



Фото с сайта: blog.ifs.com

## ТРУБОПРОВОДНАЯ АРМАТУРА КАК ОСНОВА СИСТЕМ ПАССИВНОЙ ЗАЩИТЫ

И.Р. Чиняев, А.Л. Шанаурин, А.В. Фоминых, Е.А. Ильиных

Существуют различные типы напорных трубопроводов, в которых мощность перекачиваемого потока может составлять десятки и сотни кВт. В одних системах в рабочем состоянии трубопровод перекрыт, при остановке и аварии – открыт. В других системах в рабочем состоянии трубопровод открыт, при остановке и аварии – перекрыт. Арматура отсечная предназначена для автоматической защиты оборудования и трубопроводов от недопустимых или предусмотренных технологическим процессом изменений параметров или направления потока рабочей среды и для отключения потока без выброса рабочей среды из технологической системы [1-8]. Существенным преимуществом гидро- и пневмоприводных систем является простота конструкции, надежность функционирования, относительная дешевизна при автоматизации производственных процессов. Такие приводы в отличие от электропривода могут передавать поступательное движение без каких-либо передаточных механизмов. Благодаря этому они получили широкое распространение в приводах трубопроводной арматуры там, где требуется передача возвратно-поступательного движения.

» Известен отсечной клапан [9], состоящий из двух основных элементов: клапана исполнительного (КИ) DN 100, обеспечивающего перекрытие уравнительного трубопровода, и клапана управляющего (КУ) DN 20, вырабатывающего команды на управление КИ в зависимости от уровня давления рабочей среды в системе. Ис-

ходное и при аварийной ситуации состояние клапана «открыт» не является нормальным, так как при этом запорный орган КИ удерживается в открытом состоянии механическим шариковым замком. Надёжность открытия клапана зависит от перепада давления на поршне. Этот перепад должен быть достаточным по величине и времени дей-

ствия для отрыва запорного органа от седла, преодоления усилия пружины, открытия поршня на полный ход и установки его на шариковый замок. Клапан отличается сложностью конструкции, его регулировок и реализации алгоритма работы, который зависит от характеристик трёх сильфонов, пяти витых пружин, двух дроссельных устройств и шариково-

**Об авторах**

**Чиняев Ильгиз Рашитович** – к. т. н., директор ООО НПФ «МКТ-АСДМ».

E-mail: ruk\_mkt@mail.ru

**Шанаурин Анатолий Леонтьевич** – заслуженный изобретатель РФ, директор по науке и инновациям ООО НПФ «МКТ-АСДМ». E-mail: ktg\_shanaurin@mail.ru

**Фоминых Александр Васильевич** – д. т. н., профессор, начальник лаборатории ООО НПФ «МКТ-АСДМ». E-mail: prof\_fav@mail.ru

**Ильиных Евгений Анатольевич** – инженер-исследователь ООО НПФ «МКТ-АСДМ». E-mail: ilinykh-82@bk.ru

го замка. Исполнительный клапан имеет большое сопротивление в открытом положении. Излишняя сложность данного устройства приводит к снижению надежности его работы.

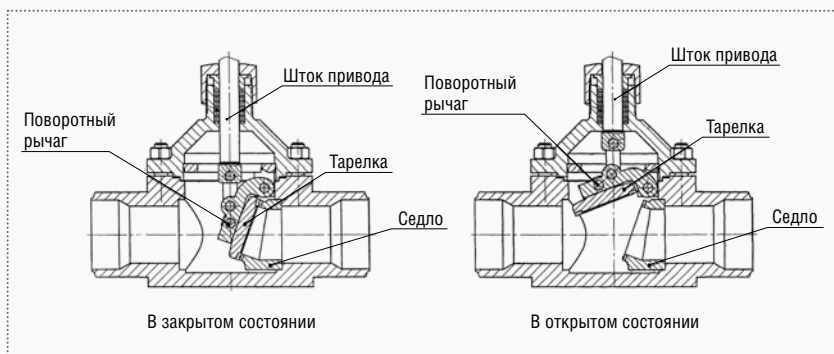
В ООО НПФ «МКТ-АСДМ» проведён ряд исследований [10–17], результатом которых стали запатентованные технические решения, расширяющие как параметры, так и диапазон различных видов ТПА с пассивным управлением. Разработан управляемый поворотный затвор [18], при закрытом положении которого оси соединений штока привода с серьгой, серьги с поворотным рычагом и поворотного рычага с тарелкой расположены на оси штока привода, что значительно снижает усилие, необходимое для герметизации затвора, а при открытии позволяет получить выигрыш в силе (см. **рис. 1**).

