

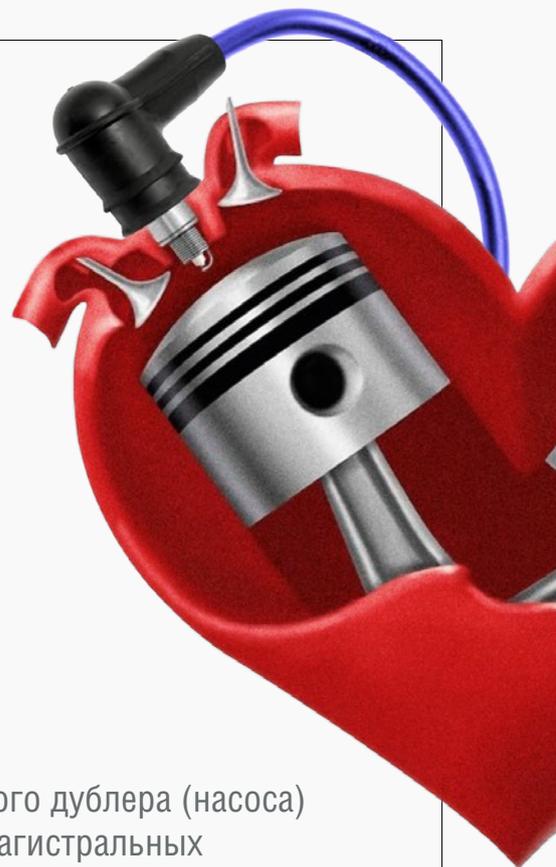
Механическое «сердце» пневмогидравлического привода

В.В. Мороз, технический эксперт; Ю.Д. Логанов, генеральный директор, ОАО «МосЦКБА»

ОАО «МосЦКБА» представляет новую конструкцию ручного дублера (насоса) для пневмогидравлических приводов шаровых кранов магистральных трубопроводов, применение которой позволит повысить надежность работы оборудования газотранспортной системы.

В связи с обострением происходящих в мире политических и экономических процессов и их негативным влиянием на рынок трубопроводной арматуры инжиниринговая компания ОАО «МосЦКБА» стала уделять всё большее внимание вопросам создания надежного и дешевого отечественного оборудования. Одной из последних инновационных разработок для газотранспортной системы страны стала предложенная специалистами компании концепция шаровых кранов с управляемыми седлами, которая была подробно описана в журнале «Арматуростроение» [1]. Отход от стереотипов в проектировании и изготовлении шаровых кранов больших типоразмеров, предназначенных для магистральных газопроводов, согласно новой концепции позволит снизить массу и уменьшить трудоемкость изготовления запорного органа, уменьшить момент, необходимый для управления шаровым краном, а также – размеры и массу силовых деталей крана, применять для управления менее мощные и более дешевые приводы, увеличить ресурс уплотнений шарового крана. Благодаря внедрению новой концепции, стоимость шарового крана в сборе с приводом может снизиться на 20%, а ресурс работы уплотнений – увеличится в 3 и более раза по сравнению с шаровым краном традиционной конструкции. Всё это, в свою очередь, позволит снизить затраты при газификации недостаточно широко газифицированных регионов Восточной Сибири и Дальнего Востока, а также – при ремонте и содержании существующей газотранспортной системы.

» Новая концепция конструкции шарового крана базируется на отводе седел от запорного органа штатным блоком управления привода при отработке им дистанционно подаваемых системой автоматического управления команд «открыть» или «закрыть» кран. При отсутствии давления рабочей среды (например, при монтаже шарового крана на трубопроводе или в аварийных ситуациях, а также в полевых условиях) для управления приводом применяется ручной гидравлический насос, который выполняет функцию ручного дублера привода. Электропневмогидравлическая схема шарового крана с управляемыми седлами при управлении ручным дублером показана на **рис. 1**. Как видно из схемы, механизм поворота привода имеет гидравлический цилиндр, в котором при нагнетании рабочей жидкости насосом в одну из его полостей происходит перемещение поршня и поворот кулисы на угол 90 градусов. В показанной конструкции привода один цилиндр является полностью гидравлическим,





