

СЗ44.12

В-529

23/III-71

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

13-5815

2879/2-71



5815

Н.М. Вирясов, В.П. Костин, Е.П. Устенко

ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

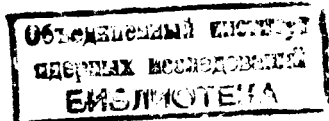
КЛАПАННЫЙ БЛОК СИСТЕМЫ
РАСШИРЕНИЯ 2-МЕТРОВОЙ
ПУЗЫРЬКОВОЙ ВОДОРОДНОЙ
КАМЕРЫ "ЛЮДМИЛА"

1971

13-5815

Н.М. Вирасов, В.П. Костин, Е.П. Устенко

**КЛАПАННЫЙ БЛОК СИСТЕМЫ
РАСШИРЕНИЯ 2-МЕТРОВОЙ
ПУЗЫРЬКОВОЙ ВОДОРОДНОЙ
КАМЕРЫ "ЛЮДМИЛА"**



Клапанные блоки, предназначенные для системы расширения 2-метровой пузырьковой водородной камеры ОИЯИ (установка В-2), испытывались на специальном стенде, а также во время рабочих запусков камеры, когда были получены фотографии космических частиц.

Сбоев в работе системы расширения из-за поломки деталей клапанного блока не было.

Клапанные блоки выполняют функцию управления действием системы расширения в соответствии с избранной программой. При одиночном (за один цикл ускорителя) расширении пузырьковой камеры работу системы расширения обеспечивают два клапанных блока, при сдвоенном цикле — четыре. Все блоки взаимозаменяемы. Блок состоит из четырех основных узлов (см. рис. 1): шелевого пневматического клапана (1), пневматического усилителя (2), электромагнитного привода (3) и защитного кожуха (4).

Шелевой пневматический клапан (см. рис. 2), описанный в /1/, и представляющий собой ступень клапанного блока, является оригинальной разработкой /2/. Данные пневматического клапана приведены в таблице 1.

Пневматический усилитель (см. рис. 1,3,4 и таблицу 2) представляет собой промежуточный узел между пневматическим клапаном (1) (см. рис. 1) и электромагнитным приводом (3) блока, который позволяет управлять сравнительно большим усилием, действующим на затвор пневматического клапана, с помощью существенно меньшего усилия, развиваемого электромагнитным приводом. Усилитель состоит из корпуса (2) и золотника (4). Корпус имеет цилиндрическую полость, в которой устанавливается свободно перемещающийся вдоль оси разгруженный золотник, распределяющий газовый поток, либо в объем управляющего давления (5) из напорного патрубка (6), либо из объема управляющего давления на сброс в атмосферу через отверстие (7).

Таблица 1

ПНЕВМАТИЧЕСКИЙ

| Проходное сечение (см ²) | | Ход затвора (величина его деформации) (мм) | Диапазон рабочих давлений (ати) | Габариты клапана (мм) | |
|--------------------------------------|--------------|--|---------------------------------|-----------------------|----------------|
| на входе | под затвором | | | длина | диаметр фланца |
| 44 | 235 | 3 | 2:50 | 275 | 200 |

К Л А П А Н

| Габариты затвора (мм) | | | Время истечения через клапан воздуха из сосуда V=10 литров, от P=40 ата до P=2 ата (мсек) | Общее число циклов срабатывания | Состояние затвора |
|-----------------------|---------|----------------|---|---------------------------------|-------------------|
| длина | диаметр | толщина стенки | | | |
| 240 | 110 | 5 | 30 | 6.10 ⁵ | Хорошее |

Таблица 2

ПНЕВМАТИЧЕСКИЙ

| Диаметр проходного сечения (мм) | | Ход золотника (мм) | Усилие (расчетное), выталкивающее золотник (кг) | | Вес золотника (грамм) |
|---------------------------------|------------------------------|--------------------|---|-------------|-----------------------|
| напорного штуцера | отверстия сброса в атмосферу | | при P=50 ати | при P=5 ати | |
| 14 | 22 | 5 | 17 | 1,7 | 50 |

