

**Устройство регулирующее  
пневматическое пропорциональное**

**ФР0098**

**Техническое описание  
и инструкция по эксплуатации**

# 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 . . . . .           | 8  |
| 2.2. Порядок установки . . . . .        | 9  |
| 2.3. Подготовка к работе . . . . .      | 10 |
| 2.4. Порядок работы . . . . .           | 11 |
| 2.5. Техническое обслуживание . . . . . | 12 |
| 2.6. Правила хранения . . . . .         | 12 |

## Приложение

|                                                                                 |    |
|---------------------------------------------------------------------------------|----|
| Рис. 1. Принципиальная схема регулятора . . . . .                               | 13 |
| Рис. 2. Общий вид регулятора . . . . .                                          | 14 |
| Рис. 3. Габаритные и установочные размеры регулятора . . . . .                  | 15 |
| Рис. 4. Габаритные и установочные размеры гнезда . . . . .                      | 16 |
| Рис. 5. Соединение по наружному конусу для внешних<br>штуцеров гнезда . . . . . | 17 |

# 1. Техническое описание

## 1.1. Назначение

Устройство регулирующее пневматическое пропорциональное (П) ФР0098 (в дальнейшем — регулятор) входит в систему СТАРТ (Система автоматических регуляторов, построенных на пневматических элементах).

По характеру регулирующего воздействия регулятор является пропорциональным с дистанционным заданием, получаемым от ручного задатчика станции управления или от любого другого устройства со стандартным пневматическим сигналом.

Регулятор предназначен для получения непрерывного регулирующего воздействия на исполнительный механизм или какой-либо другой элемент системы регулирования с целью поддержания параметра (уровня, давления и др.) в пределах, которые могут быть обеспечены при регулировании статических объектов.

## 1.2. Технические данные

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

Предельные значения рабочего диапазона изменения регулируемой величины и задания соответствуют:

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

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

В качестве выходного сигнала регулятора принимается пневматический сигнал, граничные значения которого соответствуют:

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 значения давления питания.

Предельные значения рабочего диапазона изменения выходного сигнала и сигнала  $U_0$  (номинальное значение выходного сигнала, настраиваемое задатчиком) при равен-

стве 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>).

Питание регулятора осуществляется сухим, очищенным от пыли и масла воздухом давлением 140 кПа  $\pm$  14 кПа (1,4 кгс/см<sup>2</sup>  $\pm$  0,14 кгс/см<sup>2</sup>).

Технические характеристики воздуха питания по ГОСТ 17433—80. Классы загрязненности 0, 1.

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>).

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

нижнее — 2%; верхнее — 3000%.

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

За основную погрешность принимают:

для регуляторов с зоной пропорциональности  $\delta < 100\%$  — наибольшее значение входного сигнала, выраженного в процентах от 80 кПа (0,8 кгс/см<sup>2</sup>), при значении выходного сигнала, равном  $U_0$ ;

для регуляторов с зоной пропорциональности  $\delta > 100\%$  — наибольшая разность между значениями  $U_0$  и выходного сигнала, выраженная в процентах от 80 кПа (0,8 кгс/см<sup>2</sup>), при значении входного сигнала, равном нулю.

**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 линии передачи 6 мм.

Регулятор может быть установлен в пожаро- 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 до 2,5 л/мин.

Масса регулятора составляет 1,8 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  $W$  и от измерительного прибора-датчика  $X$ , действуют на мембраны элемента сравнения, выходное давление которого меняется при рассогласовании давлений задания и регулируемой величины.

Силы, развиваемые действием разности давлений ( $X - W$ ) на мембраны элемента сравнения, уравниваются силами, развиваемыми действием давлений

в линии отрицательной обратной связи и опорного сигнала  $U_0$

Степень воздействия отрицательной обратной связи определяется настройкой регулируемых сопротивлений зоны пропорциональности.

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

Регулятор состоит в основном из элементов аналоговой техники: пятимембранного элемента сравнения, повторителя-усилителя мощности, задатчика, задатчика расхода, регулируемых и нерегулируемых сопротивлений. Кроме того, в регулятор входит дискретный элемент — клапан.

Элементы монтируются на плате из органического стекла с помощью винтов.

Связь между элементами осуществляется через каналы в них и в плате.

Нерегулируемое сопротивление XIV встроено в повторитель — усилитель мощности, а сопротивление XIII вставлено во входной канал этого же элемента, сопротивление XV — в задатчик расхода XII (рис. 1).

