

УДК 62-112.4

DOI: https://doi.org/10.52899/24141437_2025_01_23

Научный обзор



Аналитический обзор распределителей четырехходовых для управления дистанционно-управляемыми клапанами на подводной лодке

В.Ш. Вахитов

Санкт-Петербургское морское бюро машиностроения «Малахит», Санкт-Петербург, Россия

АННОТАЦИЯ

В настоящее время на проектах подводных лодок самую большую группу исполнительных органов составляют дистанционно-управляемые клапаны, управление которыми осуществляется с помощью распределителей с электромагнитным приводом. Сравнительный анализ помогает выбирать варианты развития и оценивать альтернативы применения технических средств в обеспечение управления дистанционно-управляемыми клапанами.

Цель обзора было проведение сравнительной оценки используемых на подводных лодках четырехходовых распределителей с электромагнитным приводом в качестве технических средств для управления дистанционно-управляемыми клапанами. Результаты сравнительного анализа показывают в общей сложности однотипность по конструктивным и техническим характеристикам, а также по принципу действия используемых в настоящее время распределителей, что является предпосылками к созданию нового типа распределителей, обладающих меньшими габаритами и улучшенными характеристиками, что позволит оптимизировать размещение оборудования в крайне насыщенных различными техническими средствами отсеках подводных лодок.

Ключевые слова: подводная лодка; распределители с электромагнитным приводом; управление; дистанционно-управляемые клапаны; принцип действия; основные характеристики.

Как цитировать

Вахитов В.Ш. Аналитический обзор распределителей четырехходовых для управления дистанционно-управляемыми клапанами на подводной лодке // Труды Санкт-Петербургского государственного морского технического университета. 2025. Т. 4, № 1. С. 23–31. DOI: https://doi.org/10.52899/24141437_2025_01_23

DOI: https://doi.org/10.52899/24141437_2025_01_23

Review

Analytical review of four-way directional valves used to control remote-controlled submarine valves

Vil Sh. Vakhitov

Saint Petersburg Marine Engineering Bureau «Malachite», Saint Petersburg, Russia

ABSTRACT

Today, in submarine projects, the largest group of actuators is remotely controlled valves, which are controlled by solenoid-controlled directional valves. Comparative analysis allows to select development options and evaluate alternative uses of devices to control remotely controlled valves.

The article aims to conduct a comparative analysis of four-way solenoid-controlled directional valves used on submarines as control devices of remotely controlled valves. The comparative analysis shows that state-of-the-art directional valves have uniform design, specifications, and the operating principle, which are prerequisites for the development of a new, more compact and advanced directional valve to improve equipment layout in submarine compartments with numerous devices.

Keywords: submarine; electromagnetically operated distributors; control; remote controlled valves; operating principle; main characteristics.

To cite this article

Vakhitov VSh. Analytical review of four-way directional valves used to control remote-controlled submarine valves. *Transactions of the Saint Petersburg State Marine Technical University*. 2025;4(1):23–31. DOI: https://doi.org/10.52899/24141437_2025_01_23

Received: 31.01.2025

Accepted: 15.02.2025

Published online: 25.03.2025

ВВЕДЕНИЕ

На подводной лодке (далее — ПЛ) применяется большое количество дистанционно-управляемых клапанов, предназначенных для установки в судовых системах в качестве запорного устройства. Учитывая замкнутый, ограниченный объем пространства, в системах используются клапаны с гидравлическими и пневматическими приводами.

Одним из основных элементов автоматизированных систем управления являются распределители пневматические и гидравлические с электромагнитными приводами. С их помощью осуществляется дистанционное и местное управление потоками рабочей среды, протекающими по трубопроводам, в которых установлены дистанционно-управляемые клапаны.

Существует большое многообразие распределителей с электромагнитными приводами, разрабатываемых и предлагаемых к применению различными предприятиями, специализирующимися на трубопроводной арматуре.

Распределители классифицируются:

а) по типу конструкции:

- трехходовые;
- четырехходовые.

б) по проводимой рабочей среде:

- пневматические;
- гидравлические.

в) по количеству электромагнитных приводов:

- с одним электромагнитным приводом;
- с двумя электромагнитными приводами.

В настоящей статье выполняется обзор основных технических характеристик распределителей четырехходовых

пневматических (гидравлических) с электромагнитными приводами, применяемых на проектах ПЛ АО «СПМБМ «Малахит».