У С И Л И Т Е Л Ь

| Общее число циклов срабатывания | Состояние деталей усилителя | Габариты корпуса (мм) | | Габариты золотника (мм) | |
|---------------------------------|-----------------------------|-----------------------|---------|-------------------------|---------|
| | | высота | диаметр | высота | диаметр |
| 2.10 ⁵ | Хорошее | 48 | 74 | 61 | 27 |

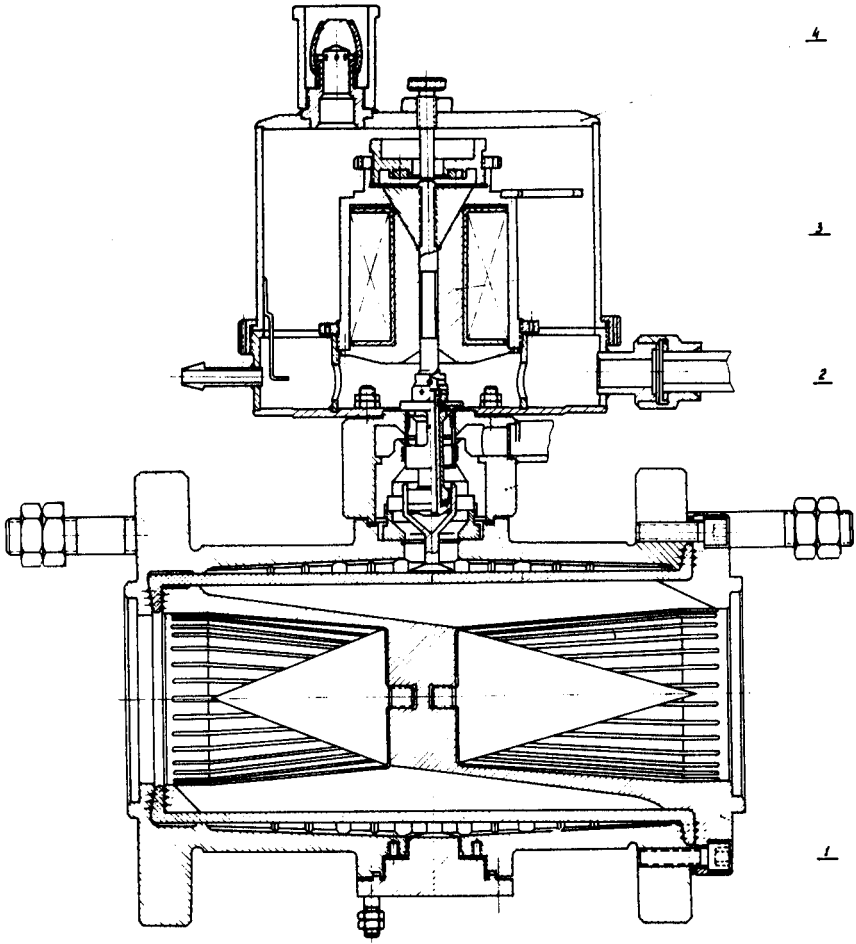
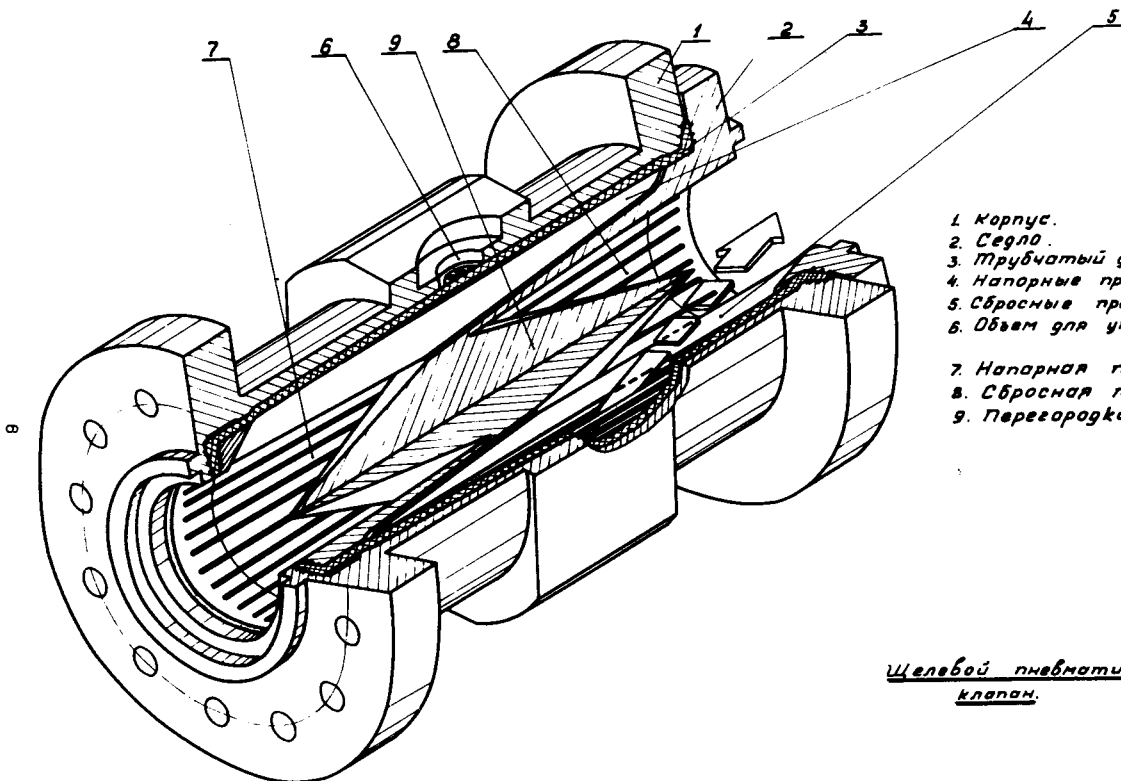


