

УДК 661.93

Н.В. Павлов*, К.А. Иванов

ООО «НПО Мониторинг», Щёлковское шоссе, 100, корпус 1, офис 34, РФ, 105523

*e-mail: mail@monitoring-npo.ru

ГРУППЫ БЕЗОПАСНОСТИ ДЛЯ СОСУДОВ, РАБОТАЮЩИХ ПОД ДАВЛЕНИЕМ КРИОГЕННЫХ, ВЫСОКОЧИСТЫХ, ТОКСИЧНЫХ И ВЗРЫВООПАСНЫХ ГАЗОВ

Современные стандарты безопасности предусматривают комплектацию сосудов, работающих под давлением криогенных, высокочистых, токсичных и взрывоопасных газов, двумя предохранительными клапанами: рабочим и резервным. Эти системы называются группами безопасности. Сообщается о разработке компанией «НПО Мониторинг» (Россия) рядов групп безопасности для сосудов с различными средами и давлениями. Группы безопасности созданы на основе высококачественных клапанов компаний «Herose GmbH» (Германия) и «Habonim» (Израиль). Приводятся характеристики групп безопасности, изготавливаемых на основе этих клапанов.

Ключевые слова: Безопасность. Криогенные жидкости. Кислород. Азот. Гелий. Водород. СПГ. Газы высокой чистоты. Пожаро- и взрывоопасные газы. Токсичные газы. Предохранительные клапаны. Группы безопасности.

N.V. Pavlov, K.A. Ivanov

SAFETY GROUPS FOR VESSELS, WORKING UNDER PRESSURE OF CRYOGENIC, HIGH-CLEAN, TOXIC AND EXPLOSIVE GASES

The modern safety standards provide completing the vessels working under pressure cryogenic, high-clean, toxic and explosive gases, by two safety valves: working and reserve. These systems are named safety groups. Reported about development by a company «NPO Monitoring» (Russia) series of safety groups for vessels with different environments and pressures. Safety groups are created on the basis of high-quality valves of companies «Herose GmbH» (Germany) and «Habonim» (Israel). Characteristics over of safety group, made on the basis of these valves are reduced.

Keywords: Safety. Cryogenic liquids. Oxygen. Nitrogen. Helium. Hydrogen. LNG. High-purity gases. Fire and explosive gases. Toxic gases. Safety-valves. Safety groups.

1. ВВЕДЕНИЕ

В ГОСТ 12.2.085-2002 «Сосуды, работающие под давлением. Клапаны предохранительные. Требования безопасности» [1] указывается, что для пожаро- и взрывоопасных веществ и веществ 1-го и 2-го классов опасности по ГОСТ 12.1.007, а также для сосудов, работающих при криогенных температурах, следует предусматривать систему предохранительных клапанов, состоящую из рабочего и резервного клапанов. Эти два клапана должны иметь равную пропускную способность, обеспечивающую полную защиту сосуда от превышения давления свыше допустимого. Для проведения ревизии и ремонта клапанов до и после них необходимо устанавливать отключающую арматуру с блокирующим устройством, исключающим возможность одновременного закрытия запорной арматуры на рабочем и резервном клапанах, причём проходное сечение в узле переключения в любой ситуации должно быть не менее проходного сечения устанавливаемого клапана.

За рубежом эти системы называют группами безопасности. Некоторые компании производят их в сборе для различных сред, давлений и пропускных способностей. В России вопросы сборки таких систем решают самостоятельно производители сосудов, работающих под давлением, или организации, эксплуатирующие такое оборудование. Достаточно часто эти компании сталкиваются с трудностями комплектации групп безопасности современными, высококачественными и надёжными комплектующими: предохранительными клапанами с организованным дренажём и переключающими вентилями или кранами.