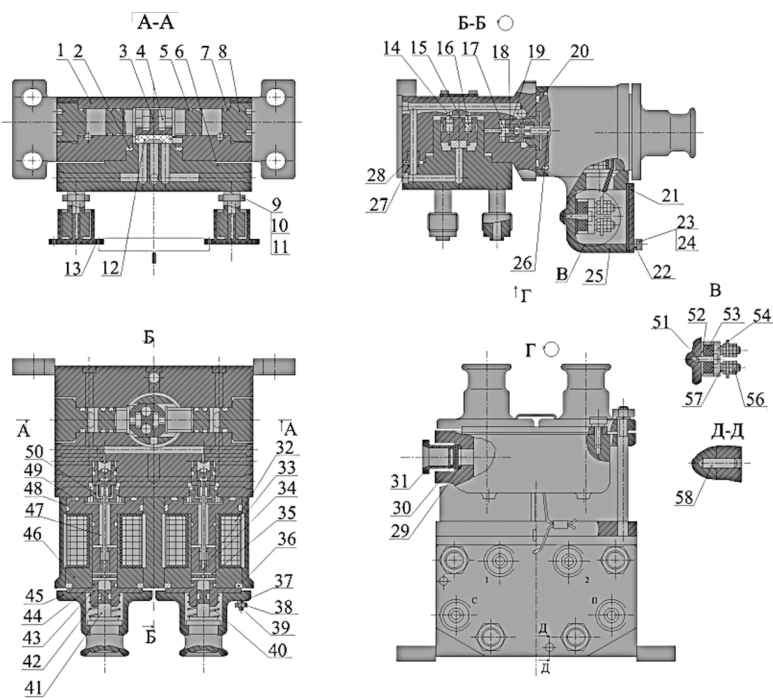
ОПИСАНИЕ СУЩЕСТВУЮЩИХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЕЙ ЧЕТЫРЕХХОДОВЫХ С ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМИ ПРИВОДАМИ

В настоящее время одними из ведущих поставщиков распределителей являются АО «ЗМС «Знамя труда», АО «НПФ «ЦКБА», АО «Аскольд», АО «ЦТСС» КБ «Армас» и др.

1. Распределители разработки АО «ЗМС «Знамя труда»

АО «ЗМС «Знамя труда» разрабатывает:

- клапаны распределительные четырехходовые пневматические Т055.096 и гидравлические Т055.096-04 с двумя электромагнитными приводами по ТУ302-07-465-91;
- распределители четырехходовые пневматические Т055.064 с одним электромагнитным приводом по ТУ26-07-198-78;
- клапаны распределительные четырехходовые пневматические Т055.098 с одним электромагнитным приводом по ТУ302-07-465-91;
- распределители четырехходовые пневматические Т055.048 и гидравлические Т055.048-04 с двумя электромагнитными приводами по ТУ26-07-198-78.



Поз.	Наименование	Поз.	Наименование
1	Корпус	32	Катушка
2	Прокладка	33	Якорь
3	Ползун	34	Винт
4	Поршень	35	Штифт
5	Кольцо	36	Кольцо
6	Крышка	37	Шайба
7	Кольцо	38	Гайка
8	Пробка	39	Шпилька
9	Шпилька	40	Пружина
10	Шайба	41	Толкатель
11	Гайка	42	Кольцо
12	Уплотнение	43	Втулка
13	Заглушка	44	Кольцо
14	Шарик	45	Крышка
15	Пружина	46	Магнитопровод
16	Опора	47	Стоп
17	Пружина	48	Кольцо
18	Золотник	49	Прокладка
19	Кольцо	50	Втулка
20	Седло	51	Винт
21	Крышка	52	Прокладка
22	Прокладка	53	Клеммная плата
23	Шайба	54	Клемма
24	Винт	55	Болт
25	Корпус электромагнита	56	Шайба
26	Шток	57	Гайка
27	Втулка	58	Штифт
28	Прокладка		
29	Шайба		
30	Уплотнение		
31	Втулка		

Рис. 1. Клапан распределительный Т055.096.
Fig. 1. Distribution valve T055.096.

1.1. Клапаны распределительные Т055.096 состоят из следующих основных узлов и деталей (рис. 1):

- 1) корпуса 1;
- 2) крышки поз. 6, присоединяющейся к напорной магистрали через штуцер «П», к приводу дистанционно-управляемого клапана через штуцера «1» и «2», сообщаемой со сбросом через штуцер «С»;
- 3) двух золотников поз. 18 с резиновым уплотнением, обеспечивающих герметичность затвора;
- 4) ползуна поз. 3, в который вставляется фторопластовое уплотнение поз. 12 для обеспечения герметичности;
- 5) двух поршней поз. 4 с резиновыми кольцами поз. 5, обеспечивающих перемещение ползуна 3 в крышке поз. 6;
- 6) корпуса электромагнитного привода поз. 25, предназначенного для размещения двух катушек поз. 32, общей клеммной платы поз. 53, сальника кабельного ввода, двух якорей поз. 33 и двух стопов поз. 47, двух крышек поз. 45, предназначенных для размещения кнопок (ручных дублеров);
- 7) двух кнопок, состоящих из толкателей поз. 41, пружины поз. 40, обеспечивающих ручное (местное) управление.

Основные характеристики клапанов распределительных¹:

- 1) условный проход DN: 6 мм;
- 2) рабочее давление: $(4,5 \pm 0,5)$ МПа;
- 3) рабочая среда: воздух с относительной влажностью (60 ± 3) % при температуре 35 °С;
- 4) температура рабочей среды: до +65 °С;
- 5) характеристики электромагнитного привода:
 - род тока: постоянный;
 - напряжение: $(27^{+1,35}_{-4,05})$ В;
 - номинальная потребляемая мощность: не более 25 Вт;
 - режим работы: импульсное включение продолжительностью не менее 2 с;
- 6) масса: 12,5 кг.