Для управления затвором разработан привод с последовательным

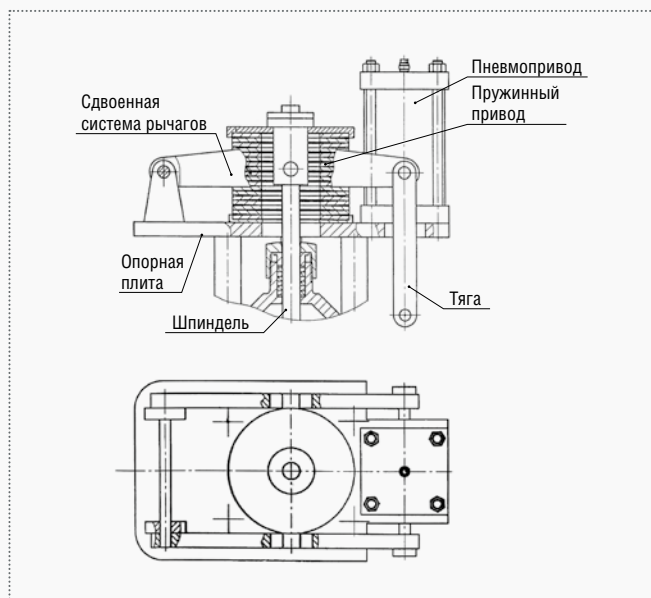
расположением пневматического и пружинного приводов, связанных между собой системой сдвоенных рычагов, что расширило диапазон применения для различных видов ТПА при минимальных габаритах [19] (**рис. 2**).

Усовершенствование предыдущего технического решения позволило уменьшить высоту ТПА с приводом, что повысило его сейсмостойкость [20], **рис. 3**.

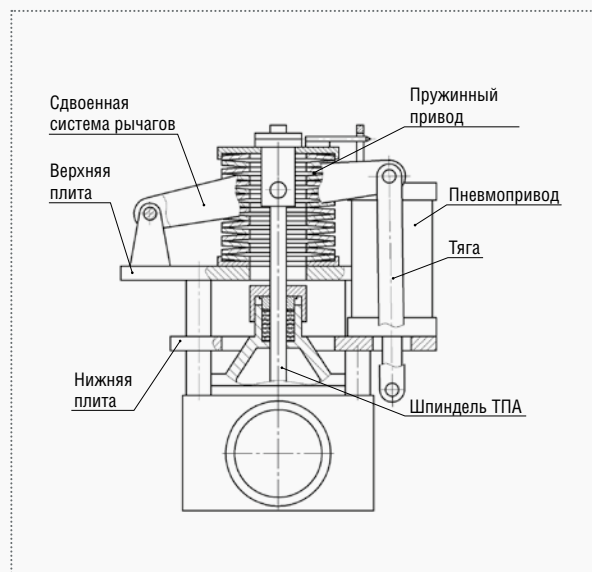
Разработана быстродействующая отсечная задвижка с пневмопружинным приводом [21, 24, 25]. Привод обладает повышенной надежностью и высокой степенью ремонтпригодности благодаря тому, что применены пневмоцилиндры одностороннего действия, закреплённые на неподвижной плите, установленной на стойке ТПА. Все соединения визуально наблюдаемы. В зависимости от рабочих параметров арматуры



**Рис. 1.** Управляемый поворотный затвор, патент № 2564726



**Рис. 2.** Привод для трубопроводной арматуры, патент № 2549391



**Рис. 3.** Привод к нормально-открытому поворотному затвору, патент № 162415

привод может быть с двумя, тремя, четырьмя и более (пневно-) гидро-пружинными приводами.