а второй – пневматическим. При таком конструктивном решении привод комплектуется расширительным бачком, объем которого как компенсирует температурное расширение гидравлической жидкости, так и вмещает в себя объем жидкости, вытесняемой из гидравлического цилиндра штоком при перемещении поршня привода в положение «открыто». Существует также ряд других конструкций пневмогидравлических приводов. В одной из них, в отличие от привода, изображенного на **рис. 1**, пневматическая и гидравлическая полости находятся в каждом цилиндре, изолированные друг от друга поршневым уплотнением. Такая схема привода не рекомендуется для применения, так как имеет существенный недостаток: при негерметичности (при нарушении герметичности) поршневых уплотнений газ попадает в полости цилиндров с гидравлической жидкостью и вытесняет ее через блок управления или расширительный бачок в окружающую среду. В приводе, изображенном на **рис. 1**, при негерметичности поршневых уплотнений снижается КПД привода, однако гидравлическая жидкость остается на месте.

Еще одна схема привода, которая называется «газ на масло», применяется итальянской фирмой LEEDEN. В ней оба цилиндра привода полностью заполнены гидравлической

жидкостью, а газ подается непосредственно в баллоны. Такая схема весьма металлоемка и встречается редко. Несмотря на существующее разнообразие конструкций приводов, во всех схемах присутствует ручной гидравлический насос, который выполняет функцию ручного дублера. Подобные насосы применяются также в гидроприводах конусных кранов, дисковых затворов и в приводах другой крупнобаритной арматуры, применяемой в газовой, нефтяной и химической промышленности.

Для комплектации приводов трубопроводной арматуры различные производители предлагают те или иные конструкции ручных насосов, но все эти конструкции можно разделить на два типа, отличающиеся между собой формой золотника гидрораспределителя.

Представителем первого типа, с цилиндрическим золотником, является насос гидравлический поршневой ГН-350-01 производства завода «Прогресс» г. Мичуринск, Тамбовской обл., чертежный номер 9У2.9610.13.00.000