Принцип действия клапана распределительного показан на примере управления нормально-закрытым дистанционно-управляемым клапаном и заключается в следующем (рис. 2).

В исходном положении клапан «К» закрыт. При этом электромагниты «ЭМ-1» и «ЭМ-2» клапана распределительного «Р» обесточены, золотники электромагнитов под действием пружин находятся в верхнем положении. Правая и левая полости клапана распределительного

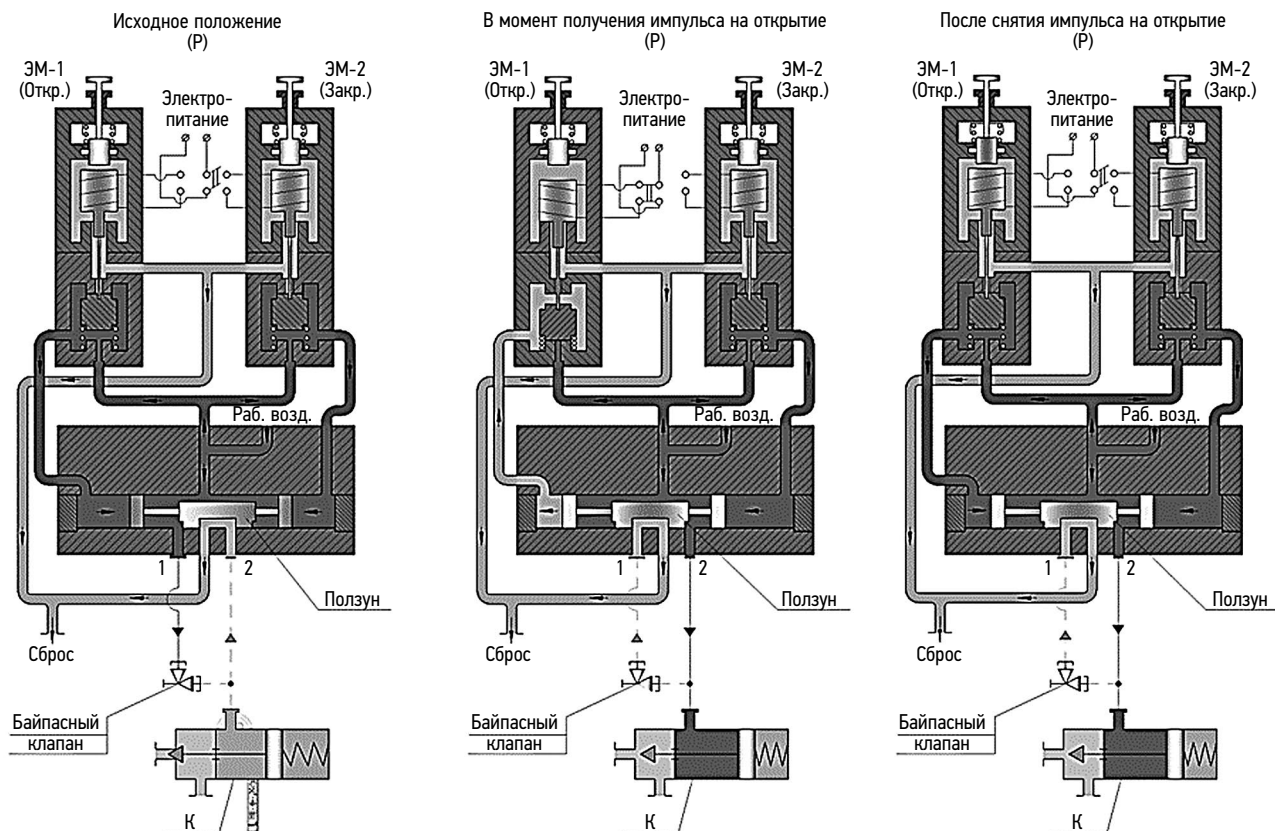


Рис. 2. Принцип действия клапанов распределительных Т055.096.

Fig. 2. Operating principle of distribution valves T055.096.

¹ АО ЗМС «Знамя труда». Клапан распределительный с электромагнитным приводом Дуб. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. Т055.096ТО

«(P)» заполнены рабочим воздухом, ползун находится в крайнем правом положении. Полость открытия клапана «К» через штуцер «2», ползун и штуцер «С» соединена с атмосферой помещения.

Для открытия клапана «К» подается импульс напряжения от 2 до 5 с на электромагнит «ЭМ-1». Золотник электромагнита «ЭМ-1» переместится вниз и перекроет канал подачи воздуха в полость электромагнита, воздух из полости электромагнита и левой полости клапана распределительного «(P)» стравится в атмосферу помещения.

Ползун под действием рабочего давления воздуха в правой полости клапана распределительного «(P)» переместится влево, и через штуцер «2» в полость открытия клапана «К» поступит рабочий воздух, тем самым обеспечивая открытие клапана «К».