Для управления приводами раз-работаны регуляторы давления или нормально закрытый настраиваемый механизм (НЗНМ) и нормально открытый настраиваемый механизм (НОНМ) [22], в каждом из которых имеется камера для управляющей среды, золотник, разобщающий входной и выходной каналы, и узел настройки, настраиваемый на определённый уровень давления с указателем положения золотника. Применение для узла настройки и для камеры управляющей среды многослойных сильфонов обеспечивает не только качественное гашение пульсации золотника и высокую точность настройки, но и значительно снижает габариты регуляторов, например, в сравнении с регуляторами мембранного типа.

На основе перечисленных агрегатов авторами предложен ряд запорно-отсечных устройств пассивного действия, работающих на энергии проводимой среды или от посторонних источников энергии. Все агрегаты находятся в нормальном состоянии

при остановке и аварии защищаемой системы трубопроводов [23]. Схема запорно-отсечного устройства для трубопроводов, перекрытых в рабочем состоянии и открытых при остановке и аварии, показана на **рис. 4**.

Запорно-отсечное устройство пассивного действия с нормально-открытым запирающим элементом работает следующим образом. На открытие запирающего элемента. В рабочем положении при рабочем давлении запирающий элемент 5 находится в закрытом положении (**рис. 4а**). При этом запирающий элемент 32 нормально-закрытого настраиваемого механизма (НЗНМ) 15 открыт и перепускает управляющую среду из корпуса 1 в надпоршневую полость 12 (пневно-) гидроцилиндра 11. В это же время запирающий элемент 33 нормально-открытого настраиваемого механизма (НОНМ) 18 герметично закрыт.

При понижении давления во входном канале 2 корпуса 1 до давления срабатывания запирающий элемент 32 закрывается, разобщая входной канал 25 и выходной ка-

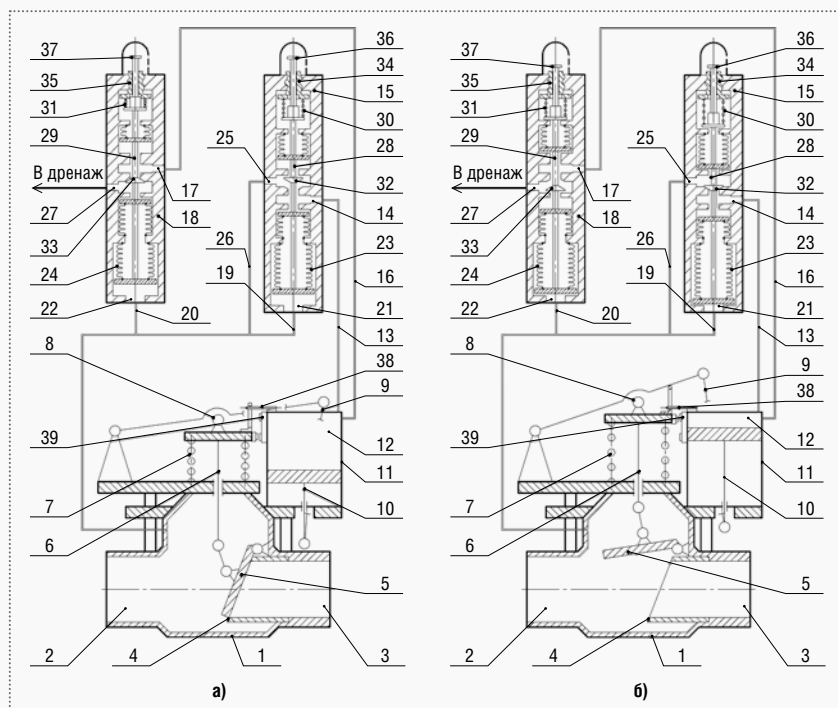
нал 14, при этом перепуск управляющей среды из корпуса 1 в надпоршневую полость 12 (пневно-) гидроцилиндра 11 заканчивается. Запирающий элемент 33 открывается, входной канал 17 сообщается с выходным каналом 27, и происходит сброс управляющей среды из надпоршневой полости 12 в дренаж. Запирающий элемент 5 посредством пружинного привода 7 перемещается в положение «открыто», о чём визуально отмечено указателем положения 38 и сигналом на пульт оператора от сигнализатора конечных положений 39.