Рис. 1



- 1. Корпус.
- 2. Седло.
- 3. Трубчатый упругий затвор.
- 4. Напорные прорези.
- 5. Сбросные прорези.
- 6. Объем для управляющего давления.
- 7. Напорная полость.
- 8. Сбросная полость.
- 9. Перегородка с обратными клапанами.

Щелевой пневматический клапан.

Рис. 2

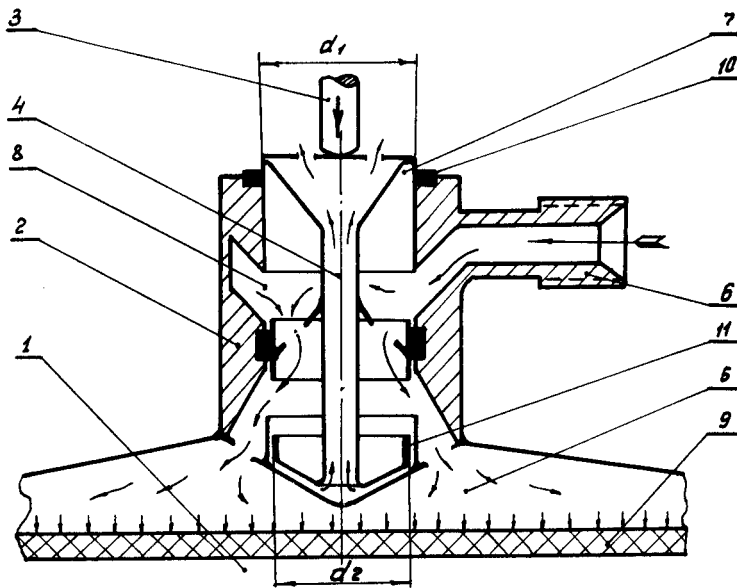


Рис. 3а

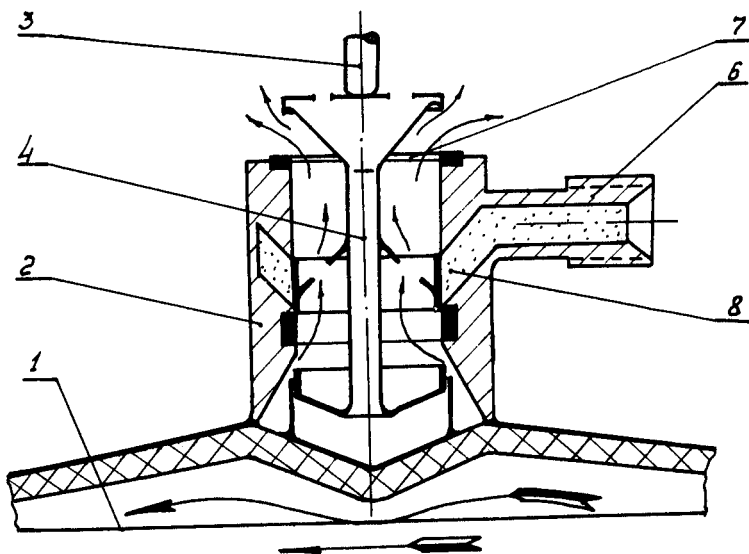


Рис. 3б. Схема пневмоусилителя. 1 - пневматический клапан; 2 - корпус пневматического усилителя; 3 - шток электромагнитного привода; 4 - золотник; 5 - объем управляющего давления; 6 - напорный штуцер; 7 - отверстие выхлопа в атмосферу; 8 - шель для подачи управляющего давления; 9 - затвор пневмоклапана; 10 - уплотнение золотника верхнее, диаметр d_1 ; 11 - уплотнение золотника нижнее, диаметр d_2 .

