УДК 621.59(075.8)

А.Д. Галкин, Н.Н. Коленко, Е.И. Панов
ЗАО «НПО «Аркон», ул. Авиамоторная, 2, корп. 1, г. Москва, РФ, 111116
e-mail: arkonnpo@gmail.com

АВТОМАТИЧЕСКАЯ АРМАТУРА ДЛЯ СПЕЦИАЛЬНЫХ УСЛОВИЙ ПРИМЕНЕНИЯ

Ряд систем, создаваемых на предприятиях специального машиностроения, например, криогенные воздухоразделительные установки, комплексы для сжижения природного газа, нуждаются в автоматической арматуре. Она разрабатывается для этих и других систем предприятием НПО «Аркон» с учётом специальных условий применения. Рассматриваются основные признаки такой арматуры. Приведены примеры использования создаваемой арматуры в агрегате детандер-компрессор, холодном газификаторе, установке производства электролизных водорода и кислорода.
Ключевые слова: *Криогенная техника. Автоматическая арматура. Специальные условия применения. Холодный газификатор. Помпаж. Компрессор. Детандер.*

A.D. Galkin, N.N. Kolenko, E.I. Panov

AUTOMATIC ARMATURE FOR SPECIAL CONDITIONS OF APPLICATION

A number of the systems created at the enterprises of special mechanical engineering, for example, cryogenic air separation units, complexes for the liquefaction of natural gas, require automatic armature. It is developed for these and other systems by enterprise «Arkon» taking into account the special conditions of application. The main features of such armature are considered. Examples of the application created armature in the unit the expander-compressor, cold gasificator, production unit of electrolysis hydrogen and oxygen are resulted.
Keywords: *Cryogenic engineering. Automatic armature. Special conditions of application. Cold gasificator. Surging. Compressor. Expander.*

1. ВВЕДЕНИЕ

Используя новейшие технологии, НПО «Аркон» проводит комплексные работы по проектированию, изготовлению, поставке и сервисному обслуживанию запорной и регулирующей трубопроводной арматуры для различных отраслей промышленности и народного хозяйства: регуляторы давления, перепада давлений, температуры; регулирующую и запорную арматуру с различными типами приводов; различную защитную арматуру (сбросные клапаны, системы защиты) и другие виды арматуры.

Продукцию НПО «Аркон» можно найти на ряде крупных московских предприятий, в Центральном институте авиационного моторостроения, а также на других крупных предприятиях России, таких как, например, ОАО «Криогенмаш» (г. Балашиха Московской области).

В статье рассмотрим особенности создаваемой нами нестандартной арматуры, предназначенной для специальных условий применения.

2. СПЕЦИАЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ ПРИМЕНЕНИЯ

Нами разрабатывается и изготавливается, как отмечалось, арматура различного назначения. Особого вида изделия создаются для специальных условий применения. Под ними понимается следующее.

1. Температуры рабочей среды ниже −40 и выше 80 °С. Это условие требует применения специальных материалов и внесения изменений в конструкции серийной арматуры.

2. Рабочие среды: водород, кислород, природный газ и т.д. При проектировании и изготовлении арматуры для этих газов необходимо соблюдать правила взрыво- и пожаробезопасности, выбирать специальные конструкционные материалы, резинотехнические изделия, смазки и мн. др.

3. Рабочие давления менее 0,01 МПа. При этих условиях необходимо существенно увеличивать габариты изделий.

4. Рабочее давление более 1,6 МПа. Возникают сложности при подборе чувствительных и приводных элементов с учётом рабочих температур и сред.

5. Вероятность работы в условиях кавитации при эксплуатации арматуры, предназначенной для жидких рабочих сред. Нужно разрабатывать специальные конструкции арматуры с учётом свойств конкретных жидких сред.

6. Ограничения по шумовым характеристикам арматуры. Необходимо с учётом требований потребителя создавать арматуру специальных конструкций.

© *А.Д. Галкин, Н.Н. Коленко, Е.И. Панов*

7. Удовлетворение требованиям по взрывозащите.

8. Учёт требований по климатическому исполнению. Это приводит к применению в арматуре специальных материалов, покрытий и др.

3. АРМАТУРА ДЛЯ СИСТЕМ КРИОГЕННОЙ ТЕХНИКИ

Рассмотрим некоторые конструкции автоматической арматуры для специальных условий применения.