ООО «НПО Мониторинг» разработало конструктивный ряд групп безопасности для сосудов, работающих с криогенными жидкостями (СПГ, кислород, азот, гелий, водород), высокочистыми (содержание атмосферных и других примесей менее 1 ppm), взрыво- и пожароопасными, а также, токсичными средами. Диапазон рабочих давлений сосудов — 0,1...100 бар. Диапазон пропускной способности (по воздуху при нормальных условиях) — от 10 до 115000 нм³/ч.

Особенностью групп безопасности, разработанных для применения в России, является то, что в соответствии с ПБ 03-576-03 [2] абсолютное большинство сосудов, находящихся под давлением специальных газов, размещается на открытой площадке вне здания. Климатические условия России таковы, что чаще всего арматура и оборудование, работающие на открытой площадке, должны быть рассчитаны на температуру окружающей среды от $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ и ниже.

Этот фактор учтён нами при выборе комплектующих, используемых в группах безопасности.

2. НЕОБХОДИМОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ГРУПП БЕЗОПАСНОСТИ

Применение групп безопасности вместо одного предохранительного клапана на сосудах с вышеуказанными средами обосновывается рядом причин.

1. Для сосудов с криогенными жидкостями — это сложность и высокие затраты на вывод из рабочего состояния и подготовку к вводу в рабочее состояние криогенного сосуда, связанные с ремонтом или проверкой предохранительного клапана, установленного непосредственно на сосуде. Только на захлаживание сосуда перед его заполнением тратится количество криогенной жидкости, сопоставимое с массой внутреннего сосуда, не говоря уже о том, что вывод из эксплуатации даже на короткое время криогенного сосуда, являющегося системой хранения у производителя криопродукта или потребителя, подчас невозможен.

2. Для сосудов, работающих с высокочистыми веществами (газы, газовые смеси с содержанием примесей на уровне единиц или долей промилле), необходимость применения на сосуде группы безопасности обосновывается длительностью подготовки сосуда под заполнение высокочистой средой после ремонта, проверки или замены предохранительного клапана. Такая подготовка может длиться несколько суток с периодическим вакуумированием и нагревом сосуда, «полосканием» его высокочистым (дорогостоящим) газом для удаления атмосферных примесей, попавших в сосуд при снятии и замене клапана.

3. Для сосудов, работающих с пожароопасными или взрывоопасными средами, это, прежде всего, — обеспечение безопасности при вскрытии сосуда для замены (ремонта или проверки) клапана. Такая процедура требует предварительной дегазации сосуда от горючих или взрывоопасных веществ. Также необходима дегазация от кислорода воздуха перед вводом в эксплуатацию сосуда после замены клапана. Процесс включает дегазацию инертным газом, а затем замещение инертного газа рабочей средой.

4. Аналогичные причины, но еще с большим вниманием к тщательности проводимых процедур, возникают при работе с ядовитыми газами.

Подчас затраты на операцию по замене предохранительного клапана на сосудах, работающих с вышеуказанными средами, превышают стоимость резервного клапана и переключающего устройства.

3. ЭЛЕМЕНТНАЯ БАЗА КОНСТРУКТИВНОГО РЯДА ГРУПП БЕЗОПАСНОСТИ

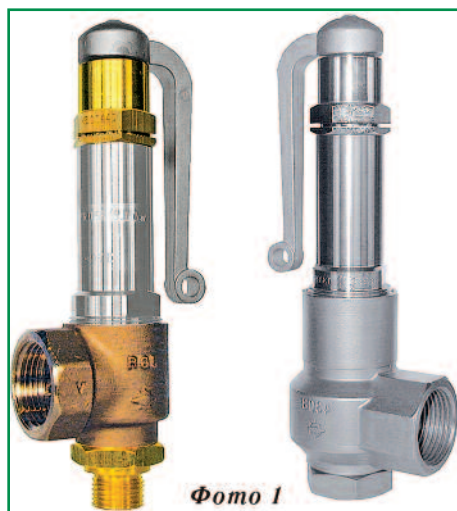
Разработанный конструктивный ряд групп безопасности для всех вышеуказанных классов веществ ориентирован на применение арматуры двух компаний: «Herose GmbH» (Германия) — производителя широкого ассортимента предохранительных клапанов [3,4]; «Nabonim» (Израиль) — производителя современных шаровых кранов [5].