Плата 15 (рис. 2) крепится на рамке 6 винтами 7, рамка монтируется на основании 14. Кожух 9, закрывающий регулятор, фиксируется винтом 8.

К штекерному разъему 12 элементы подключаются гибкими трубками 11, причём на диске 13 возле трубок и на соответствующих им штуцерах стоят одинаковые цифры.

При описании работы регулятора в схеме (рис. 1) приняты следующие обозначения: римские цифры — номера элементов, арабские — номера сопел, прописные буквы — камеры элементов. Например: сопло  $C_{IV}$  — сопло  $C_1$  элемента IV и т. д.

Давление, пропорциональное регулируемой величине  $X$ , через сопротивление I подводится к камере Д, а давление задания  $W$  от задатчика станции управления — через сопротивление II к камере Г элемента сравнения IV. Камера обратной связи Б соединена с выходом элемента, а в камеру  $B_{IV}$  подается давление  $U_0$  от задатчика  $X$ , выполняющего функции элемента настройки уровня регулирования.

Отличительной конструктивной особенностью регулятора является наличие двух органов настройки зоны пропорциональности в диапазоне от 2 до 3000%, что значительно повышает плавность настройки. Для настройки зоны пропорциональности от 100 до 3000% сопротивление VIII ставят на отметку 100%, что соответствует его закрытию, а сопротивление III — на требуемую отметку. При настройке зоны пропорциональности от 2 до 100% необходимо закрыть сопротивление III (поставить на отметку 100%), а сопротивление VIII в этом случае является рабочим.

Рассмотрим работу одного из сумматоров, например, сумматора, расположенного во входной линии элемента IV. Обозначим проводимости сопротивлений через  $\alpha_1$  — I,  $\alpha_2$  — II,  $\beta$  — III, давления после сопротивлений I —  $P_1$ , II —  $P_2$ . При условии  $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha$  получим выражения для расхода воздуха через каждое сопротивление соответственно:

$$G_I = \alpha (X - P_1), \quad 1$$

$$G_{II} = \alpha (P_2 - W), \quad 2$$

$$G_{III} = \beta (P_1 - P_2). \quad 3$$

Выход сумматора нагружен глухими камерами, поэтому:  $G_I = G_{II} = G_{III}$ .

Решая совместно уравнения 1, 2, 3, получаем:

$$X = \frac{\alpha + \beta}{\alpha} P_{II} - \frac{\beta}{\alpha} P_3, \quad 4$$

$$W = \frac{\alpha + \beta}{\alpha} P_3 - \frac{\beta}{\alpha} P_{II}, \quad 5$$

отсюда:

$$P_{II} - P_3 = \frac{\alpha}{\alpha + 2\beta} (X - W), \quad 6$$

где  $\frac{\alpha}{\alpha + 2\beta} = K_{I-III}$  — коэффициент сумматора;

$P_{II} - P_3$  — изменение давления на выходе сумматора  $\Delta U$ . При  $\beta = 0$ , что соответствует закрытому сопротивлению,  $K_{I-III} = 1$ . Когда сопротивление полностью открыто,  $\beta \gg \alpha$ , при этом  $K_{I-III} \rightarrow 0$ .

Таким образом, сумматор, образованный одним регулируемым сопротивлением и двумя нерегулируемыми, реализует операцию:  $\Delta U = K_{I-III} (X - W)$ , где  $K_{I-III}$  в идеальном случае изменяется от 0 до 1.

При настройке зоны пропорциональности от 100 до 3000%, условие равновесия сил на мембранном блоке элемента IV определяется уравнением:

$$P_{II} (F - f) - P_3 (F - f) + (U_0 - P_{IV}) (F - f) = 0, \quad 7$$

где  $F$  и  $f$  — эффективные площади большой и малой мембран, а  $P_{IV}$  — выходное давление элемента IV.

Преобразуем уравнение 7:

$$P_{IV} = P_{II} - P_3 + U_0. \quad 8$$

Подставляя вместо разности  $P_{II} - P_3$  ее значение из 6 и считая  $P_{IV} = U$ , коэффициент сумматора  $K_{I-III}$  равным коэффициенту усиления регулятора  $k_p$ , определяем:

$$U = k_p (X - W) + U_0. \quad 9$$

При закрытом сопротивлении III коэффициент усиления регулятора  $k_p = 1$ , а зона пропорциональности

$\delta = \frac{1}{k_p} \cdot 100\% = 100\%$ ; при открытом сопротивлении  $k_p \rightarrow 0$ ,  $\delta \rightarrow \infty$ .

