

619

14  
590

7.



Ю.А.Будагов, Н.И.Дьяков, Е.Д.Кохов, В.Б.Флягин, Т.И.Шетет

Д-619

БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩИЙ ГАЗОВЫЙ КЛАПАН  
ДЛЯ БОЛЬШОЙ ПУЗЫРЬКОВОЙ КАМЕРЫ

Дубна 1960 год



Ю.А.Будагов, Н.И.Дьяков, Е.Д.Кохов, В.Б.Флягин, Т.И.Шетет

Д-619

ВЫСТРОДЕЙСТВУЮЩИЙ ГАЗОВЫЙ КЛАПАН  
ДЛЯ БОЛЬШОЙ ПУЗЫРЬКОВОЙ КАМЕРЫ

Направлено в ПТЭ

Объединенный  
научно-исследовательский  
центр

924/5 48

### А н н о т а ц и я

В статье описывается новая конструкция быстродействующего двухступенчатого газового клапана двойного действия, предназначенного для работы с пузырьковой камерой, рабочий объем которой составляет 200 литров. Обсуждаются преимущества предложенной конструкции по сравнению с обычным дифференциальным клапаном и приводятся основные временные характеристики конструкции клапана.

Изготовление быстродействующего газового клапана для пузырьковой камеры небольших размеров, как известно, не встречает затруднений. Практически все такие устройства сравнительно просты /см. например <sup>1-8/</sup>, имеют вполне удовлетворительные временные характеристики и иногда совмещают операции расширения и поджатия - клапаны двойного действия. Тем не менее в конструктивном отношении они обладают довольно общим недостатком: при увеличении площади выхлопного отверстия такие клапаны становятся весьма громоздкими, а их стабильность в работе ограничивается возможностями удерживающего электромагнита при совмещении его временных и силовых характеристик. Последнее обстоятельство приводит к тому, что при работе с крупными пузырьковыми камерами приходится, в частности, использовать дифференциальные /многоступенчатые/ клапаны, хотя это и усложняет всю конструкцию в целом. Так, например, для расширения и поджатия 600 литровой камеры <sup>9/</sup> применены два трехступенчатых клапана. Известен также и другой способ, заключающийся в одновременном использовании нескольких одинаковых клапанов, простых по конструкции, и работающих параллельно, который однако не нашел широкого распространения. Единственной, в этом смысле, является, по-видимому, 70-литровая камера, в которой расширение и поджатие осуществляется девятью стандартными промышленными клапанами двойного действия <sup>10/</sup>.

Существует, однако, возможность весьма эффективного применения двухступенчатого клапана, новая конструкция которого предлагается в настоящей работе.

Двухступенчатый клапан обычной конструкции /рис.1а/ характеризуется тем, что высокое давление  $P_2^a$  в его второй ступени, непосредственно связанной с камерой, действует по всей площади  $S_2^a$  выхлопного отверстия. Такое решение конструкции дифференциального клапана невыгодно /в особенности, как это будет показано ниже, для больших диаметров отверстий/, поскольку оно прямо использует соотношение  $P_2^a S_2^a = P_1^a S_1^a$ , где  $P_1^a$  - "удерживающее" давление в первой ступени, действующее по площади  $S_1^a$ . Действительно, т.к. максимальная величина отношения  $S_1^a/S_2^a = K$  определяется всегда из конструктивных соображений и практически не зависит от площади выхлопного отверстия, то при увеличении последней масса газа в 1 ступени будет возрастать пропорционально  $D_2^3 / D_1^3$  - диаметр основного выхлопного отвер-

Стремление сохранить постоянным время истечения газа из I ступени потребовало бы в этом случае применения более мощного электромагнита для за-  
 пираия большего выхлопного отверстия или же введения дополнительной-тре-  
 тьей- ступени.