В нерабочем положении при атмосферном давлении во входном канале 2 корпуса 1 запирающий элемент 5 находится в открытом положении (**рис. 4б**). При этом запирающий элемент 32 герметично закрыт и не пропускает управляющую среду из корпуса 1 в надпоршневую полость 12 (пневно-) гидроцилиндра 11. В это же время запирающий элемент 33 открыт.

При повышении давления во входном канале 2 корпуса 1 до давления срабатывания запирающий элемент 32 открывается, входной канал 25 сообщается с выходным каналом 14, при этом управляющая среда из корпуса 1 поступает в надпоршневую полость 12 (пневно-) гидроцилиндра 11. Запирающий элемент 5 через систему рычагов 9 перемещается в положение «закрыто», о чём визуально отмечено указателем положения 38 и сигналом на пульт оператора от сигнализатора конечных положений 39, при этом пружинный привод 7 сжимается.

Схема запорно-отсечного устройства для трубопроводов, открытых в рабочем состоянии и перекрытых при остановке и аварии, показана на **рис. 5**.

Запирающим элементом через пружинный привод и систему рычагов управляет бесштоковая полость



**Рис. 4.** Запорно-отсечное устройство пассивного действия с нормально-открытым запирающим элементом: **а** – в рабочем закрытом положении; **б** – в открытом положении



пневмо- или гидроцилиндра, связанная с настраиваемыми на определенные параметры чувствительными элементами, чем и обеспечивается надежное управление ТПА с использованием проводимой среды. Для «грязных» сред запорно-отсечное устройство работает от газового баллона (рис. 5б).

С использованием отсечной задвижки [21] разработано запорно-отсечное устройство пассивного действия с нормально-закрытым запирающим элементом (рис. 6).

Работоспособность рассмотренных запорно-отсечных устройств пассивного действия подтверждена расчётами [24–27]. Устройства работают без электроэнергии и участия человека. Рассматриваемые (пневмо-) гидropружинные приводы могут работать с различной трубопроводной арматурой. В ООО НПФ «МКТ-АСДМ» разработана, изготовлена и прошла испытания задвижка быстродействующая отсечная (БОЗ) питательной воды парогенератора РУ БРЕСТ-ОД-300 в соответствии с ТУ 37-089-70262486-2013 [21, 24, 25, 28, 29]. Пассивный пневмопружинный привод в целом выполняется автономной сборочной единицей. Его крепление на месте производится с помощью переходника (бугеля). В пружинном приводе в качестве силовых элементов, обеспечивающих срабатывание задвижки, используются пружинные модули, которые являются автономными сборочными единицами, в них применены тарельчатые пружины одного типоразмера. Необходимые ход и сила срабатывания обеспечиваются набором соответствующего количества пружинных модулей. Пневмопривод собирают из отдельных пневмоцилиндров.

Предлагаемые пассивные системы защиты возможно применять и в других сферах производства, например, для защиты магистральных (газо-) и нефтепроводов, расположенных под водой (рис. 7).