Аналогично для зоны пропорциональности от 2 до 100 %. Используя описанный закон изменения давления на сумматоре, получаем:

$$Y = \frac{1}{K_{VIII-IX}}(X - W) + Y_0 = k_p (X - W) + Y_0 \quad 10$$

$$Y - Y_0 = \pm k_p (X - W). \quad 11$$

При закрытом сопротивлении VIII  $K_{VIII-IX} = 1$ ,  $k_p = 1$ ,  $\delta = 100\%$ ; при открытом сопротивлении  $K_{VIII-IX} \rightarrow 0$ ,  $k_p \rightarrow \infty$ ,  $\delta \rightarrow 0$ .

Задатчик расхода XII обеспечивает постоянство расхода воздуха питания через сопло  $C_{1IV}$ .

Выходное давление элемента IV поступает на вход повторителя-усилителя мощности V в камеру  $D_v$ , а затем через сопло  $C_1$  клапана VI на выход регулятора. Клапан VI служит для отключения регулятора (при переходе на ручное управление) путем подачи давления питания  $P_k$  в камеру  $D_{VI}$ . При этом закрывается сопло  $C_{1VI}$  и открывается сопло  $C_{2VI}$ , которое нормально закрыто.

Для гашения автоколебаний, возникающих при работе регулятора в камере  $D_v$ , служит сопротивление XIII.

## 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. знак „Верх, не кантовать“), 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 рекомендуется устанавливать минимальными (5 — 10 м).

Станции управления могут устанавливаться на расстоянии до 250 — 300 м от регуляторов. В случаях регулирования процессов, для которых запаздывания в линиях связи не имеют существенного значения, регуляторы могут устанавливаться на значительных расстояниях от измерительных приборов и исполнительных механизмов (до 300 м), при этом целесообразно установить регулятор на корпусе станции управления;

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

в) регулятор устанавливайте в вертикальном положении.

г) регуляторы не могут быть установлены в условиях агрессивных сред, воздействующих на резину, мембранное полотно, оргстекло, полистирол и на защищенные цинковыми, хромоникелевыми и кадмиевыми покрытиями конструкционные стали, цветные металлы и их сплавы.

Регулятор можно установить с помощью штекерного разъема на корпусе станции, монтируемой на щите управления.

В случае установки регулятора непосредственно на процессе у датчиков регулируемого параметра или у исполнительного механизма для монтажа используется вспомогательная деталь „гнездо“, с помощью которой к регулятору подводят линии связи. Крепление регулятора к штекерному разъему и гнезду, а также гнезда к стене производят болтами М6. (см. рис. 3, 4).

Линии связи и линии питания, подводимые к гнезду, должны осуществляться пластмассовыми трубками наружным диаметром 6 × 1 мм или 8 × 1,6 мм, либо металличе-

кими трубками наружным диаметром  $6 \times 1$  или  $8 \times 1$  мм (для тропического климата из стойких в этих условиях материалов).

По требованию заказчика гнездо (в случае его заказа) изготавливают с одним из соединений, показанных на рис. 5.

Если тип трубок не указан, гнездо выполняют с соединениями под пластмассовые трубки 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.

### 2.3. 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 устанавливается 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 отградуировать.

Настройте по контрольному манометру задатчиком  $X$  давление  $U_0$ , соответствующее наиболее выгодному положению исполнительного механизма. При настройке  $U_0$  для подключения контрольного манометра снимите заглушку 10 (рис. 2). Поставьте после отключения манометра заглушку на место.

Установите величину зоны пропорциональности по характеристикам, снятым с объекта регулирования, или

на основании предшествующего опыта регулирования подобных объектов.

Установите перед включением регулятора в работу давление питания на величину  $140 \text{ кПа} \pm 14 \text{ кПа}$  ( $1,4 \text{ кгс/см}^2 \pm 0,14 \text{ кгс/см}^2$ ).

## 2.4. Порядок работы

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

Подключите регулятор к станции управления системы СТАРТ. Производите включение регулятора в следующем порядке:

1. Переключатель станции установите в положение ручного управления (нажата кнопка *Р*, регулятор отключен). В течение некоторого времени процесс поддержания параметра на заданной величине ведите вручную вращением ручки задатчика. Контролируйте при этом величину регулируемого параметра по шкале.