Этот недостаток в значительной мере устранен в новой конструкции диффе-  
 ренциального клапана, принципиальная схема которого приведена на рис. 16.  
 Высокое давление  $P_2^S$  во второй ступени такого клапана удерживается при  
 помощи стакана /1/, плотно прижимаемого усилием  $P_1^S S_1^S$ , действующим со  
 стороны I ступени, к корпусу /2/. После выхлопа газа из I ступени давление  
 $P_1^S$ , приложенное к кольцевой площадке шириной  $\Delta = (D_B - D_H)/2$ ,  $D_B$  и  $D_H$  -  
 диаметры верхнего и нижнего уплотняющих зубцов стакана/, приподнимает ста-  
 кан вверх, открывая тем самым возможность для выхода газа из II ступени  
 по внутренней полости стакана, сообщаемой с атмосферой через окна в стен-  
 ке стакана.

Сравнение предлагаемой схемы с обычной мы будем производить, полагая  
 одинаковыми основные конструктивные параметры: площади выхлопных отверстий,  
 т.е.  $S_2^a = \pi D_H^2/4$ , и отношения площадей первой и второй ступеней, т.е.  
 $S_1^a/S_2^a = \kappa = S_1^S/(\pi/4) D_H^2$ . Понятно, что при этом выигрыша в величине  
 объема первой ступени схема /16/ не дает, тем не менее масса газа в этом  
 объеме существенно уменьшится за счет снижения /по сравнению со схемой 1а/  
 величины удерживающего давления  $P_1^S$ . Действительно, пренебрегая для про-  
 стоты рассуждений усилиями, необходимыми для уплотнения, на основании при-  
 веденных выше соотношений получим, что  $P_1^S = 2 P_2^S \Delta / \kappa D_H$ , т.е.  $P_1^S \sim 1/D_H$ ,  
 тогда как в первом случае  $P_1^a = P_2^a / \kappa$ .

Стало быть, при возрастании площади выхлопного отверстия масса газа бу-  
 дет увеличиваться уже пропорционально  $D_2^2$ , что приведет к меньшему  
 увеличению размеров электромагнита /или меньшему числу ступеней/, чем в  
 предыдущем случае.

x/ Объем газа в первой ступени  $V_1 = h S_1^a$ , где  $h$  - "ход" подвижной  
 части клапана. Но  $h = D_2^a/4$ , а  $S_1^a = \kappa \pi D_2^a/4$ , поэтому  $V_1 \sim D_2^3$ , и стало быть  
 масса газа в этом объеме также  $\sim D_2^3$ .  $P_1$  остается постоянным, если усилие  
 на уплотнение не учитывать.

Таким образом, основная особенность предлагаемой конструкции заключается в том, что по мере увеличения площади выхлопного отверстия величина удерживающего давления в I ступени уменьшается даже в том случае, когда отношение площадей I и II ступеней сохраняется постоянным. Поэтому применение такого клапана особенно выгодно при больших значениях величины  $D_{ч}$ , что наглядно иллюстрируется графиком /рис.2/, где производится сравнение величин  $P_1^a$  и  $P_1^b$  в зависимости от диаметра выхлопного отверстия для обычной и новой конструкций.

На основе описанной схемы был сконструирован и изготовлен двухступенчатый клапан двойного действия; совмещение операций расширения и поджатия не привело к существенным усложнениям всей конструкции в целом. Общий вид клапана представлен на рис. 3.

Клапан позволяет производить быстрый выхлоп 15-ти литров газа, сжатого до 40 атм. в течение 25 мсек. через отверстие  $\sim 80\text{см}^2$  и предназначен для работы с пропановой пузырьковой камерой объемом 200 литров. Продолжительность заполнения 15-ти литрового объема через отверстие  $\sim 34\text{см}^2$  до начального давления составляет 55-60 мсек.

Работа клапана протекает следующим образом. Обмотка I управляющего электромагнита /1/ включена постоянно. В положении, изображенном на чертеже, плунжер /2/ притянут вниз, при этом грибок /3/ перекрывает выхлопное отверстие /4/  $\phi 18$  мм первой ступени, а золотник /5/, жестко связанный с грибком, открывает доступ газа под давлением  $P_1$  в объем  $V_1$  первой ступени. Резиновая диафрагма /6/, разделяющая обе ступени клапана, под давлением  $P_1$  ложится на верхний торец подвижного стакана /7/, который находится в нижнем положении. Прокладки  $P_1$  и  $P_2$  изолируют от атмосферы объем  $V_2$  второй ступени клапана, сообщающийся с двумя коллекторами  $K_1$  и  $K_2$ . Газ под большим давлением  $P_2$  поступает, как показано пунктиром на рис. 2, из коллекторов по распределительным трубкам в обводную кольцевую протоку /8/ в корпусе клапана /9/, а затем, двигаясь между внутренней и наружной /10/ стенками стакана, проходит через отверстия /11/, расположенные вокруг седловины /12/ - в объем  $V_2$ .