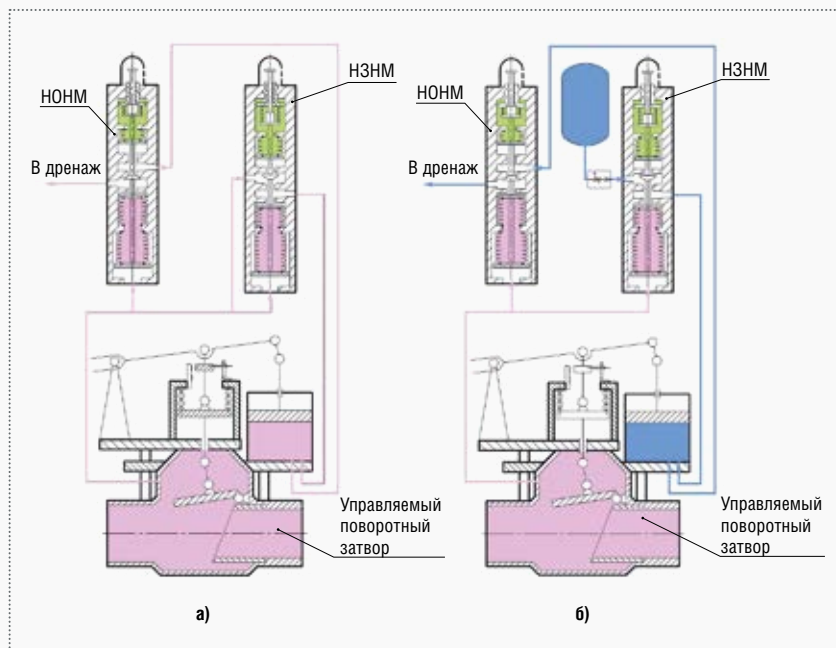


Рис. 5. Запорно-отсечное устройство пассивного действия с нормально-закрытым запирающим элементом: а – в рабочем открытом положении; б – для «грязных» сред

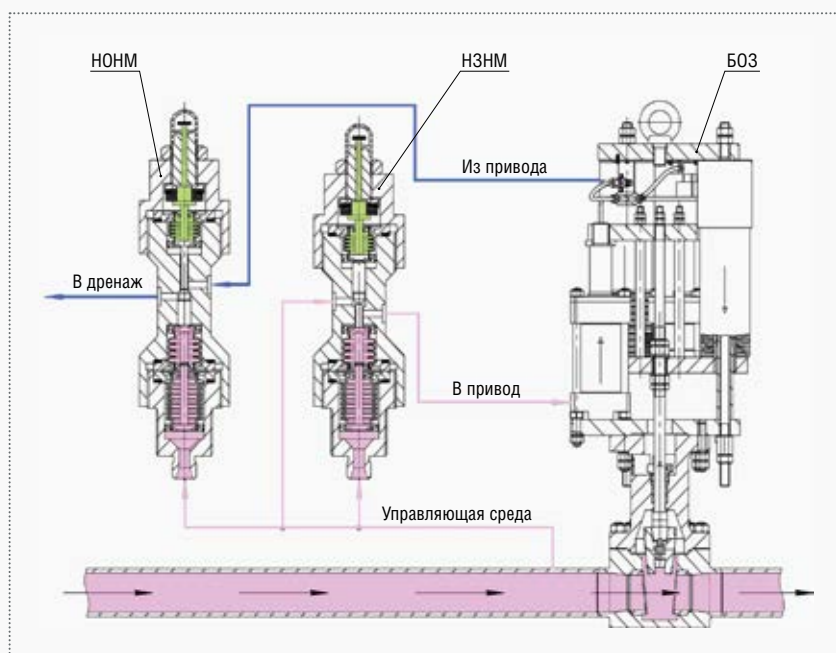


Рис. 6. Запорно-отсечное устройство пассивного действия с нормально-закрытым запирающим элементом с использованием отсечной задвижки

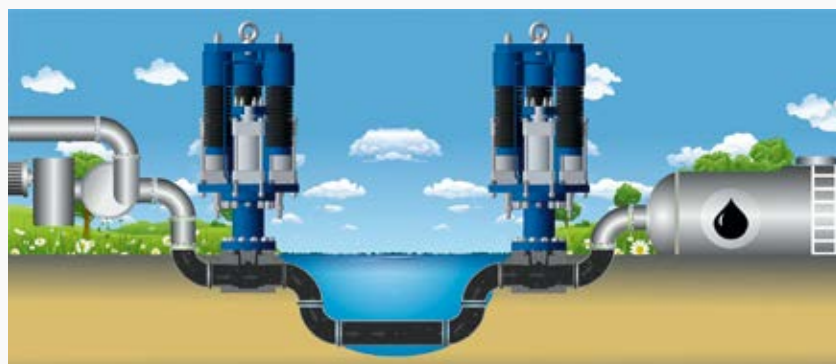


Рис. 7. Пример пассивной защиты газо- и нефтепроводов

## Заключение

1. На основе запатентованных агрегатов разработаны запорно-отсечные устройства пассивного действия и принципы их расчёта. Работоспособность рассмотренных запорно-отсечных устройств подтверждена расчётами.