Для примера выберем технологическую схему обвязки турбодетандерных агрегатов криогенных воздухоразделительных установок и систем ожижения природного газа [1]. Типовая схема обвязки турбодетандера с дожимающим компрессором приведена на рис. 1. На байпасе дожимающего компрессора установлен регулирующий клапан, используемый в качестве противопомпажного клапана. Он обеспечивает противопомпажную разгрузку в случае несоответствия числа оборотов, степени повышения давления компрессора и его производительности параметрам, задаваемым контроллером.

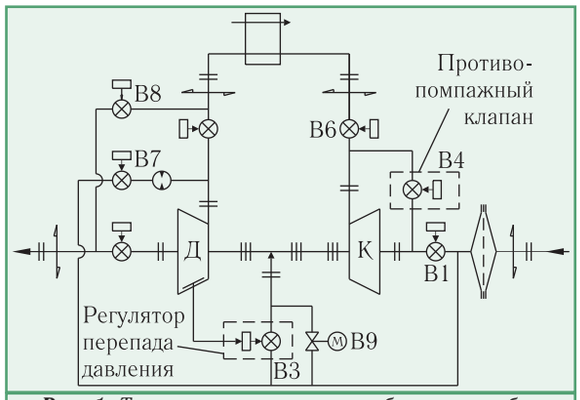

Рис. 1. *Технологическая схема обвязки турбодетандерных агрегатов: Д — турбодетандер; К — дожимающий компрессор; B1, B6-B9 — запорно-регулирующая арматура; B3 — регулятор перепада давления; B4 — противопомпажный клапан*

Конструкция указанного клапана с Ду100 представлена на фото 2. Это клапан осевого типа, «нормально открытый», разгруженный, с пневмоприводом одностороннего действия на рабочее давление до 1,6 МПа. Климатическое исполнение — УХЛ4. Обратная связь — электрическая. Применяется позиционер с аналоговым сигналом 4-20 mA или протоколом связи «PROFIBUS PA». Возможны и другие протоколы связи.

Для уменьшения утечек по лабиринтному уплотнению вала детандера в технологических схемах предусматривается установка регулятора перепада давления (см. рис. 1), который обеспечивает необходимый перепад на уплотнении. Конструкция одного из регуляторов перепада давления представлена на рис. 3. Параметры регулятора — Ру40 и Ду20. Рабочая среда — природный газ. Он является регулятором обратного хода, одноконтурным. Мембрана регулятора выполнена из специальной резинотканевой пластины. Задатчиком перепада давления является пружина, усилие которой изменяется с помощью регулировочного винта. В данном случае линия давления за колесом турбодетандера природного газа введена в полость над мембраной, а давление запирающего газа (азота) — в полость под мембраной. При повышении давления природного газа перед лабиринтным уплотнением давление азота с другой стороны лабиринтного уплотнения также увеличивается за счёт открытия клапана регулятора, и наоборот при снижении давления природного газа давление азота уменьшается.