Для сброса давления в объеме  $V_2$  через **II** обмотку электромагнита пропускается импульс тока, компенсирующий действие I обмотки: плунжер /2/ и грибок /3/ давлением  $P_1$  отбрасываются вверх, соединяя объем  $V_1$  с атмосферой. Одновременно отходит вверх и золотник /5/, прекращая поступление газа в I ступень. Вслед за этим начинает подниматься вверх стакан; при этом газ из объема  $V_2$  сможет поступить внутрь стакана лишь после того, как его нижний уплотняющий зубец приподнимется выше боковой кромки /13/ седловины; одновременно с этим наружная стенка стакана перекрывает отверстия во втулке /14/, прекращая на время расширения поступление газа в объем  $V_2$ . Через все возрастающий кольцевой зазор между кромкой седловины и нижним уплотняющим зубцом стакана газ выходит через окна в стенке стакана и корпусе в атмосферу. При последующем движении стакана его наружная стенка приподнимается настолько, что газ в объеме  $V_2$  получает дополнительную возможность для выхода - через отверстия в наружной стенке и окна в корпусе - в атмосферу. Таким образом, эти отверстия /  $\sim 34 \text{ см}^2$  / используются и для расширения, и /в положении, показанном на рис.3/ для поджатия. Благодаря тому, что стакан отходит вверх весьма быстро, расширение происходит по обоим каналам практически одновременно.

Для того, чтобы снова подать давление  $P_2$  в объем  $V_2$  через **III** обмотку электромагнита пропускается импульс тока того же направления, что и в I обмотке. Благодаря этому плунжер быстро отходит вниз, грибок перекрывает выхлопное отверстие, после чего золотник открывает доступ газа в объем  $V_1$ , и давлением  $P_1$  стакан возвращается в исходное положение.

Осциллограмма изменения давления в объеме  $V_1$ , полученная с помощью емкостного датчика давления, схема которого описана в работе <sup>/III/</sup>, приведена на рис. 4а. Задержка сброса давления в I ступени от момента подачи импульса на **II** обмотку электромагнита составляет 7 мсек; стабильность этого времени лучше I мсек. Резкие колебания давления, заметные на осциллограмме, вызваны сильным сжатием газа в I ступени при движении стакана вверх. Это обстоятельство является благоприятным, поскольку оно предотвращает прямой удар стакана в верхнюю крышку клапана. Давление в объеме  $V_2$  изменяется, как показано

на рис. 46. Задержка сброса давления в этом случае равна  $/24+1/$  мсек, а продолжительность спада давления до  $\sim 3$  атм. составляет  $/25+1/$  мсек.

Практический интерес представляют основные параметры электромагнитного клапана. Числа витков в его трех обмотках распределены следующим образом:

$N_1 = 5600$ ,  $N_2 = 600$  и  $N_3 = 1600$  витков ПЭЛ 0,3. Диаметр плунжера равен 30 мм, а высота 50 мм, что составляет  $2/3$  от высоты катушек: при токе насыщения в 1 обмотке  $I_{1\text{МАКС}} \approx 100$  ма электромагнит развивает усилие  $\sim 100$  кг. Время нарастания токовых импульсов во II и III обмотках до своих максимальных значений  $I_{2\text{МАКС}} \approx 1,8$ а и  $I_{3\text{МАКС}} \approx 8$ а не превосходит в обоих случаях 0,6 мсек.

Несколько тысяч срабатываний клапана не привели к существенным изменениям в качестве резиновых уплотнений и состоянии трущихся поверхностей. Одновременное и надежное уплотнение по двум прокладкам не встречает сколько-нибудь серьезных затруднений.

Приведенные параметры позволяют сделать вывод о целесообразности применения клапана описанной конструкции в работе с большими пузырьковыми камерами. Следует напомнить также, что эффективность его использования возрастает при увеличении диаметра основного выхлопного отверстия.