2. Переведите переключатель на станции в промежуточное положение. Для этого следует нажать кнопку *А*, что вызовет 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 автомат.

3. Включите регулятор нажатием кнопки „ВКЛ“. С этого момента процесс будет поддерживаться на заданном уровне автоматически (регулятором).

По положению стрелки или по линиям записи пересудят о качестве регулирования.

Произведите корректировку зоны пропорциональности регулятора в зависимости от требований процесса, после чего настройка системы регулирования на процессе считается законченной.

Переход с автоматического регулирования на ручное управление осуществляется при отключенном регуляторе. В промежуточном положении включена кнопка А: вращением ручки задатчика стрелку задания установите на одном уровне со стрелкой клапана. После этого включите кнопку Р и переходите на ручное управление исполнительным механизмом.

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 второе сопротивление зоны пропорциональности стояло на отметке шкалы 100%.

Элемент IV отградуирован вместе с задатчиком расхода XII и сопротивлением XV.

Резиновые кольца на штекерном разъеме должны быть покрыты смазкой типа ЦИАТИМ—221.

В процессе эксплуатации должна быть обеспечена герметичность подводящих линий.

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

## 2.6. Правила хранения

Храните регуляторы на стеллажах в сухом и вентилируемом помещении при температуре от 5 до 40 °С и 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.

