

**Устройство регулирующее
пневматическое
пропорционально-интегральное**

ФР0091

Руководство по эксплуатации

9078476 РЭ



СОДЕРЖАНИЕ

1. Техническое описание

	Стр.
1.1. Назначение	3
1.2. Технические данные	3
1.3. Устройство и работа регулятора.....	5

2. Инструкция по эксплуатации

2.1. Общие указания.....	10
2.2. Порядок установки.....	11
2.3. Подготовка к работе.....	12
2.4. Порядок работы.....	13
2.5. Техническое обслуживание.....	15
2.6. Правила хранения.....	15

Приложение

Рис. 1. Принципиальная схема регулятора	16
Рис. 2. Общий вид регулятора.....	17
Рис. 3. Габаритные и установочные размеры регулятора ...	18
Рис. 4. Габаритные и установочные размеры гнезда	19
Рис. 5. Соединение по наружному конусу для внешних штуцеров гнезда	20

1. Техническое описание

1.1. Назначение

Устройство регулирующее пневматическое пропорционально – интегральное (ПИ) ФР0091 (далее в тексте регулятор) входит в систему приборов СТАРТ (Система автоматических регуляторов, построенных на пневматических элементах).

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 данные

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

Граничные значения выходного аналогового сигнала У регулятора находятся в пределах:

нижнее – от 0 до 5 кПа (от 0 до 0,05 кгс/см²)

верхнее – от 100 кПа (1,0 кгс/см²) до величины давления питания.

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

нижнее – 20 кПа (0,2 кгс/см²),

верхнее – 100 кПа (1,0 кгс/см²).

Предельные значения диапазона настройки зоны пропорциональности (δ):

нижнее – 2 %;

верхнее – 3000 %.

Предельные значения диапазона настройки времени интегрирования (T_i):

нижнее – 0,05 мин;

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

Давление питания 140кПа $\pm$ 4кПа (1,4кгс/см² $\pm$ 0,14кгс/см²).

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/см²).

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/см²), 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/см²) 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.

1.3. Устройство и работа регулятора

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 мембраны элемента сравнения.

Силы, развиваемые действием разности сигналов регулируемой величины и задания на устройства сравнения, уравниваются силами, развиваемыми 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: пятимембранного и трехмембранного 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 $ПД_3$ встроено в повторитель – усилитель мощности, сопротивление $ПД_2$ вставлено во входной канал этого же элемента, а сопротивление $ПД_1$ – 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 C_{II} – 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_I 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 α_1 , (регулируемое II) и β_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 δ .

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

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 α_2 и β_2 , получим

$$K_2 = \frac{\alpha_2}{\alpha_2 + \beta_2} = \frac{1}{K_P} \quad (8)$$

Подставим в формулу (7) значения P_1 , P_{II} 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 δ от 2 до 100 % осуществляется изменением проводимости регулируемого сопротивления α_2 . При $\alpha_2=1$, $k_p=1$, а $\delta=100$ %. При закрытом сопротивлении V $\alpha_2=0$, $k_p \rightarrow \infty$, 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 D_{VIII} , а затем на клапан IX в сопло C_1 .

При автоматическом регулировании давление команды на клапаны IX и XIV $P_I = 0$, при этом с выходной камерой A_{IX} через сопло C_1 соединяется выход усилителя VII.

С переходом на ручное управление процессом на клапаны IX и XIX подается команда $P_{И}=1$, вызывающая закрытие сопел C_1 , открытие сопел C_2 реле и разъединение выхода усилителя VIII с A_{IX} . При этом с линией исполнительного механизма через открытое сопло C_{2IX} соединяется камера положительной обратной связи D_r , в которой устанавливается давление равное давлению на исполнительном механизме. Кроме того, при подаче команды $P_k=1$ прерывается линия инерционной положительной обратной связи (выключается сопротивление XIII).

Такая реализация схемы регулятора предохраняет линию исполнительного механизма от скачка давления в промежуточном положении переключателя, подготавливая процесс к плавному переходу на автоматическое регулирование. Сопротивление $ПД_2$, встроенное в элемент VIII, служит для гашения автоколебаний, возникающих при работе регулятора, в камере D_{VIII} .