В заключение авторы выражают свою признательность В.П.Джелепову за обсуждение и полезные дискуссии.

Рукопись поступила в издательский отдел

10 октября 1960 года.



Литература

1. Б.А.Долгошеин, Л.А.Кузин. ПТЭ, 1958, 6, 116.
2. Margaret H.Alston, B.Collinge, W.H.Evans, R.W.Newport, P.R.Williams, Phil.Mag., 1957, 2 n.16,820.
3. Ван Ган-чан, М.И.Соловьев, Ю.Н.Шкобин, ПТЭ, 1959, 1, 41.
4. Л.П.Котенко, Е.Л.Кузнецов, Ю.С.Попов. Материалы совещания по камерам Вильсона, диффузионным камерам. Дубна 1958, Выпуск 111. "Пузырьковые камеры".
5. М.П.Баладин. Сообщение на семинаре ЛЯП ОИЯИ. Дубна, 1960г.
6. Я.Я.Шаламов. Диссертация, Москва, 1958.
7. Л.М.Барков, К.Н.Мухин, А.В.Тельнов, Р.С.Шляпников, ПТЭ, 1959, 6, 122.
8. Е.В.Кузнецов, И.Я.Тимошин, ПТЭ, 1959, 4, 40.
9. А.И.Алиханян, М.М.Веремеев, А.М.Гальпер, В.Г.Кириллов-Угрюмов, Л.П.Котенко, Л.А.Кузин, Е.Л.Кузнецов, Ю.С.Попов. Труды конференции по ускорителям и аппаратуре, Женева, 1959.
10. W.M.Powell, W.B.Fowler, L.O.Oswald, Rev.Sci.Instr., 1958, 29 874.
11. Е.В.Кузнецов, ПТЭ, 1956, 1, 58.

