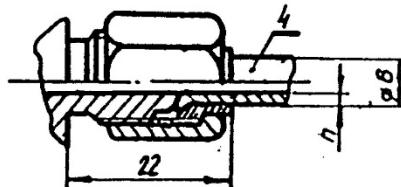


Рис. 4. Габаритные и установочные размеры гнезда

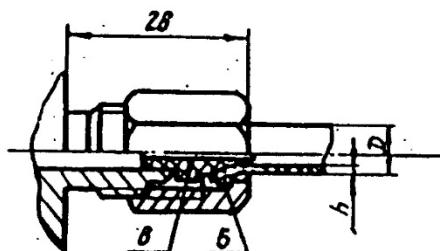
*Исполнение 1 для металлических труб*



*Исполнение 2 для металлических труб*



*Исполнение 3 для пластмассовых труб*



1-конец штуцера; 2-накидная гайка;  
3-шайба; 4-вилка; 5-шайба; 6-наконечник

Номер размер соединения	Исполнение	Размеры труб	
		Наружный диаметр Dнн	Толщина стени Dнн
00-01	1	8	
00-02	2	6	1,0
00-03	3	8	
00-04			1,6

Рис. 5. Соединения по наружному конусу для внешних штуцеров гнезда