2. Инструкция по эксплуатации

2.1. Общие указания

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.

2.2. Порядок установки

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, воздействующих на защищенные цинковыми хромоникелевыми и кадмиевыми покрытиями конструкционные стали, цветные металлы и их сплавы, а также на резину, мембранное 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 6×1 мм или $8 \times 1,6$ мм, либо металлическими трубками наружным диаметром 6×1 или 8×1 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 трубки, преимущественно для наружного диаметра 6×1 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.

2.3. 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 « $-\langle$ » и « $-\rangle$ » относительно риски на плате (диск расположен с обратной стороны ее). Если против риски на

плате установлен знак « $\rightarrow$ », то увеличение регулируемой величины приводит к увеличению давления в выходной линии регулятора (прямое регулирование). В положении диска, когда знак « $\leftarrow$ » 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.

2.4. Порядок работы

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

Установите величины настроечных 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 сравнивается 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 настроечных параметров (зоны пропорциональности и времени интегрирования) в зависимости от требования 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.

2.5. Техническое обслуживание

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, устраняющие негерметичность. Небольшие колебания давления в подводящей линии сглаживаются стабилизатором, значительных колебаний давления следует избегать.

2.6. Правила хранения

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.

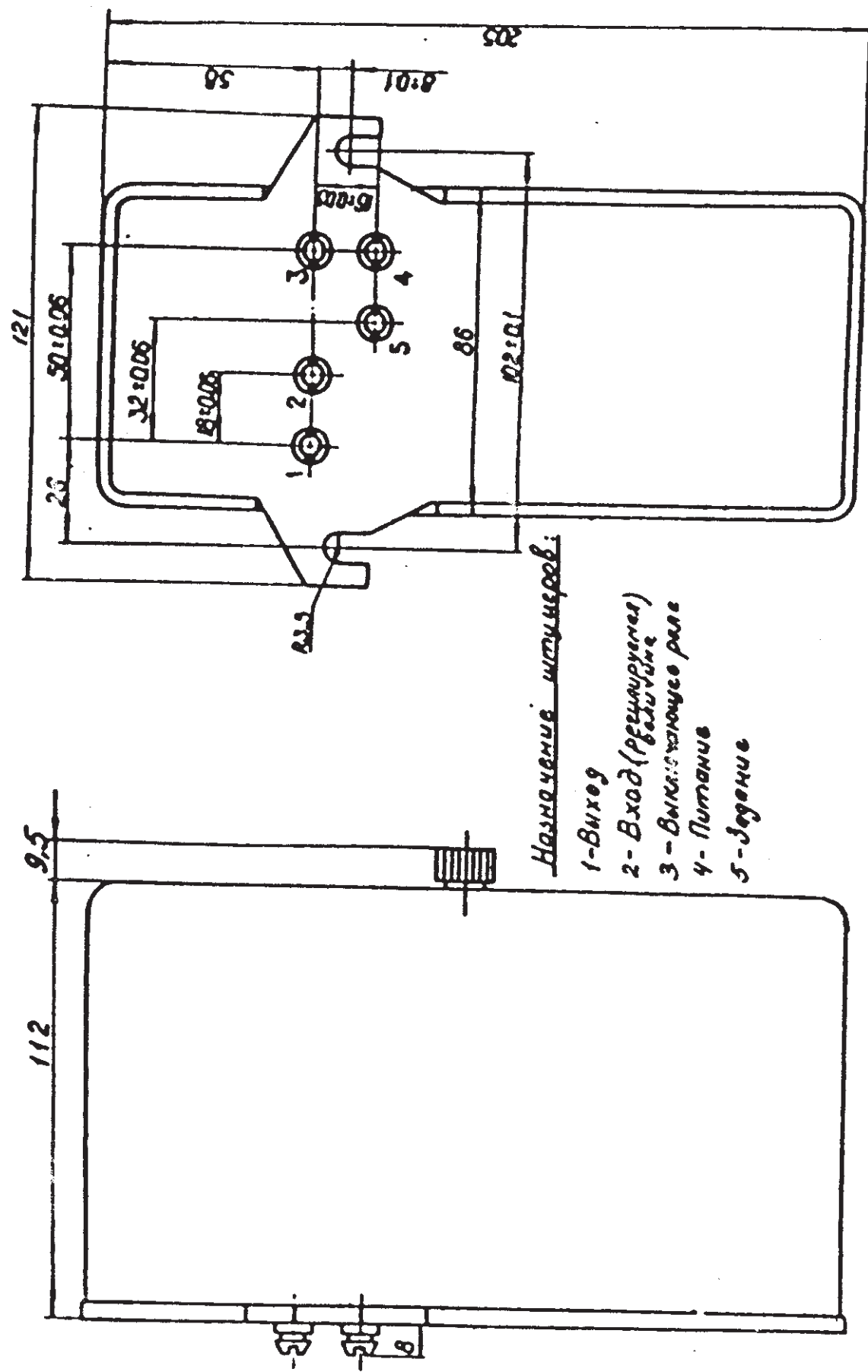


Рис. 3. Габаритные и установочные размеры регулятора

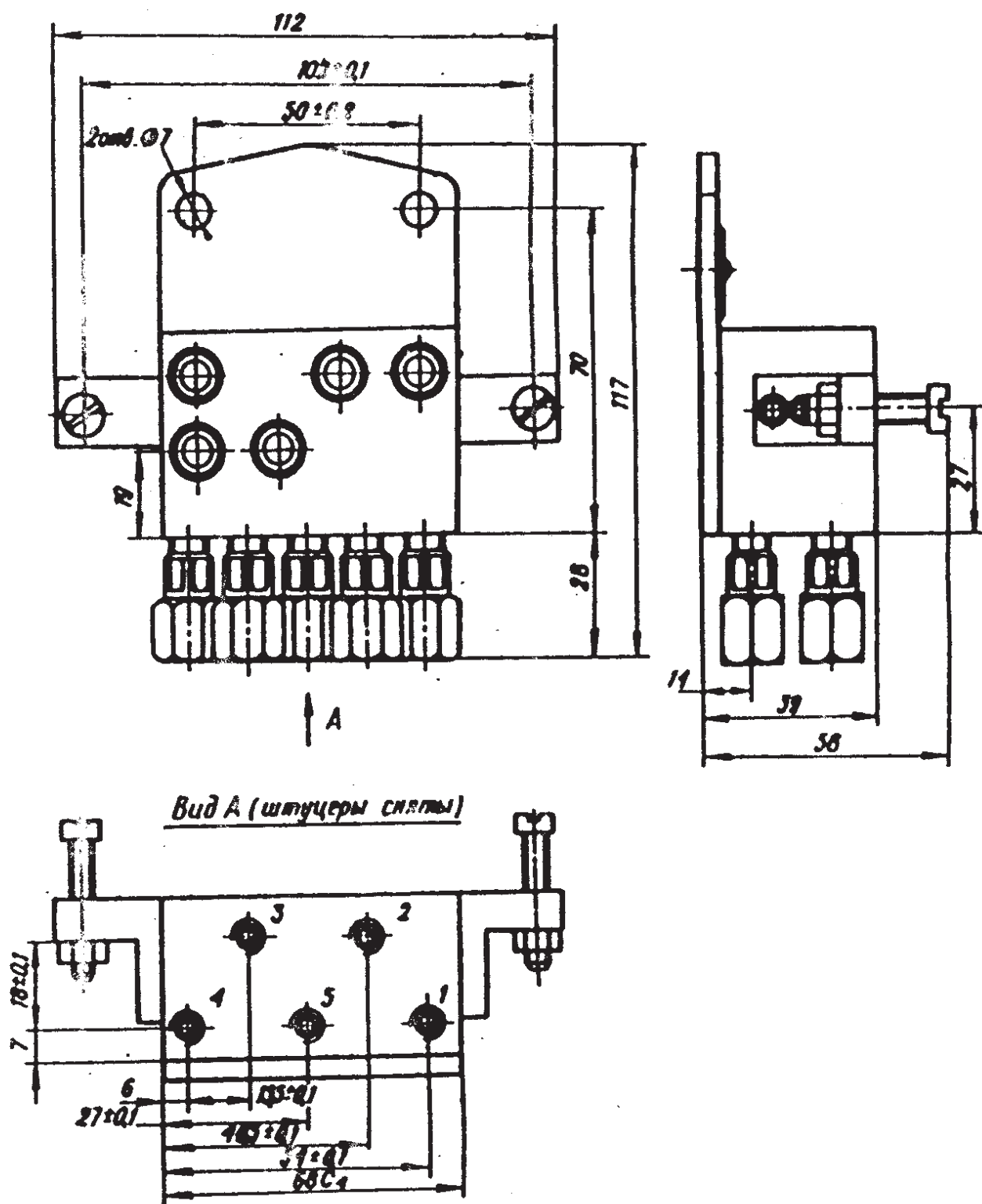
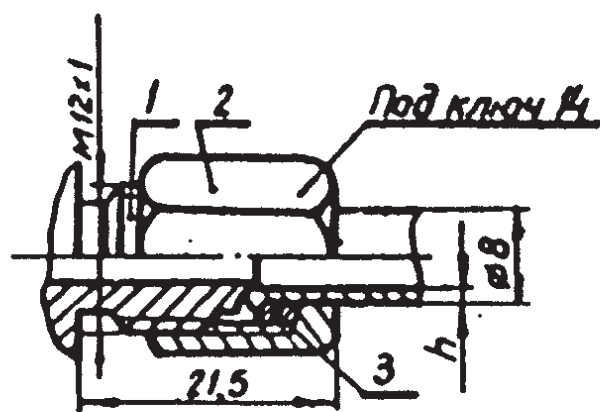
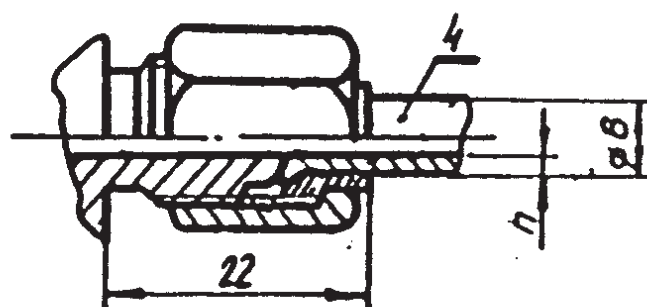