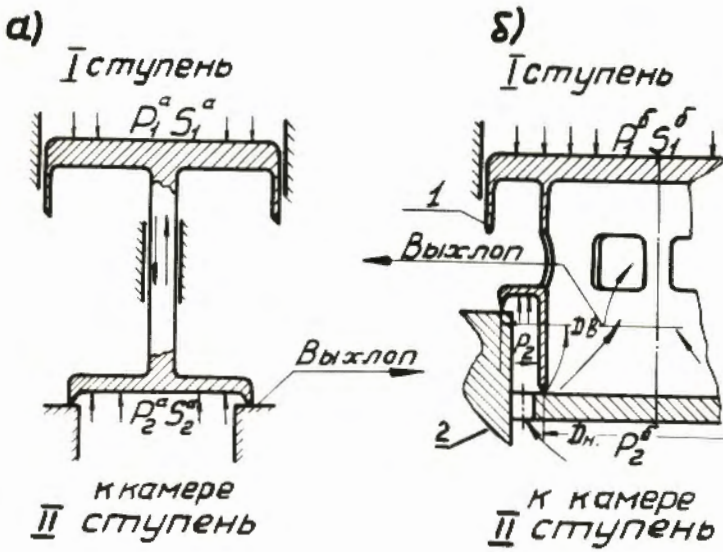


Рис. 1а

Рис. 1б

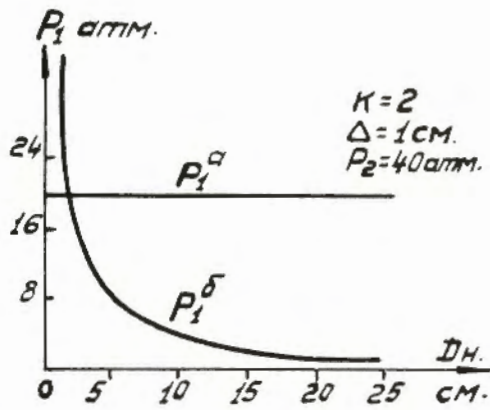


Рис. 2

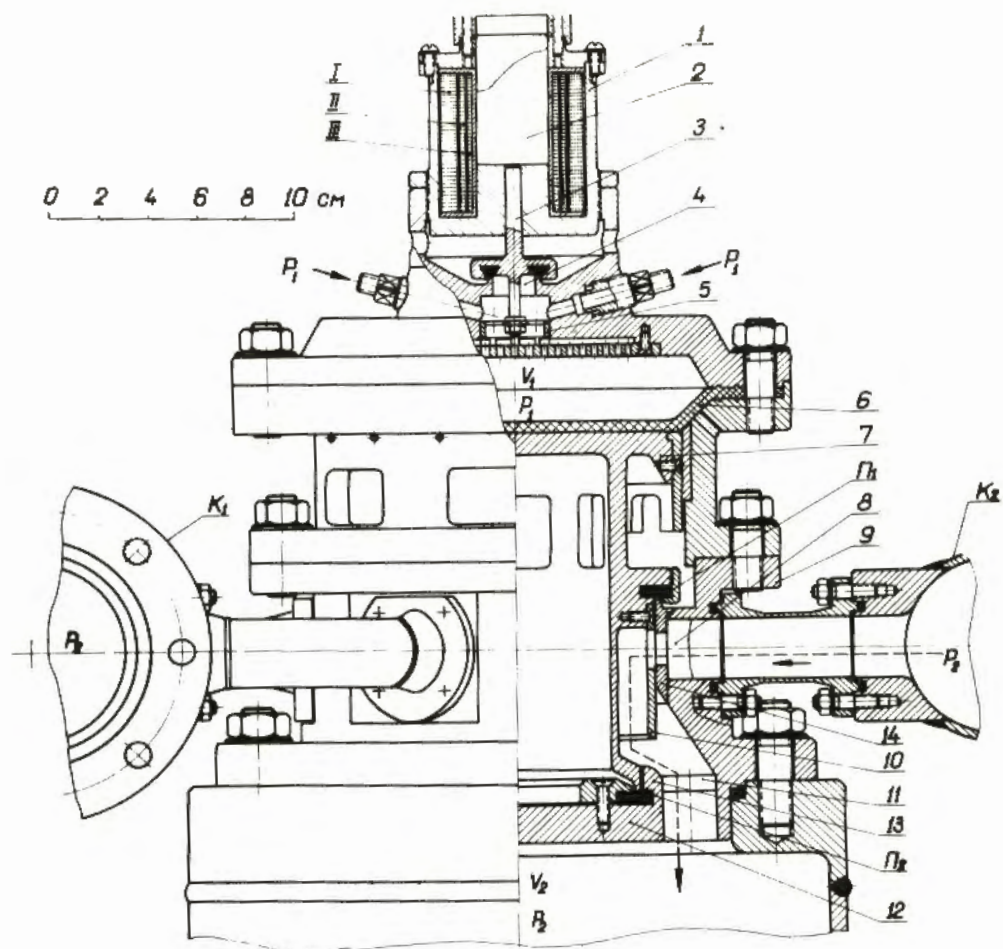


Рис. 3



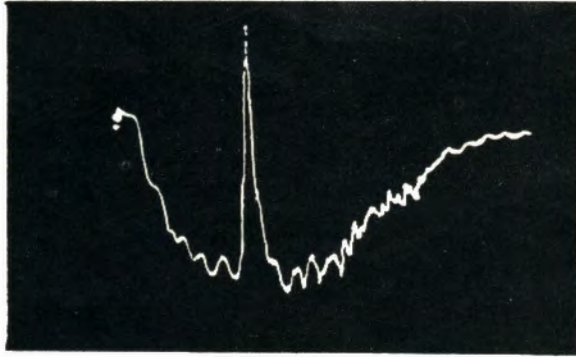


Рис. 4а

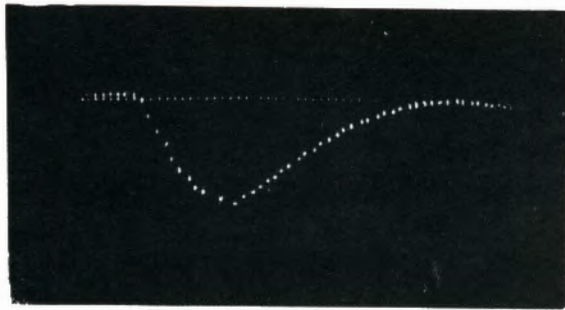


Рис. 4б /отметки времени сделаны через 2 мсек /.