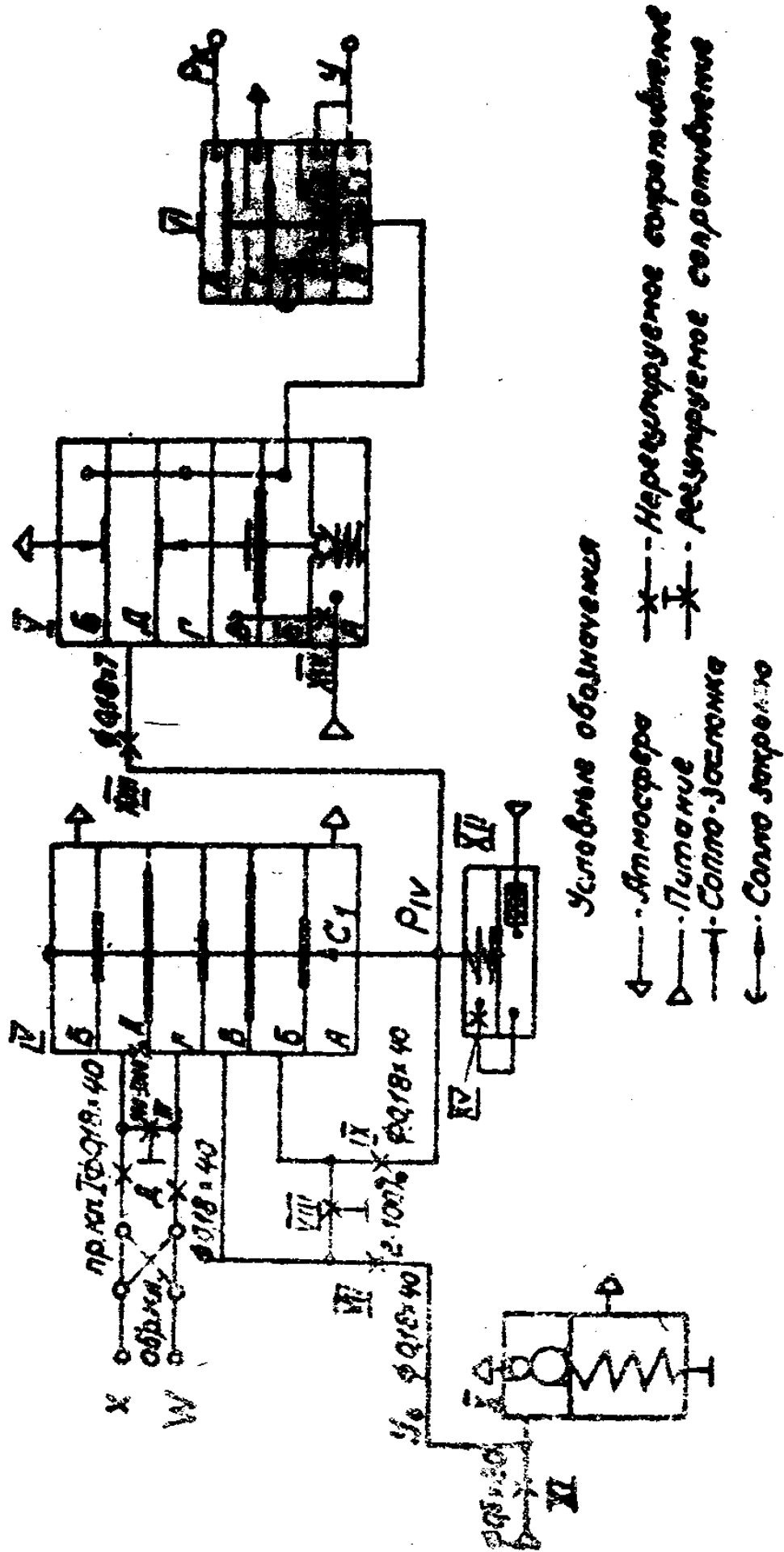


Рис. 1. Принципиальная схема регулятора

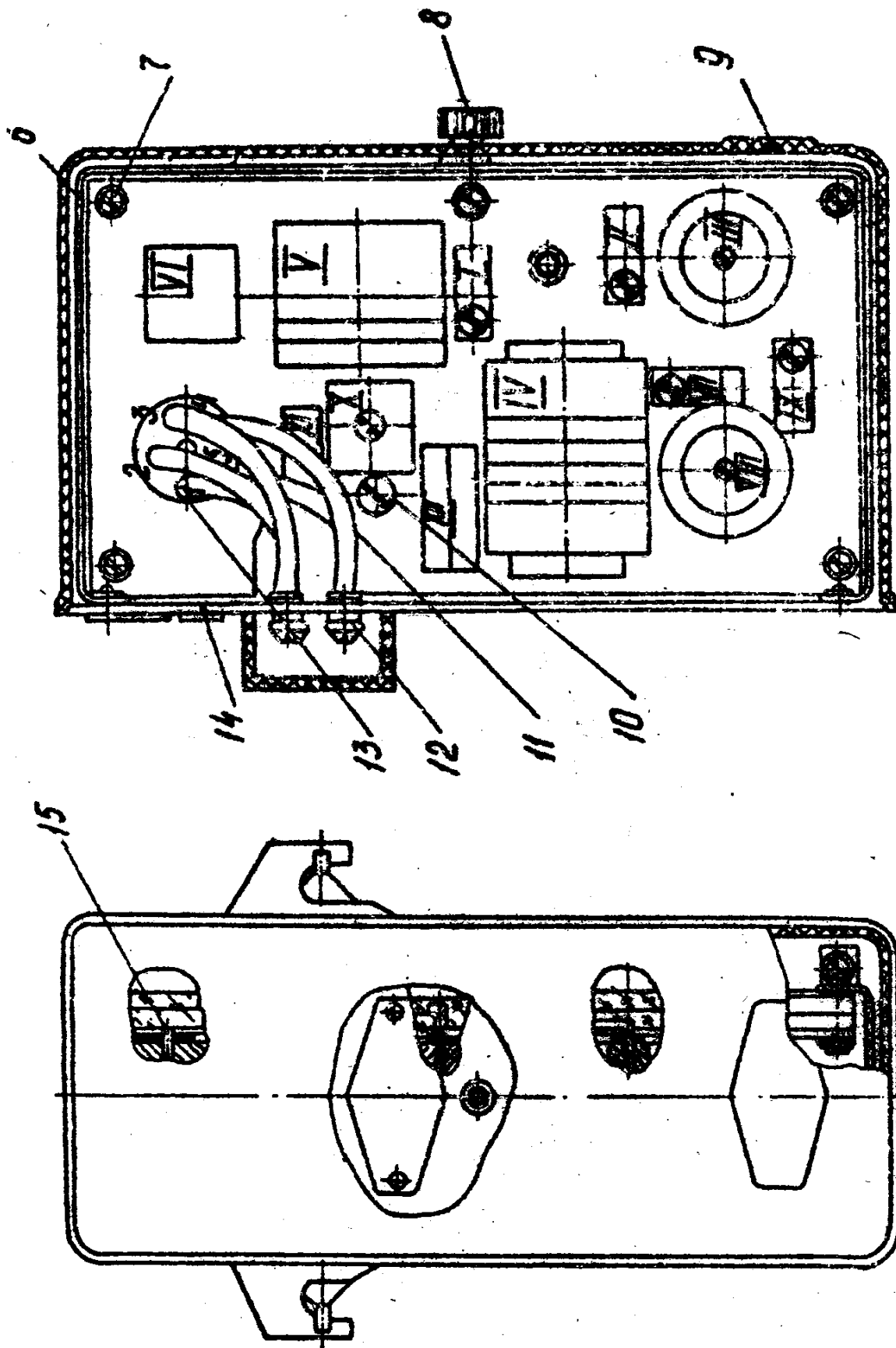