Через (2–5) с импульс на открытие с электромагнита «ЭМ-1» снимется. Золотник электромагнита «ЭМ-1» переместится в верхнее положение под действием пружины. В полость электромагнита «ЭМ-1» и левую полость клапана распределительного «(P)» поступит рабочий воздух, при этом ползун останется в том же положении.

1.2. Клапаны распределительные Т055.096-04 аналогичны по основным характеристикам, конструкции, принципу действия клапанам распределительным Т055.096 и предназначены для управления дистанционно-управляемыми клапанами с гидроприводом. Рабочей средой является вода питательная по ОСТВ5Р.4296, рабочее давление от 2,5 до 7,0 МПа.

1.3. Распределители Т055.064 состоят из следующих основных узлов и деталей (рис. 3):

- 1) корпуса поз. 9, через который проходит рабочая среда;
- 2) резинометаллических золотников поз. 8, 45, 68, обеспечивающих герметичность в затворе;
- 3) поршней поз. 5 и 65;
- 4) седел поз. 7, 43, 67;
- 5) мембран поз. 4, 64;
- 6) электромагнитного привода, обеспечивающего срабатывание распределителей, со встроенными кнопками.

Основные характеристики распределителей²:

- 1) условный проход DN: 6 мм;
- 2) рабочее давление: от 2,5 до 5,5 МПа;
- 3) рабочая среда: воздух с относительной влажностью (95±3) % при температуре 35 °С;
- 4) температура рабочей среды: до + 65 °С;
- 5) характеристики электромагнитного привода:
 - род тока: постоянный;
 - напряжение (24±1,2) В;
 - номинальная потребляемая мощность: не более 20 Вт;
 - режим работы: постоянная подача напряжения;
- 6) масса: 5,5 кг.

Принцип действия распределителей Т055.064 заключается в следующем (рис. 4).

При обесточенной катушке под давлением пружины золотник 1 находится в верхнем крайнем положении.

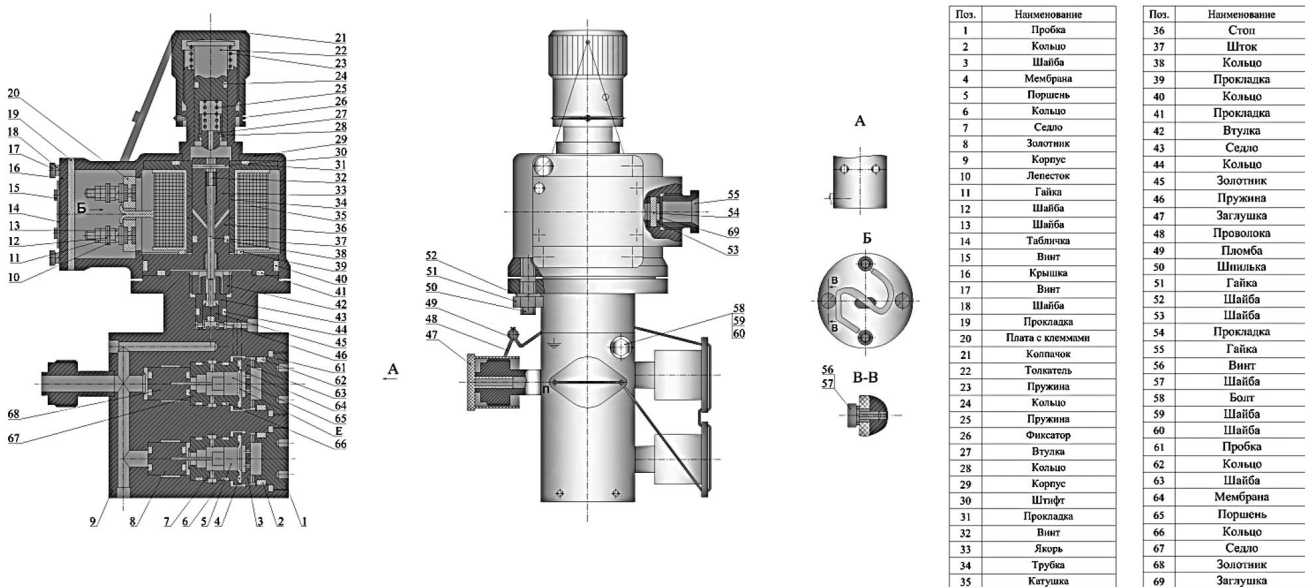


Рис. 3. Распределитель Т055.064.
Fig. 3. Distributor T055.064.

² АО ЗМС «Знамя труда». Распределитель пневматический с электромагнитным приводом Ду6, Рр от 2,5 до 5,5 МПа (от 25 до 55 кгс/см²), t до 65 °С. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. Т055.064Т0.