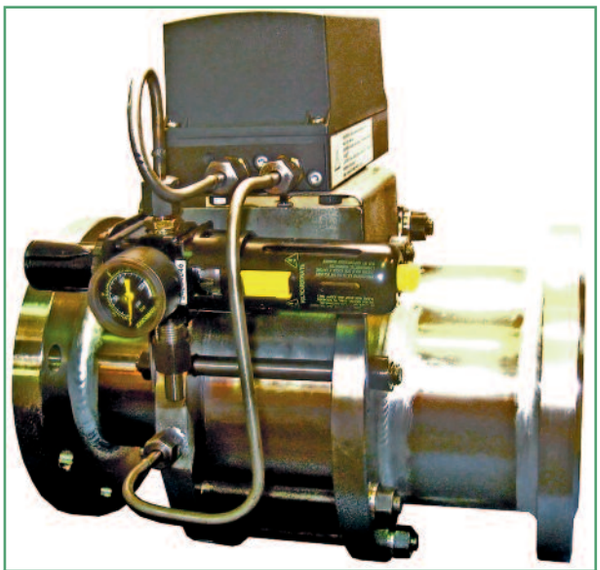

Фото 2. *Противопомпажный регулирующий клапан*

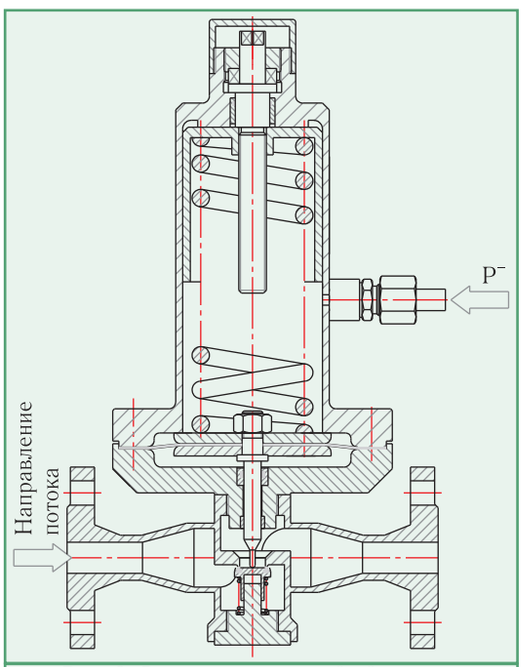

Рис. 3. *Регулятор перепада давления*

Для использования в турбодетандерах с масляными опорами вала турбодетандерного колеса создана конструкция регулятора давления масла «до себя», который осуществляет поддержание постоянного давления масла после насоса методом байпасирования

его излишек в масляный бак (см. рис. 4). Конструктивно регулятор состоит из корпуса со смещёнными патрубками, клапана с мягким уплотнителем, сильфонного узла разгрузки клапана по выходному давлению, задающей пружины и регулировочного винта. Чувствительным элементом регулятора является клапанная тарель. При повышении давления на входе регулятора клапан приоткрывается и увеличивает расход масла через регулятор. При уменьшении давления клапан прикрывается и уменьшает расход масла через регулятор. Тем самым поддерживается постоянное давление после насоса.

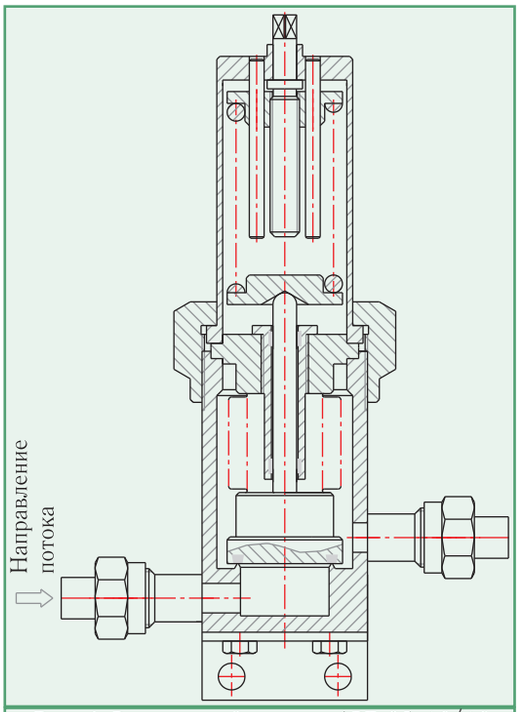

Рис. 4. *Регулятор давления АРТ-85-10/16*

В схеме управления холодными криогенными газификаторами (ГХК), как правило, предусматривается регулятор давления «до себя» (рисунки 5 и 6) [2]. С помощью регулятора задаётся и поддерживается заданное давление среды, подаваемой потребителю. При открытии вентиля подъёма давления в резервуаре криогенная жидкость проходит испаритель наддува и поступает на вход регулятора (см. рис. 5). Регулятор имеет нержавеющий сварной корпус, узел задания — «пружина — регулирующий винт»; клапан обратного хода, разгруженный по выходу с помощью сильфона. Регулятор реализует функцию:

$$P_{вых}=P(h)+P_n=\text{const},$$

где $P_{вых}$ — давление среды, подаваемой потребителю; $P(h)$ — гидростатическое давление столба криогенной жидкости; P_n — давление над зеркалом криогенной жидкости.

Основные технические данные регулятора: рабочая среда — кислород, азот; температура рабочей среды — 77-323 К; регулируемое давление на входе — 0,1-1,6 МПа.