Рис. 2. Общий вид регулятора

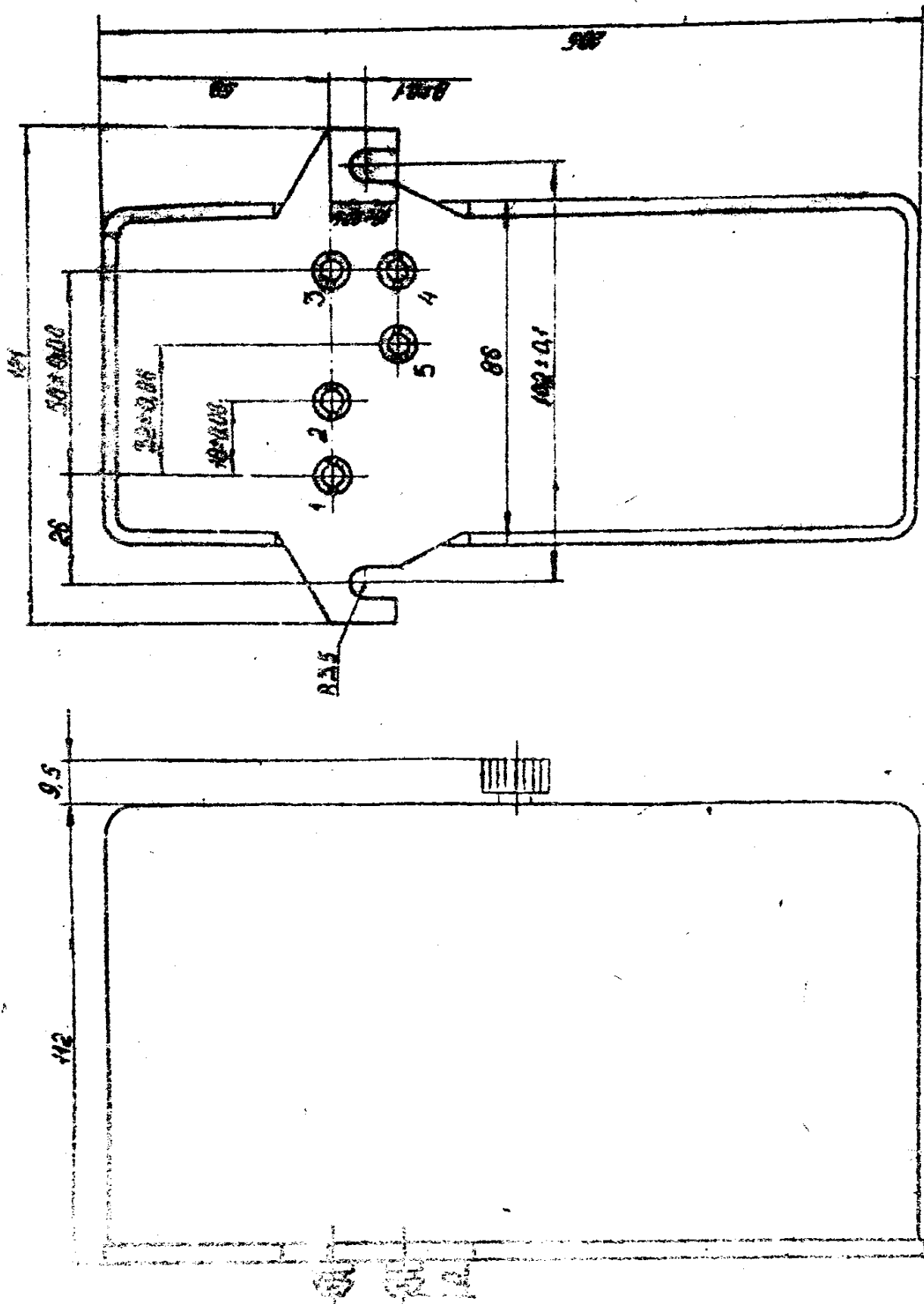


Рис. 3. Габаритные и установочные размеры регулятора