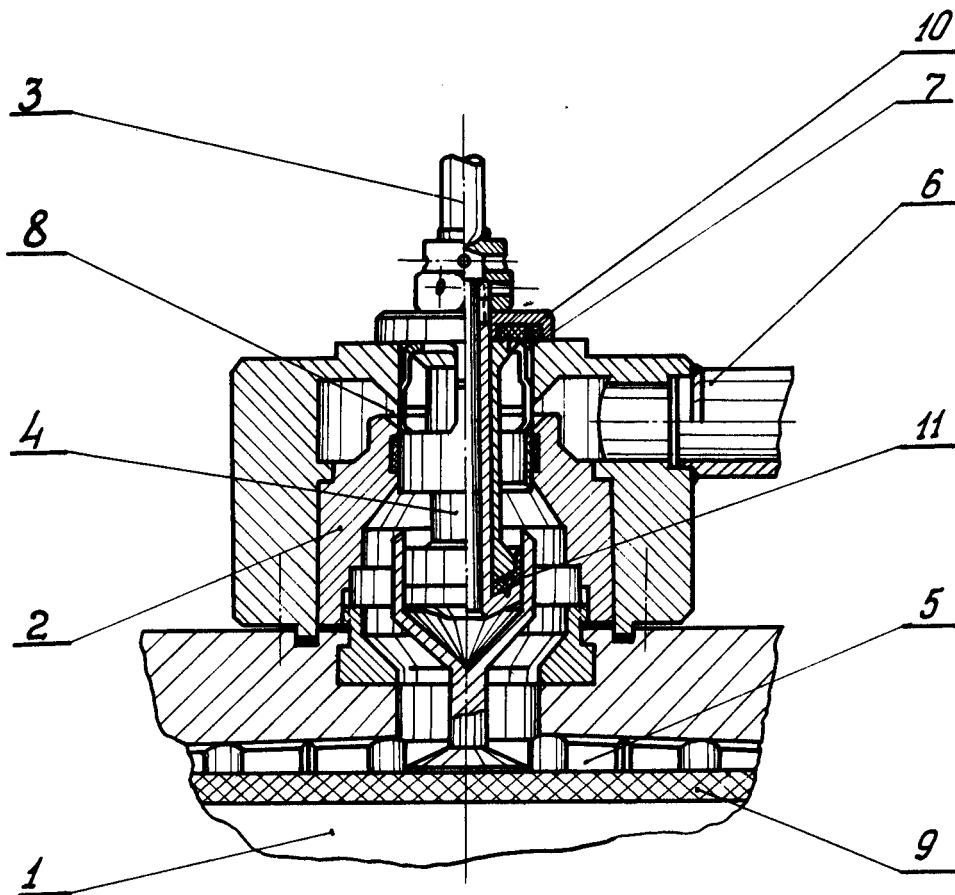


Рис. 4. Пневматический усилитель. 1 - пневматический клапан; 2 - корпус; 3 - шток привода; 4 - золотник; 5 - объем управляющего давления; 6 - напорный штуцер; 7 - отверстие выхлопа; 8 - щель для подачи управляющего давления; 9 - затвор пневмоклапана; 10 - уплотнение золотника (верхнее); 11 - уплотнение золотника (нижнее).

Действие клапанного блока осуществляется с помощью электромагнитного привода и сил газового давления, приложенных к золотнику.

Электромагнитный привод клапанного блока (рис. 5) служит для удержания золотника пневмоусилителя, освобождения от удерживающей силы и его возврата в исходное положение после срабатывания блока. Действие привода происходит по циклограмме, задаваемой с электронного пульта камеры.

Электромагнитный привод представляет собой соленоид с тремя обмотками питания - удерживающей, отшибающей и прихватывающей, где 1 - статор электромагнита, 2 - сердечник и 3 - катушка с обмотками питания.

Конструкция привода (см. рис. 5) предусматривает возможность регулировки хода сердечника (и золотника (6)) с помощью детали (4) и демпфирование подвижных деталей демпфером (5).

Данные привода содержатся в таблице 3.

Ввиду того, что установка В-2 содержит более 800 литров жидкого водорода (при заполненной водородной емкости - более 1800 литров жидкого водорода), помещение, в котором она размещена, является взрывоопасным. В соответствии с требованиями на взрывобезопасность электромагнитные приводы клапанных блоков заключены в защитные кожухи (4) (рис. 2).