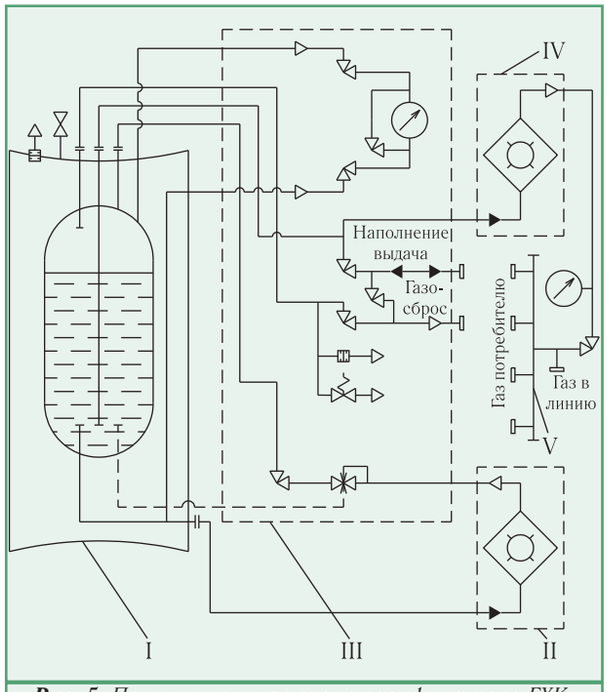

Рис. 5. *Принципиальная схема газификатора ГХК: I — ёмкость с криогенной жидкостью; II — испаритель наддува; III — блок наддува, контроля давления и уровня; IV — продукционный испаритель; V — узел выдачи газообразных продуктов*

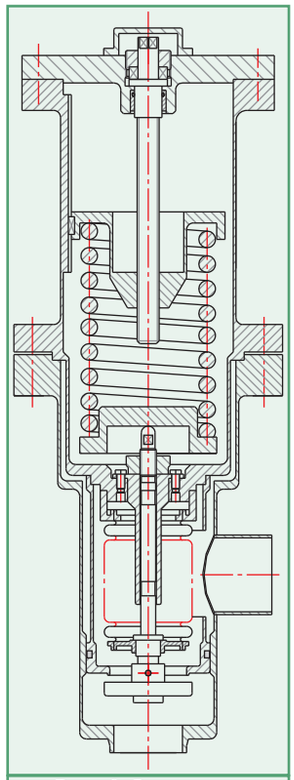

Рис. 6. *Регулятор давления «до себя»*

Для некоторых криогенных систем важно отсутствие газовой фазы, что достигается установкой в наивысшей точке системы регулятора сброса газовой фазы. Конструктивно он состоит из корпуса, поплавка, клапана, штуцера с седлом и системы рычагов. При

наличии газовой фазы поплавок находится в нижнем положении, и седло в штуцере открыто. Газовая фаза сбрасывается в отводящий трубопровод. При наличии криогенной жидкости поплавок находится в верхнем положении, и клапан перекрывает седло в штуцере.

В различных технологических схемах транспортирования продуктов разделения воздуха (кислорода, азота) на предприятиях металлургии, химии, нефтехимии применяются регуляторы низкого давления с целью обеспечения безопасной работы кислородного объекта. На рис. 7 в качестве примера приведена схема последовательного редуцирования кислорода с 0,8 до 0,004 МПа с помощью двух регуляторов давления. Интерес, с точки зрения получения низкого давления, представляет регулятор с входным давлением 0,1 МПа и выходным давлением 0,004 МПа. Конструкция регулятора приведена на рис. 8. Регулятор — одноконтурный. Корпус регулятора выполнен из нержавеющей стали. В качестве уплотнителя используется специальный эластомер. Масса подвижных деталей сведена к минимуму, площадь привода увеличена с целью получения достаточных перестановочных усилий. Регулируемое давление связано с надмембранной полостью привода регулятора. Импульсная трубка, по которой подается регулируемое давление, может быть заведена непосредственно в объект регулирования.