Вся продукция этих производителей сертифицирована и имеет разрешение на применение Ростехнадзора.

Компания «Herose GmbH» имеет более чем 80-летний опыт производства высококачественной предохранительной арматуры. В ассортименте предлагаемой арматуры:

- клапаны для диапазона от криогенных (вплоть до $-270\text{ }^{\circ}\text{C}$) до высоких ($350\text{ }^{\circ}\text{C}$) температур;
- клапаны для продуктов разделения воздуха, а также жидких гелия, диоксида углерода, водорода, природного газа, редких газов;
- клапаны с диапазоном давлений настройки — 0,1...330 бар.

Некоторые из типов производимых компаниями клапанов приведены на фото 1.



Компания «Nabonim» уже более 50 лет производит высококачественные шаровые краны и крановые сборки различных типов и серий для широкого диапазона температур (от -269 до $250\text{ }^{\circ}\text{C}$), давлений (от вакуума до 414 бар), практически для всех классов веществ, включая токсичные, взрывоопасные, криогенные и высокочистые. Серийно выпускаются краны с диаметром проходного сечения от 6 до 250 мм.

С целью применения в составе групп безопасности нами были выбраны трёхходовые шаровые краны серии 61P, производимые компанией «Nabonim». Трёхходовые краны серии 61P (фото 2) предназначены для эксплуатации в диапазоне температур от -269 до $250\text{ }^{\circ}\text{C}$ и в диапазоне давлений от вакуума до 103 бар.

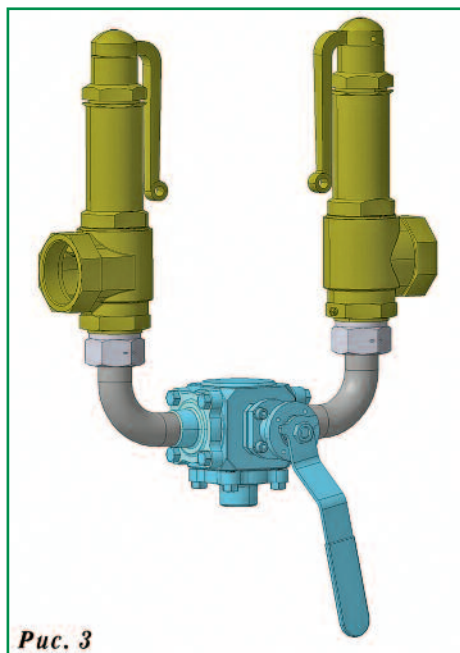


Корпуса и шары кранов компании «Habonim» изготавливаются из различных материалов, включая нержавеющую сталь 316L, монель, хастеллой, титан и др. Ассортимент применяемых уплотнений и сёдел также позволяет использовать краны для практически всех веществ, включая высокоагрессивные.

Присоединительные элементы кранов могут выполняться в различных модификациях: с патрубками под приварку; с внутренней резьбой различных стандартов (NPT, BSPT, DIN); с фланцевыми соединениями по стандартам DIN или ANSI.

4. КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ СОСУДОВ, РАБОТАЮЩИХ С КРИОГЕННЫМИ ЖИДКОСТЯМИ

Характерным признаком группы безопасности, устанавливаемой на криогенной ёмкости, является эксплуатация её в условиях сверхнизких температур, которые и определяют конструктивные особенности, а также используемые комплектующие и материалы.