Описание действия клапанного блока

В исходный момент включается питание удерживающей обмотки электромагнитного привода, после чего сердечник (см. рис. 3а и 4) своим штоком (3) прижимает золотник к уплотнению (10) на корпусе (2) пневмоусилителя. При таком положении золотника отверстие (7) для выхода газа в атмосферу закрыто и открыта щель (8) для его подачи в управляющий объем пневмоклапана. Пройдя через пневматический усилитель с газового пульта механизма расширения, давление поступит в полость пневматического клапана (1) и обожмет его затвор (9). Пневматический клапан в таком положении закрыт.

Таблица 3

Э Л Е К Т Р О М А Г Н И Т Н Ы Й

| Габариты (мм) | | Максимальн. развиваем. усилие (кг) | Число штифтов | Вес подвижных деталей (грамм) | Общее число циклов срабатывания | Состояние деталей привода |
|---------------|---------|------------------------------------|---------------|-------------------------------|---------------------------------|---------------------------|
| высота | диаметр | | | | | |
| 96 | 82 | ~ 30 | 5 | 130 | $2 \cdot 10^5$ | Хорошее |

П Р И В О Д

| Режим питания обмоток | | | Число витков | Обеспечение взрывобезопасности |
|------------------------|----------|--------------|--------------|--------------------------------|
| напряжение (в) | ток (ма) | емкость (мФ) | | |
| <u>Удерживающая:</u> | | | 1500 | а) герметичный кожух; |
| 24 | 150 | - | | |
| <u>Отшибающая:</u> | | | 300 | б) азотный продув; |
| 190 | - | 960 | | |
| <u>Прихватывающая:</u> | | | 300 | в) блокировка питания |
| 250 | - | 960 | | |