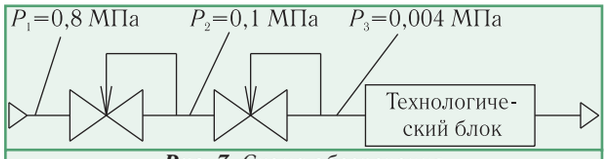

Рис. 7. *Схема обеспечения безопасной работы кислородного объекта*

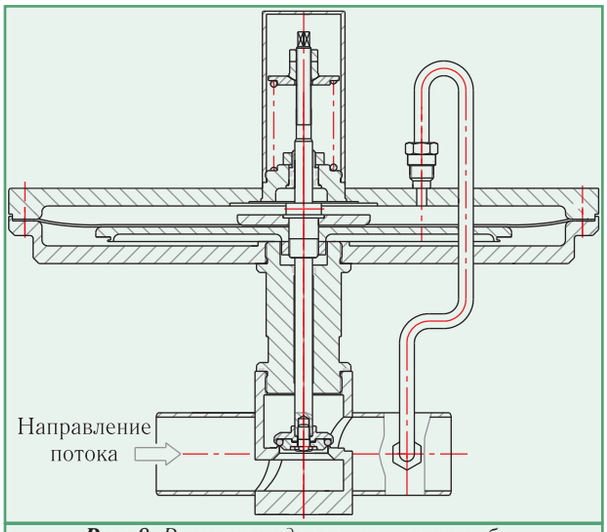

Рис. 8. *Регулятор давления «после себя» на низкое давление*

Развитие новых технологий требует применения и новых видов арматуры специального применения. Так, например, в некоторых технологиях получения водорода методом электролиза [4] применяются регуляторы перепада давления между водородом и кислородом. Представление о конструкции регулятора даёт рис. 9. Основным элементом регулятора является специальная мембрана, с помощью которой измеряется перепад давлений и, соответственно, осуществляется перемещение штока с клапаном относительно седла. Задающий элемент — пружина. Перепад давлений между давлениями газообразного водорода и кислорода поддерживается в диапазоне 0,001-0,003 МПа.

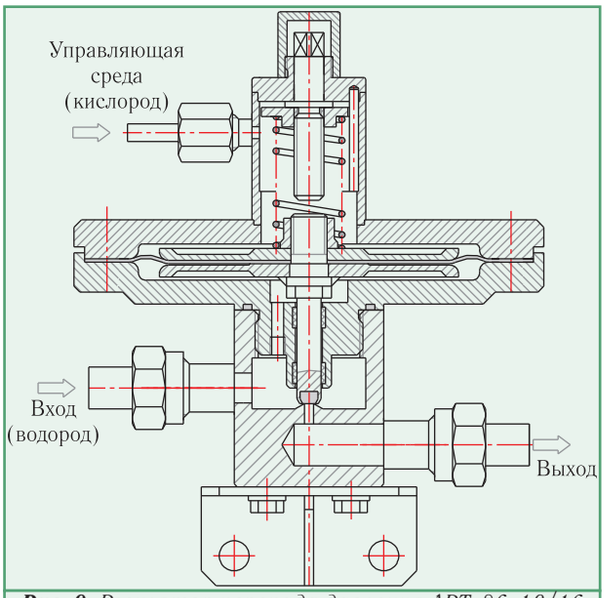

Рис. 9. *Регулятор перепада давления АРТ-86-10/16*

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время наблюдается тенденция к переходу на автоматическую арматуру в технологических установках получения и использования кислорода, азота, природного газа. В НПО «Аркон» разработаны регуляторы давления для медицинского кислорода, природного газа (на давления до 15 МПа), нефтепродуктов и других специальных сред. Научно-исследовательский и конструкторско-технологический отделы постоянно ведут новые разработки арматуры с пневмоприводом и электроприводом, имеющими в своем составе новейшие позиционеры, встроенные пульты управления, современные протоколы связи.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Беляков В.П.** Криогенная техника и технология. — М.: Энергоиздат, 1982. — 272 с.

2. **Романенко И.Т., Куликов Ю.Ф.** Криогенная арматура. — М.: Машиностроение, 1978. — 110 с.

3. Водород. Свойства, получение, хранение, транспортирование, применение: Справ. изд./ **Д.Ю. Гамбург, В.П. Семенов, Н.Ф. Дубовкин, Л.Н. Смирнова**; Под ред. **Д.Ю. Гамбурга, Н.Ф. Дубовкина**. — М.: Химия, 1989. — 672 с.