2. Разработана, изготовлена и прошла испытания задвижка быстродействующая отсечная питательной воды парогенератора РУ БРЕСТ-ОД-300 в соответствии с ТУ 37-089-70262486-2013.

3. Установлены закономерности движения пневмопружиного привода трубопроводной арматуры. Время закрытия клиновой задвижки DN 150 составило 7,0...9,6 секунд. Рабочее давление в пневмосистеме 4,5 МПа, а минимальное давление полного открытия составило 3,7 МПа. При нештатной ситуации (выход из строя одного пневмоцилиндра) время закрытия 4,5 секунды, а при полном открытии двумя цилиндрами давление в пневмоцилиндрах 4,8 МПа. Усилие при открытии со-

ставило 201,09 кН, а при закрытии 235,81 кН.

4. Быстродействующая отсечная задвижка питательной воды парогенератора РУ БРЕСТ-ОД-300 (обозначение NG.086-01) прошла испытания в стендовом зале АО «НИКИЭТ» в объёме приёмочных испытаний, приведённых в ТУ 37-089-70262486-2013. Параметры и характеристики, полученные в результате проведённых испытаний, полностью соответствуют требованиям вышеуказанных ТУ.

## ☞ Список литературы

1. Ионайтис Р.Р. Нетрадиционные средства управления ядерными реакторами. – М.: Издательство МГТУ им. Баумана, 1992. – 230 с.
2. Ионайтис Р.Р. Концепция и примеры обновления и модернизации трубопроводной арматуры и арматурных средств безопасности / Р.Р. Ионайтис // Трубопроводная арматура и оборудование. 2014. № 4. С. 12–20.
3. Ионайтис Р.Р. Пассивные элементы систем, важных для безопасности ядерных установок. – М.: Издательство МГТУ им. Баумана, 2003. – 96 с.
4. Ионайтис Р.Р. Пассивные средства, систем, элементы безопасности. Словарь терминов, определений, толкований / Р.Р. Ионайтис, Л.Ч. Пхоун // Трубопроводная арматура и оборудование. 2006. №4. С. 85–87.
5. Шанаурин А.Л. Он был не только инженер, ученый, профессор – это Учитель! / А.Л. Шанаурин // Трубопроводная арматура и оборудование. 2014. № 4. С. 81.
6. Беркович В.М. Пассивные системы аварийного охлаждения активных зон реакторов в современных проектах АЭС и пути их дальнейшего совершенствования / И.И. Копытов, Г.С. Таранов // Сборник трудов АЭП. – Вып. 6. 2005. – С. 17–21.
7. Пхоун Л.Ч. Пассивные исполнительные элементы аварийного воздействия на реактивность и охлаждение активных зон ЯЭУ: дис. канд. техн. наук. – Москва, 2009. – 147 с.
8. Чеков М.Е. Интенсификация дросселирования в проточной части устройств управления расходом теплоносителя в ЯЭУ: дис. канд. техн. наук. – Москва, 2014. – 137 с.
9. Щербakov А.М., Башмаков В.В., Савин С.В. Отсечной клапан гидроёмкостей II ступени Нововоронежской АЭС-2 // Трубопроводная арматура и оборудование. 2015. № 2. С. 74.
10. ОПБ-88/97 ПНАЭ Г-01-011-97. Общие положения обеспечения ядерной безопасности атомных станций. – М.: Энергоатомиздат, 1997. – 48 с.
12. ПНАЭ Г-7-008-89. Правила устройства и безопасной эксплуатации оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 169 с.
13. ГОСТ Р 55508-2013 Арматура трубопроводная. Методика экспериментального определения гидравлических и кавитационных характеристик.
14. Повышение надежности и эффективности работы шибберной запорно-регулирующей задвижки / И.Р. Чиняев, А.В. Фоминых, С.А. Сухов // Экспозиция нефть газ. – 2013. № 3. – С. 80–82.
15. Определение пропускной характеристики задвижки шибберной запорно-регулирующей / И.Р. Чиняев, А.В. Фоминых, Е.А. Пошивалов, С.А. Сухов // Экспозиция нефть газ. 2015. № 2. – С. 38–40.
16. Кавитация в шибберных задвижках / И.Р. Чиняев, А.В. Фоминых, В.С. Ерошкин // Территория Нефтегаз. 2013. № 5. – С. 48–49.
17. Пошивалов Е.А., Сухов С.А., Фоминых А.В., Чиняев И.Р., Шанаурин А.Л. Задвижка запорно-регулирующая // Патент России №138816. 2014. Бюл. № 9.