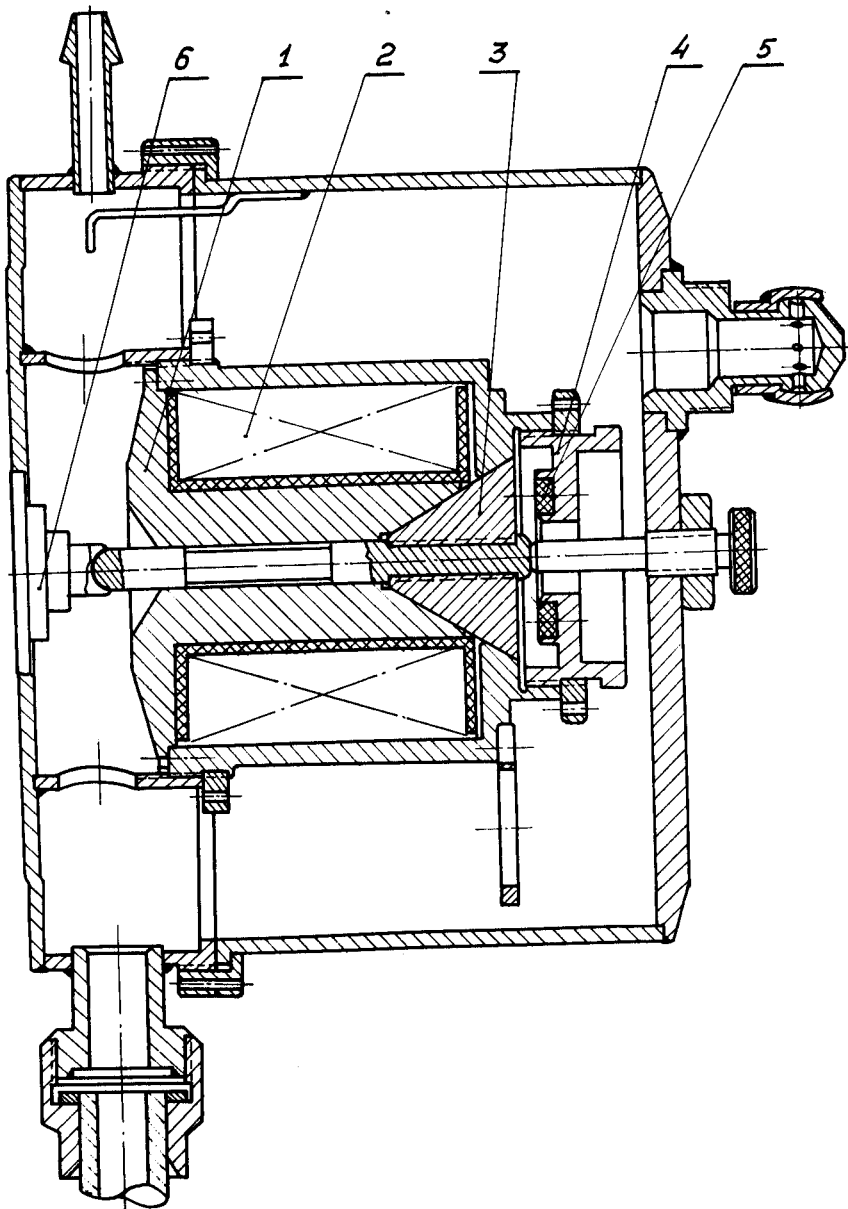


Рис. 5. Электромагнитный привод. 1 - статор; 2 - катушка с обмотками; 3 - сердечник; 4 - ограничитель хода; 5 - демпфер; 6 - золотник.