Рис. 4. Габаритные и установочные размеры гнезда

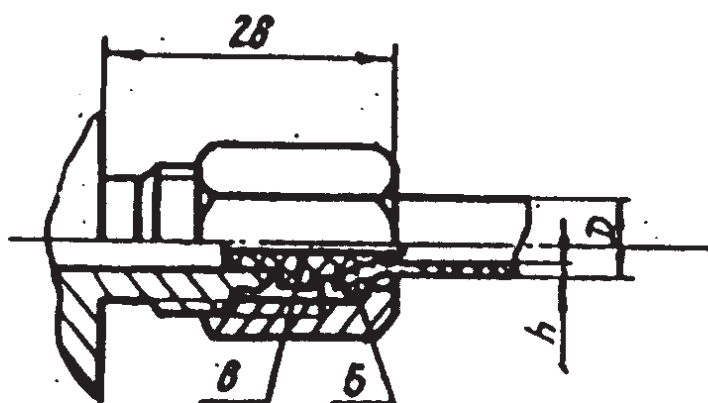
Исполнение 1 для
металлических труб



Исполнение 2 для
металлических труб



Исполнение 3 для пластмассовых труб



1-конец штицера; 2-накидная гайка;
3-кольцо; 4-втулка; 5-шайба; 6-наконечник

Типоразмер соединения	Исполне- ние	Размеры труб	
		Наружный диаметр мм	Толщина стенки мм
00-01	1	8	1,0
00-02	2	6	
00-03	3	6	
00-04		8	1,6

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