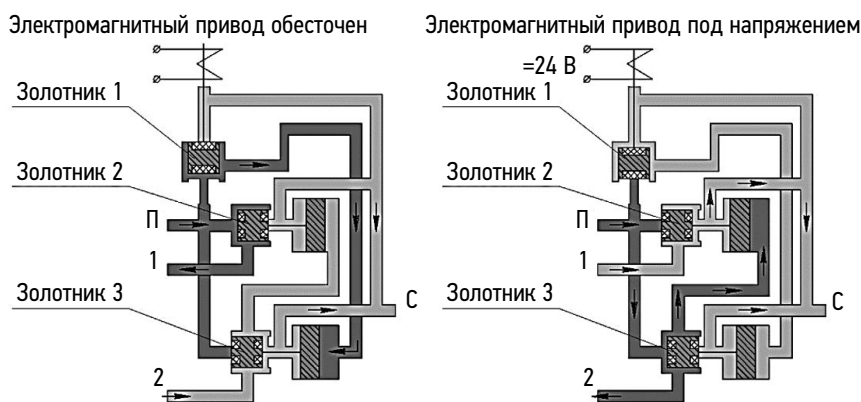


Рис. 4. Принцип действия распределителей Т055.064.

Fig. 4. Operating principle of distributors T055.064.

При подаче давления в штуцер «П» воздух перемещает золотник 2 в правое крайнее положение и далее поступает через штуцер «1» в пневмопривод. Одновременно воздух поступает на поршень, который перемещает золотник 3 в левое крайнее положение. Золотник 3 перекрывает проход воздуха в пневмопривод через штуцер «2».

При подаче напряжения на катушку, якорь, притягиваясь к стопу, действует через шток на золотник 1 и перемещает его в нижнее крайнее положение. Воздух перемещает золотник 3 в правое крайнее положение и проходит через штуцер «2» в пневмопривод. Одновременно воздух поступает на поршень, который перемещает золотник 2 в левое крайнее положение и перекрывает доступ воздуха в штуцер «1». При этом воздух из пневмопривода, соединенного со штуцером «1», сбрасывает через штуцер «С».

1.4. Клапаны распределительные Т055.098 по основным характеристикам, конструкции и принципу действия аналогичны распределителям Т055.064.

1.5. Распределители Т055.048, Т055.048-04 по основным характеристикам, конструкции и принципу действия аналогичны клапанам распределительным Т055.096, Т055.096-04.

2. Распределители разработки АО «НПФ «ЦКБА»

АО «НПФ «ЦКБА» разрабатывает:

- клапаны распределительные четырехходовые пневматические ЦКБТ055.096М и гидравлические ЦКБТ055.096М-04 с двумя электромагнитными приводами по ТУ3742-345-34390194-2013;
- клапаны распределительные четырехходовые пневматические ЦКБТ055.098М с одним электромагнитным приводом по ТУ3742-345-34390194-2013.

Клапаны распределительные по составу, основным техническим характеристикам и принципу действия идентичны распределителям, указанным в разделе 1.

3. Распределители разработки АО «Аскольд»

АО «Аскольд» разрабатывает манипуляторы четырехходовые двухпозиционные с электромагнитным приводом по ИПЛТ.494621.006ТУ.

Манипулятор состоит из основных узлов (рис. 5):

- два узла управления;
- два золотниковых узла;
- узел проточной части.

Узел управления состоит из корпуса электромагнита поз. 21, штока поз. 32, пружины поз. 33, катушки поз. 34, якоря поз. 35, кнопки ручного управления поз. 39 и предназначен для дистанционного и ручного управления манипулятором.