Клапанный блок приводится в действие включением импульсных обмоток привода, когда вступает в работу пневматический усилитель. Действие усилителя основано на использовании нескомпенсированного усилия, развиваемого на поверхностях верхнего (10) и нижнего (11) уплотнений золотника (см. рис. 3а). Это усилие пытается вытолкнуть золотник из корпуса. Как только шток сердечника при срабатывании отшибающей обмотки привода перестает удерживать золотник в нижнем положении, золотник отбрасывается вверх нескомпенсированной частью давления (рис. 3б) и открывается отверстие (7) выброса в атмосферу управляющего давления. Одновременно промежуточный уплотнительный поясок золотника перекрывает щель (8) подачи управляющего давления. Происходит выхлоп этого давления из пневматического клапана (рис. 3б). Если при этом на вход клапана было подано давление, то он открывается и пропускает это давление через себя (например, в цилиндр механизма расширения). Блок клапанов остается в открытом положении пока не сработает прихватывающая обмотка привода. После ее срабатывания сердечник соленоида переместит золотник в нижнее положение, отверстие выброса управляющего давления перекроется, одновременно промежуточный уплотнительный поясок золотника откроет напорную щель и управляющее давление вновь обожмет затвор пневматического клапана. Клапанный блок будет закрыт и подготовлен к следующему циклу (рис. 3а). Сила соленоида и соотношение диаметров $d_1 > d_2$ подобраны так, чтобы усилия со стороны золотника на шток электромагнитного привода и обратно обеспечивали необходимую подвижность золотника и быстроедействие клапанного блока (при $P_{упр.} = 35$ ати сила со стороны золотника - 12 кг).

Основные характеристики клапанного блока

Выбор конструкции клапанного блока и расчёт его элементов обусловлен комплексом многочисленных, зачастую противоречивых, требований. Сложность задачи значительно возрастает, если клапанный блок (как в нашем случае) должен действовать при повышенных давлениях (до 50 ати) и одновременно обеспечивать большое проходное сечение. Это делает задачу создания упомянутого узла камеры по меньшей мере не совсем тривиальной.

Клапанный блок должен обладать: 1 - быстродействием; 2 - стабильностью; 3 - надежностью и долговечностью; 4 - безопасностью работы; 5 - простотой конструкции; и, наконец, 6 - экономичностью.

Для клапанного блока установки В-2 значения соответствующих характеристик выглядят следующим образом:

Быстродействие. В данной конструкции быстродействие обусловлено:
а) величиной "мертвого" времени τ_1 , измеряемого от стартового импульса, поступающего в отшибающую обмотку привода до начала падения управляющего давления; б) временем τ_2 выброса и τ_3 подачи управляющего давления:

$$\tau_1 = 4,0 \pm 0,5 \text{ мсек,}$$

$$\tau_2 = 5 \pm 10 \text{ мсек,}$$

$$\tau_3 = 5 \pm 10 \text{ мсек.}$$

На рис. 6 даны типичные осциллограммы управляющего давления I - в расширяющем и II - поджимном клапанах камеры.

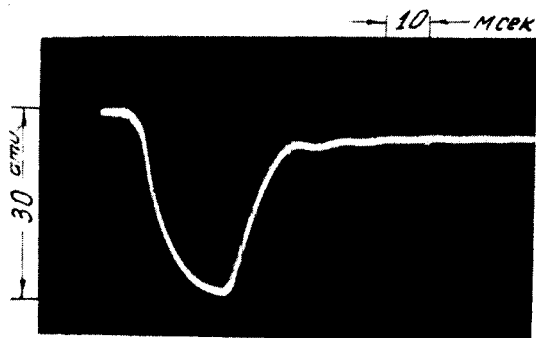
Широкий диапазон значений τ_2 и τ_3 обусловлен тем, что клапанный блок действует в диапазоне давлений от 10 до 40 ати.

Стабильность. Измерения стабильности клапанного блока проводились в ходе длительных испытаний системы расширения (в течение более 100 тыс. циклов), а также при водородных пусках установки. Измерялось время от стартового импульса до начала возрастания величины силового давления в объеме под поршнем пневмопривода, т.е. до начала открытия пневматического клапана. Колебания этой величины не превышают $\pm 0,5$ мсек, что соответствует требованиям.