На рис. 3 в качестве примера показана группа безопасности для работы со средами, которые характеризуются следующими параметрами: максимальная пропускная способность по воздуху (при давлении 40 бар) 7892 $\text{м}^3/\text{ч}$; давление настройки — от 2 до 40

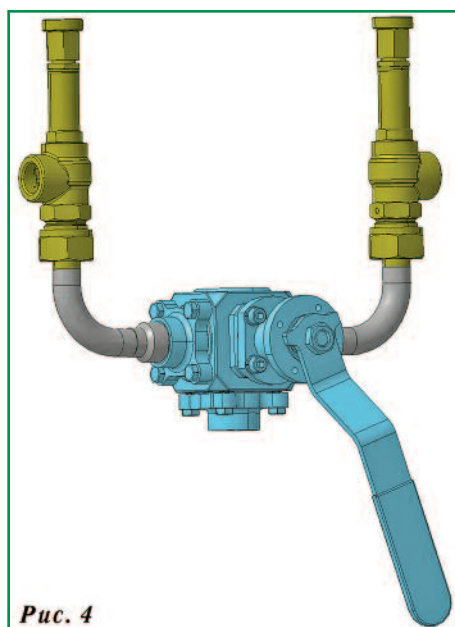
бар; рабочая температура — от -196 до 185 °С; диаметр проходного сечения 25 мм.

Группа собрана с использованием предохранительных клапанов компании «Herose GmbH» (тип 06418.2312.0000) и шарового крана компании «Habonim» (тип 10CB61C-666MPG).

5. КОНСТРУКТИВНОЕ РЕШЕНИЕ ДЛЯ СОСУДОВ С ГОРЮЧИМИ И ВЗРЫВООПАСНЫМИ СРЕДАМИ

Особенность группы безопасности для этого класса сосудов — обеспечение герметичности арматуры и защита от статического электричества.

В зависимости от рабочих температур, давлений, требуемой пропускной способности в составе группы безопасности могут применяться те или иные типоразмеры предохранительных клапанов и шаровых кранов. На рис. 4 для иллюстрации показана группа безопасности горючих и взрывоопасных сред с параметрами: максимальная пропускная способность по воздуху (при давлении 40 бар) 572 $\text{м}^3/\text{ч}$; давление настройки — от 6 до 40 бар; рабочая температура — от -196 до 150 °С; диаметр проходного сечения 6 мм.



В составе группы безопасности использованы предохранительные клапаны компании «Herose GmbH» типа 06478.0600.0000 и трёхходовой шаровый кран компании «Habonim» 05CB61C-666MPG.

В качестве элемента присоединения к патрубку сосуда в данной конструкции выбран концевой элемент крана с внутренней резьбой стандарта NPT. Используя фланцевый адаптер с наружной резьбой NPT, можно сформировать группу безопасности с фланцевым присоединением.

На рис. 5 представлена группа безопасности с высокой пропускной способностью, характеризующаяся следующими параметрами: пропускная способность по воздуху (при давлении 16 бар) 25069 $\text{м}^3/\text{ч}$; давле-

ние настройки — до 40 бар; рабочая температура — от –60 до 300 °С; диаметр проходного сечения 75 мм.

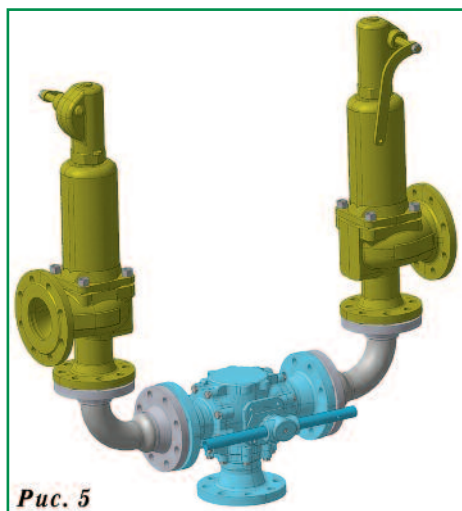


Рис. 5

Группа собрана на базе предохранительных клапанов «Herose GmbH» типа 06347.0650.0000 и трёхходового шарового крана «HaboNit» 30A61X-666MPT. Присоединение к сосуду — фланцевое по стандарту DIN.