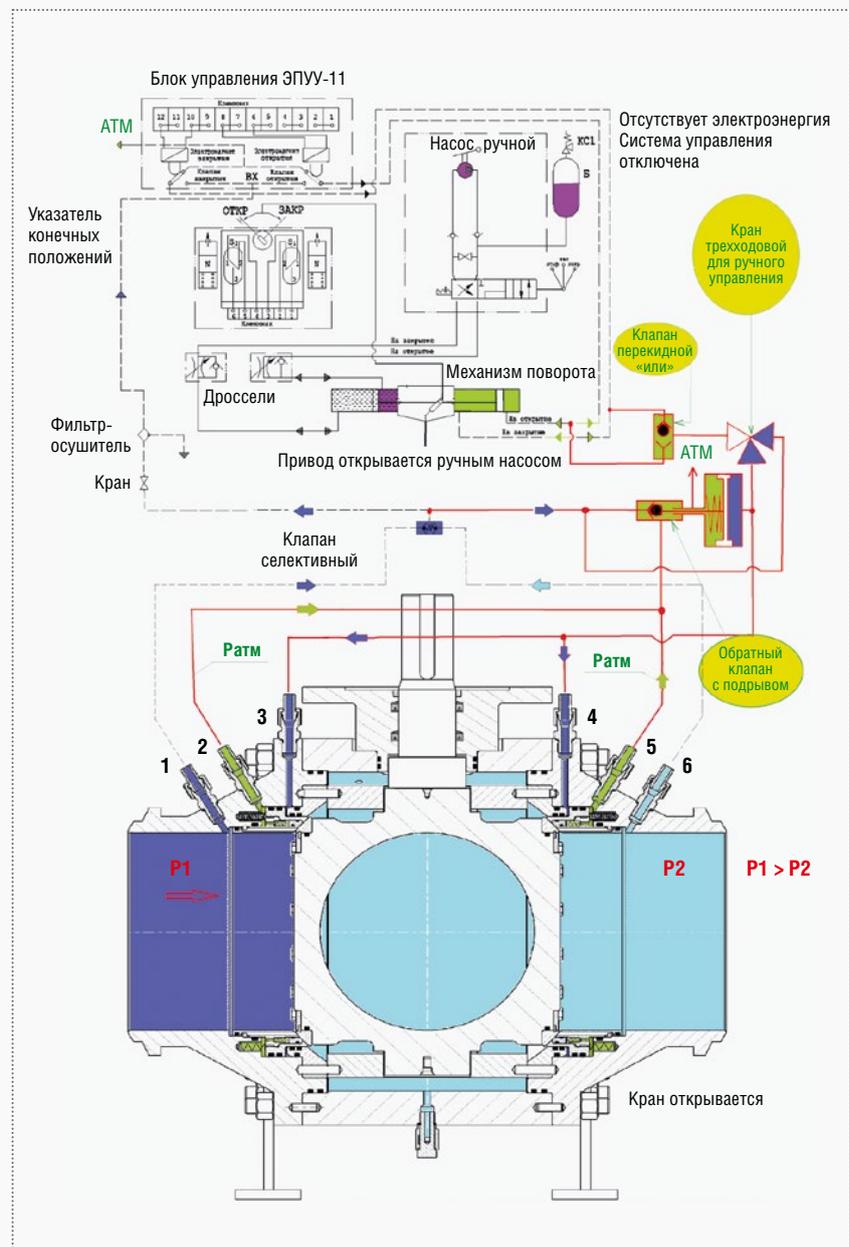


Рис. 1. Схема электропневмогидравлическая шарового крана с управляемыми седлами – работа ручным дублером

ТУ 141-018-07511910-98 (см. **рис. 2**). К недостаткам данной конструкции следует отнести то обстоятельство, что при перепадах температуры окружающей среды за счет разных коэффициентов линейного расширения материалов золотника и обоймы такой насос может потерять работоспособность вследствие малых зазоров между этими деталями. То есть, при определенных условиях поворот рукоятки гидравлического распределителя потребует больших усилий. Это же может произойти и при загрязнении рабочей жидкости посторонними включениями. Увеличение зазоров в зоне контакта золотника с обоймой приводит к увеличению перетока между каналами распределителя, потере рабочего давления и снижению КПД. Еще одним недостатком данной конструкции является затрудненный доступ к всасывающему и нагнетательному клапану, а это, в свою очередь, затрудняет их обслуживание в полевых условиях в случае засорения клапанов, приводящего к потере работоспособности насоса.

Ко второму типу насосов, с плоским золотником, относится гидравлический поршневой насос НР-60 производства ОАО «Сумское НПО им. М.В. Фрунзе» (Украина)

(см. **рис. 3**). Эта конструкция имеет дополнительные органы управления, что усложняет работу. Так, поворот золотника гидравлического распределителя возможен только при отжатой рукоятке (поз. 36), а герметичность по золотнику обеспечивается только, когда она поджата. В этом насосе рабочая жидкость под давлением нагнетается в корпус (поз. 22), а именно, в полость между крышкой (поз. 43) и тарелкой золотника (поз. 31). Сбросить давление из этой полости возможно только после поворота золотника, но, так как тарелка золотника (поз. 31) нагружена давлением, повернуть ее в этом состоянии невозможно. Для того, чтобы из корпуса насоса сбросить давление до поворота тарелки, разработчики создали байпасный канал, который перекрывается иглой (поз. 44). Таким образом, чтобы перевести золотник гидравлического распределителя в другую позицию, необходимо предварительно отвернуть иглу (поз. 44), отвернуть рукоятку (поз. 36), повернуть в нужную позицию рукоятку (поз. 35), после этого снова завернуть иглу (поз. 44) и завернуть рукоятку (поз. 36). Если оператор по какой-то причине «забудет» поджать рукоятку или иглу, насос потеряет работоспособность; т. е. в данной конструкции дополнитель-

ные органы управления усложняют эксплуатацию насоса и повышают его стоимость.