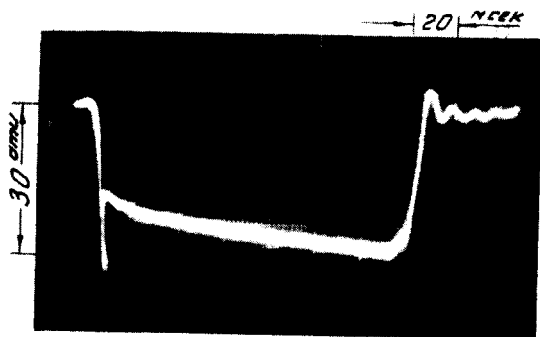
Точность измерений соответствует точности типового осциллографа С1-18.

Надежность и долговечность. Длительность одной экспозиции пузырьковой камеры на пучке ускорителя в настоящее время определяется временем набора нескольких сот тысяч фотографий за один сеанс облучения. Именно поэтому к узлам установки предъявляются очень жесткие требования на долговечность и надежность.

Клапанные блоки принадлежат к числу узлов, в значительной мере ответственных за бесперебойную работу пузырьковой камеры. С целью



I



II

Рис. 6. Типичные осциллограммы изменения управляющего давления в пневматических клапанах системы расширения; I - в расширяющем, II - в поджимном клапанах.

их отработки на установке В-2 блоки подвергались длительным испытаниям и выдержали без ремонта и сбоев от $2 \cdot 10^5$ до $6 \cdot 10^5$ циклов. Различное число циклов, сделанное отдельными узлами блоков, определяется различной длительностью испытаний узлов, проводившихся нами перед тем как приступить к комплексным испытаниям всего блока.

Безопасность работы клапанных блоков обеспечивается умеренной величиной параметров питания обмоток электромагнитных приводов, а взрывобезопасность - защитным кожухом.

Простота конструкции и удобство эксплуатации. Конструкция блоков обеспечивает их быстрый съем, разборку, регулировку и монтаж на рабочем месте. Блок достаточно прост в изготовлении, ремонте и обслуживании. Одним из его достоинств является отсутствие надобности в специальной системе смазки фрикционных пар, находящихся под действием нагрузок на протяжении многих десятков, а иногда и сотен тысяч циклов непрерывно.

Экономичность. В нашем случае экономичность по расходуемому газу определяется количеством газа, проходящего через объем управляющего давления:

$$Q = V \cdot n .$$

Здесь: Q - расход газа ($\text{м}^3/\text{час}$); V - объем, описываемый затвором пневмоклапана (м^3); n - число циклов ($1/\text{час}$). Объем V связан жесткой зависимостью с ходом h затвора (h - величина приращения радиуса затвора от его положения в закрытом клапане до положения в открытом). Но, как известно из [1], основная отличительная особенность пневмоклапана есть малая величина (деформации затвора) хода ($h = 3$ мм). Именно благодаря этому клапанный блок обладает малым расходом газа и высокой экономичностью.

Расчёты показывают, что достоинства клапанного блока описанной конструкции, а именно, быстрдействие, экономичность, надежность и долговечность становятся ощутимее при переходе к модификации блока с большим проходным сечением пневматического клапана.

В заключение авторы выражают благодарность Б.К. Курятникову за помощь в изготовлении, В.Е. Краснову, Ю.П. Бушуеву, Н.Ф. Буланову и В.А. Русакову за помощь в отладке и испытаниях клапанных блоков.

Л и т е р а т у р а

1. Н.М. Вирясов и др. "Шелевой пневматический клапан для пузырьковой камеры". Материалы рабочего совещания по технике пузырьковых камер. (Дубна, ОИЯИ, 8-11 апр. 1969 г., 13-4466).
2. Э.В. Козубский, Е.П. Устенко. "Запорный быстродействующий пневматический клапан", авторское свидетельство № 228444. Бюллетень № 31, 1969 г.

Рукопись поступила в издательский отдел

7 мая 1971 года.