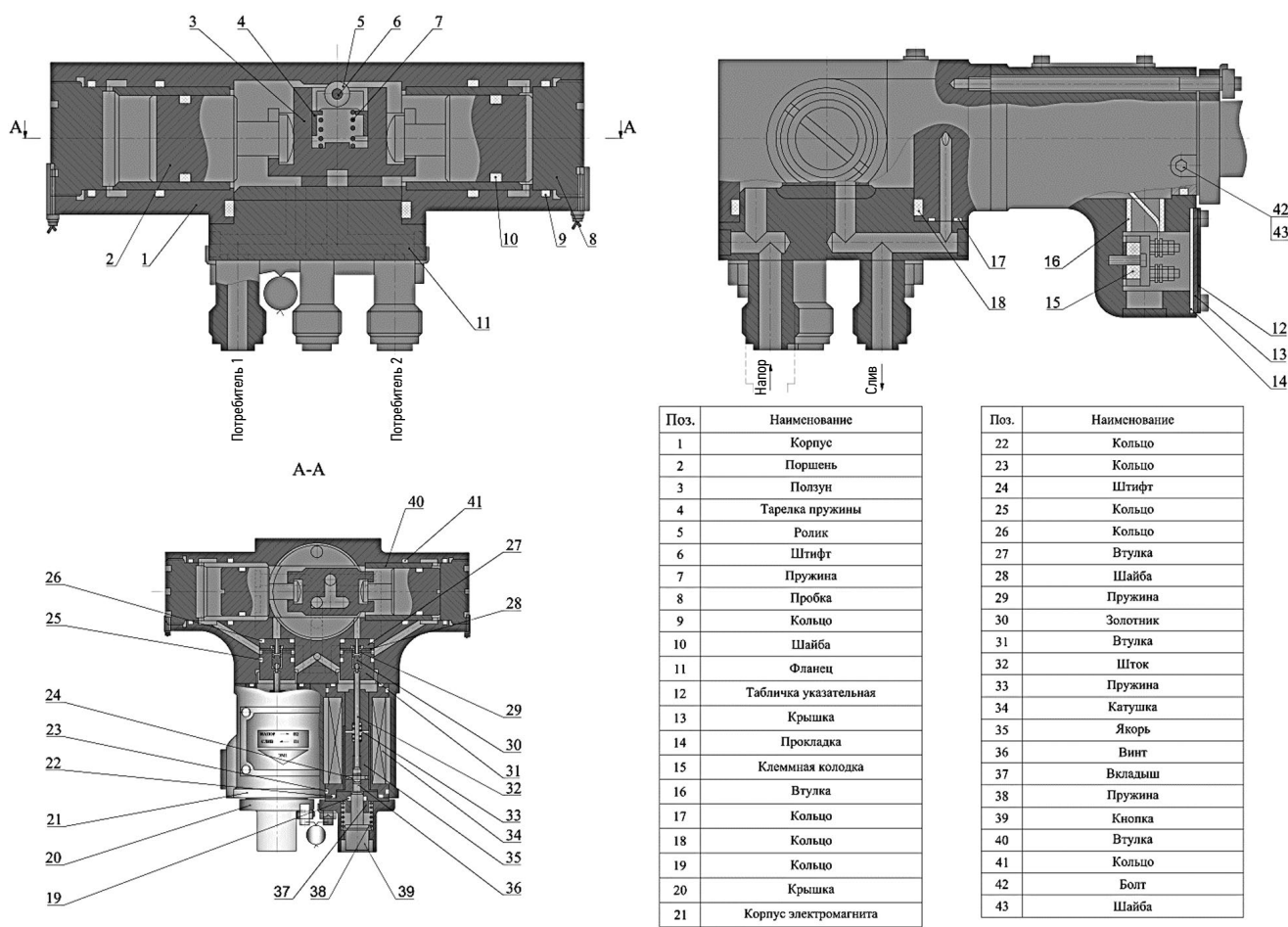
Золотниковый узел состоит из втулки поз. 27, пружины поз. 29, золотника поз. 30, втулки поз. 31 и предназначен для обеспечения рабочего перепада на поршнях.

Узел проточной части состоит из корпуса поз. 1, двух поршней поз. 2, ползуна поз. 3, пружины поз. 7, фланца поз. 11 и предназначен для передачи проводимой среды потребителям.

Основные характеристики манипуляторов³:

- 1) условный проход DN: 10 мм;
- 2) рабочее давление: (0,6–1,5) МПа;
- 3) рабочая среда: вода;
- 4) температура рабочей среды: до +90 °С;
- 5) характеристики электромагнитного привода:
 - род тока: постоянный;
 - напряжение: (27±2,7) В;
 - номинальная потребляемая мощность: не более 20 Вт;
 - режим работы: постоянная подача напряжения;
- 6) масса: 21 кг.

³ АО «Аскольд». Манипулятор четырехходовой штуцерный двухпозиционный с электромагнитным и ручным управлением из спецсплава. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. ИПЛТ.494621.006ТО.



Поз.	Наименование
1	Корпус
2	Поршень
3	Ползун
4	Тарелка пружины
5	Ролик
6	Штифт
7	Пружина
8	Пробка
9	Кольцо
10	Шайба
11	Фланец
12	Табличка указательная
13	Крышка
14	Прокладка
15	Клемная колодка
16	Втулка
17	Кольцо
18	Кольцо
19	Кольцо
20	Крышка
21	Корпус электромагнита

Поз.	Наименование
22	Кольцо
23	Кольцо
24	Штифт
25	Кольцо
26	Кольцо
27	Втулка
28	Шайба
29	Пружина
30	Золотник
31	Втулка
32	Шток
33	Пружина
34	Катушка
35	Якорь
36	Винт
37	Вкладыш
38	Пружина
39	Кнопка
40	Втулка
41	Кольцо
42	Болт
43	Шайба

Рис. 5. Манипулятор ИПЛТ.494621.006.
Fig. 5. Manipulator IPLT.494621.006.

Принцип действия манипуляторов аналогичен распределителям, рассмотренным в разделе 1.

4. Распределители разработки АО «ЦТСС» КБ «Армас»

АО «ЦТСС» КБ «Армас» разрабатывает распределители четырехходовые пневматические с одним электромагнитным приводом и ручным управлением по ОСТ5Р.5571.

Распределители состоят из следующих основных узлов и деталей (рис. 6):

- проточной части;
- импульсной группы;
- электромагнита.

Проточная часть предназначена для непосредственного изменения потока воздуха и состоит из корпуса поз. 15 и 32, штока-поршней поз. 17 и 21, тарелок поз. 25, пружин поз. 24 и крышек поз. 23.

Импульсная группа поз. 41 предназначена для управления положением штока-поршня и тарелки путем

подачи или снятия давления на штоке-поршне и состоит из тарелок и седла.