С целью снятия статического электричества компания «HaboNit» разработала конструкцию узла, обеспечивающего постоянную электрическую цепь между корпусом и штоком крана с сопротивлением менее 10 Ом.

Применение патентованного уплотнения «Hermetix» штока шарового крана (рис. 6), а также высокоэффективных уплотнений проточной части крана позволяют добиться высокой герметичности группы безопасности.

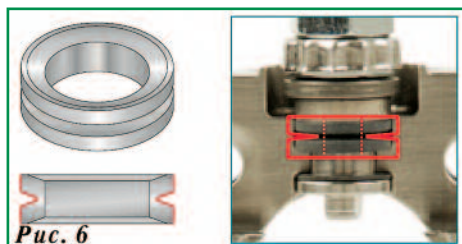


Рис. 6

6. КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ СОСУДОВ, РАБОТАЮЩИХ С ВЫСОКОЧИСТЫМИ ИЛИ ТОКСИЧНЫМИ ГАЗАМИ

Объединение групп безопасности для газов этого типа обусловлено основным фактором — требованием высокой герметичности.

В этой группе используются предохранительные клапаны серии 06806 компании «Herose GmbH» с сильфонным уплотнением, полностью изолирующим клапан от окружающей среды.

Клапаны работают в диапазоне давлений настройки от 3 до 25 бар и в диапазоне температур от –270 до 225 °С. Клапаны стандартного ряда этой серии имеют про-

ходные сечения 12,5; 15; 20 и 23 мм. На рис. 7 — группа безопасности клапанов этой серии с диаметр проходного сечения предклапана 15 мм. В качестве переключающего крана в составе группы использован трёхходовой кран серии 61P со специальным устройством, позволяющим контролировать возможные утечки газа по уплотнению штока или подавать в него противодавление инертного газа для предотвращения таковых.

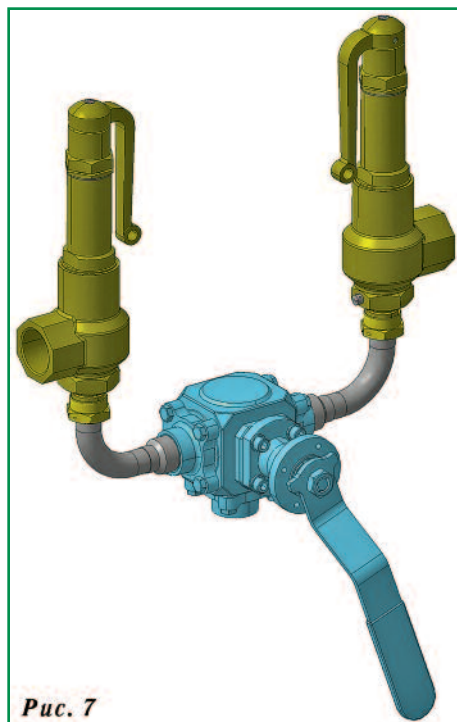


Рис. 7

7. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

НПО «Мониторинг» разработал конструктивный ряд групп безопасности для сосудов, работающих под давлением криогенных, горючих, взрывоопасных, высокочистых или токсичных сред. Данный ряд позволяет обеспечить широкий диапазон параметров с учётом требований заказчика и с применением надёжной арматуры известных производителей.

ЛИТЕРАТУРА

- ГОСТ 12.2.085-2002. Сосуды, работающие под давлением. Клапаны предохранительные. Требования безопасности.
- ПБ 03-576-03. Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением.
- Влчек В., Эмке И. Предохранительные клапаны для основного и вспомогательного оборудования// Технические газы. — 2005. — № 6. — С. 63-66.
- Дудышева В.Н., Павлов Н.В., Мостовой В.В. Модернизация транспортных криогенных емкостей и холодных газификаторов// Технические газы. — 2008. — № 3. — С. 68-72.
- Павлов Н.В., Бакшт Д.В. Шаровая арматура для управления потоками сред в технических процессах производства и использования технических газов// Технические газы. — 2009. — № 3. — С. 58-64.