18. Ионайтис Р.Р., Матвеев А.В., Рязанов В.А., Фоминых А.В., Чиняев И.Р., Шанаурин А.Л. Управляемый поворотный затвор // Патент России № 2564726. 2015. Бюл. № 28.
19. Матвеев А.В., Рязанов В.А., Фоминых А.В., Чиняев И.Р., Шанаурин А.Л. Привод для трубопроводной арматуры // Патент России №2549391. 2015. Бюл. № 12.
20. Ильиных Е.А., Фоминых А.В., Чиняев И.Р., Шанаурин А.Л. Привод для трубопроводной арматуры // Патент России № 162415. 2016. Бюл. № 16.
21. Романов Р.С., Рязанов В.А., Фоминых А.В., Шанаурин А.Л., Чиняев И.Р. Привод для трубопроводной арматуры // Патент России № 2563944. 2015. Бюл. № 27.
22. Романов Р.С., Рязанов В.А., Фоминых А.В., Шанаурин А.Л., Чиняев И.Р. Регулятор давления // Патента России № 2593421. 2016. Бюл. № 22.
23. Ильиных Е.А., Фоминых А.В., Чиняев И.Р., Шанаурин А.Л. Запорно-отсечное устройство пассивного действия // Заявка № 016113900. 2016.
24. Chinyaev I.R., Fominykh A.V., Ilinykh E.A. The valve is a shutoff for the passive protection systems of pipelines. Procedia Engineering, 150 (2016), 220–224.
25. Фоминых А.В., Ильиных Е.А. / Методика расчёта задвижки с пневмопружинным приводом // Нефтегазовый терминал, выпуск 8: сборник научных статей Международной научно-технической конференции «Транспорт и хранение углеводородного сырья»; под общ. ред. С.Ю. Подорожника. Тюмень, ТюмГНГУ, 2015. – С. 198–202.
26. Гуревич Д.Ф. Расчет и конструирование трубопроводной арматуры: Расчет трубопроводной арматуры. М.: Издательство ЛКИ, 2008. – 480 с.
27. Эйсмонт В.П. Регуляторы. Санкт-Петербург.: Издательство ООО «Дитон», 2012. – 326 с.
28. ООО НПФ «МКТ-АСДМ». Акт приемочных испытаний задвижки быстродействующей отсечной питательной воды NG.086-01, апрель 2014, 2 с.
29. ООО НПФ «МКТ-АСДМ». Протокол приемочных испытаний задвижки быстродействующей отсечной питательной воды NG.086-01, апрель 2014, 4 с.



**ООО НПФ «МКТ-АСДМ»**

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ, ИЗГОТОВЛЕНИЕ И ПОСТАВКА  
ТРУБОПРОВОДНОЙ АРМАТУРЫ**

[www.mkt-asdm.ru](http://www.mkt-asdm.ru)

- **Клапаны запорные, обратные  
DN 15 -150 PN 1,6 -40,0**
- **Клапаны регулирующие  
DN 25 -500 PN 1,6 -25,0**
- **Задвижки запорные  
DN 50 - 400 PN 1,6 -40,0**
- **Задвижки  
запорно-регулирующие  
DN 32 -300 PN 1,6 -35,0**
- **Краны шаровые  
DN 50 -1400 PN 4,0 -25,0**



454080, г. Челябинск, ул. Энгельса 44Г/2 ☎ +7(351) 799-57-56; +7(351) 777-59-58, ✉ [info@mkt-asdm.ru](mailto:info@mkt-asdm.ru)