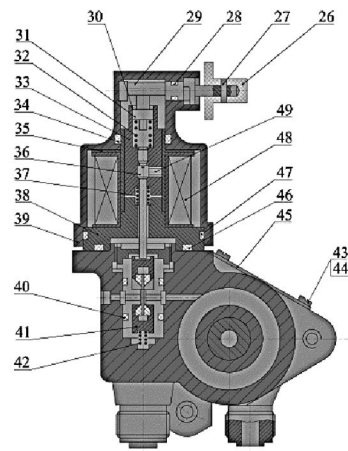
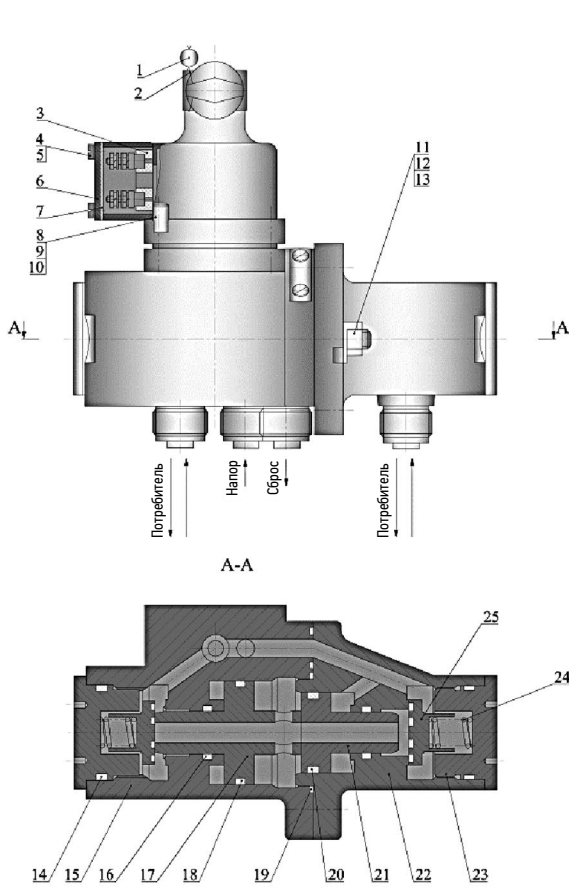
Электромагнитный привод предназначен для перемещения тарелок при подаче на него напряжения и состоит из корпуса электромагнита поз. 39, катушки поз. 48, сердечника поз. 38, якоря поз. 33, вала эксцентрикового поз. 29, ручки поз. 26 и пружин поз. 37 и 32.

Основные характеристики распределителей⁴:

- 1) условный проход DN: 10 мм;
- 2) рабочее давление: от 0,6 до 5,5 МПа;
- 3) рабочая среда: воздух;
- 4) характеристики электромагнитного привода:
 - род тока: постоянный;
 - напряжение: (24±1,2) В;
 - номинальная потребляемая мощность: не более 15 Вт;
 - режим работы: постоянная подача напряжения;
- 5) масса: 10,5 кг.

Принцип действия заключается в следующем (рис. 7).

⁴ АО ЦТСС КБ «Армас». Распределитель пневматический четырехходовой штуцерный с электромагнитным и ручным приводом DN10 Pp6...55PЭ. Руководство по эксплуатации. ИТШЛ.494611.014PЭ.



Поз.	Наименование
1	Пломба
2	Проволока
3	Плата
4	Винт
5	Шайба
6	Крышка
7	Прокладка
8	Гайка
9	Шайба
10	Шпилька
11	Гайка
12	Шайба
13	Шпилька
14	Кольцо
15	Основание корпуса
16	Кольцо
17	Шток-поршень
18	Кольцо
19	Кольцо
20	Кольцо
21	Шток-поршень
22	Основание корпуса
23	Крышка
24	Пружина
25	Тарелка

Поз.	Наименование
26	Ручка
27	Штифт
28	Кольцо
29	Вал эксцентриковый
30	Кольцо
31	Тарелка пружины
32	Пружина
33	Гайка
34	Кольцо
35	Пружина мембранная
36	Шток якоря
37	Пружина
38	Сердечник
39	Корпус электромагнита
40	Кольцо
41	Импульсная группа
42	Пружина
43	Планка отличительная
44	Винт
45	Втулка резьбовая
46	Кольцо
47	Кольцо
48	Катушка
49	Винт

Рис. 6. Распределитель ИТШЛ.494611.014.
Fig. 6. Distributor ITSHL.494611.014.

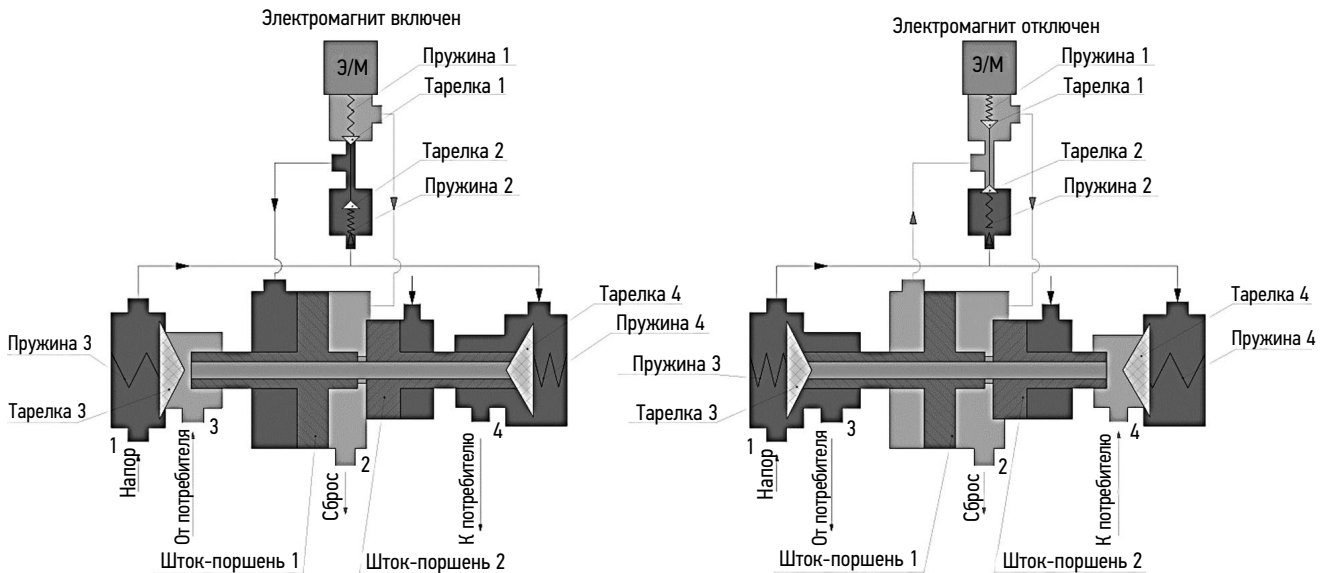


Рис. 7. Принцип действия распределителя ИТШЛ.494611.014.
Fig. 7. Operating principle of distributors ITSHL.494611.014.

Проводимая среда рабочего давления подается в штуцер 1. При отсутствии напряжения на электромагните среда попадает на тарелки 2, 3, 4 и в полость справа от штока-поршня 2. Тарелки 2, 4 под действием усилия пружин 2, 4 перекрывают проход в седле и в основании корпуса. Тарелка 4 одновременно открывает отверстие в штоке-поршне 2, сообщая тем самым потребитель (штуцер «4») со сбросом (штуцер «2»). В то же время проводимая среда, попадая на шток-поршень 2, смещает штоки-поршни 1, 2 и тарелку 3 влево, открывая тарелкой 3 отверстие в основании корпуса и перекрывая в штоке-поршне 1.

Таким образом, при отключенном электромагните проводимая среда из напора (штуцер «1») попадает к потребителю (штуцер «3»), а потребитель (штуцер «4») соединен со сбросом (штуцер «2»).

При подаче напряжения на электромагнит якорь, сжимая пружину 1, перемещается вниз и перемещает тарелки 1 и 2, перекрывая верхнее отверстие и открывая нижнее отверстие в седле. Проводимая среда под рабочим давлением попадает в полость слева от штока-поршня 1 и перемещает шток-поршни 1, 2 вправо, открывая тарелкой 4 отверстие в основании корпуса и перекрывая отверстие в штоке-поршне 2, сообщая тем самым потребителю (штуцер «4») с напором (штуцер «1»). В то же время тарелка 3 под действием усилия пружины 3 перекрывает отверстие корпуса и открывает отверстие в штоке-поршне 1, сообщая тем самым потребителю (штуцер «3») со сбросом (штуцер «2»).

Таким образом, при включенном электромагните проводимая среда из напора (штуцер «1») попадает к потребителю (штуцер «4»), а потребитель (штуцер «3») соединяется со сбросом (штуцер «2»).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В статье описаны некоторые типы четырехходовых распределителей, используемых на проектах ПЛ АО «СПМБМ «Малахит». Все применяемые распределители в общей сложности однотипны по конструкции, техническим характеристикам и принципу действия, что является предпосылкой к созданию нового типа распределителей для управления дистанционно-управляемыми клапанами.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Источник финансирования. Автор заявляет об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

Конфликт интересов. Автор декларирует отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

ADDITIONAL INFO

Funding source. This study was not supported by any external sources of funding.

Competing interests. The author declares that they have no competing interests.

ОБ АВТОРЕ

Виль Шамилевич Вахитов, инженер-конструктор 1-й категории; адрес: Россия, 196135, Санкт-Петербург, ул. Фрунзе, д. 18; e-mail: vakhitov_vil@mail.ru

AUTHOR INFO

Vil Sh. Vakhitov, design engineer, 1st category; address: 18 Frunze st, Saint Petersburg, 196135, Russia; e-mail: vakhitov_vil@mail.ru