После анализа эксплуатируемого в настоящее время на объектах газотранспортной системы приводного оборудования и в рамках развития инновационной концепции шаровых кранов с управляемыми седлами в ОАО «МосЦКБА» было решено разработать новую конструкцию ручного насоса для пневмогидравлических приводов, лишённую перечисленных выше недостатков. Перед началом работы над проектом ведущие специалисты ОАО «МосЦКБА» обратились к истории развития насосной техники, которая берет свое начало с древнего Египта, где в городе Александрия в I веке н. э., где-то между 10–75 годами, жил древний ученый Герон, известный нам, как Герон Александрийский. Историки пишут, что Герон преподавал в Александрийском Музее, в который входила и знаменитая Александрийская библиотека, где были собраны труды греков, египтян и других народов. В те времена Александрия являлась центром развития мировой науки. К сожалению, во время пожара, охватившего Александрийскую библиотеку в 273 году н. э., множество документов, в том числе и труды Герона,

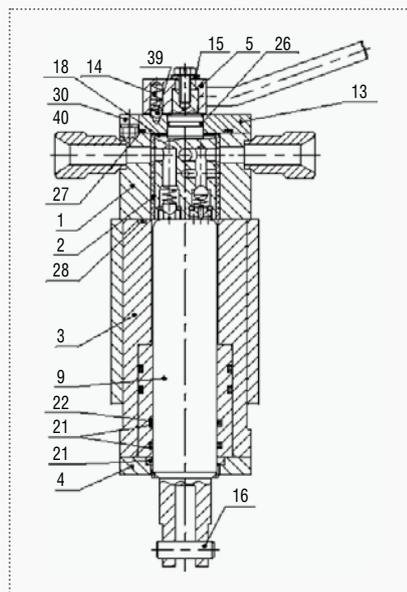


Рис. 2. Насос гидравлический поршневой ГН-350-01 [3]

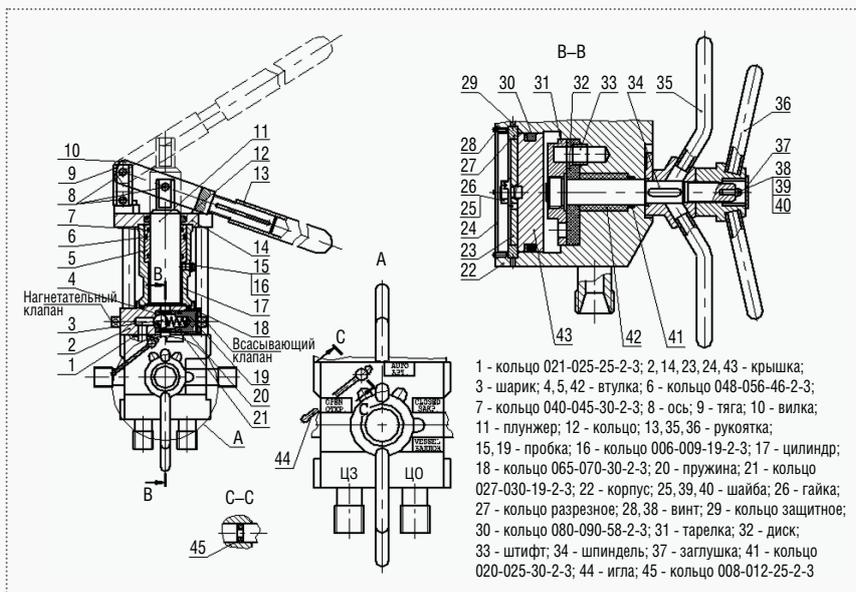


Рис. 3. Насос гидравлический НР-60 [4]

- 1 - кольцо 021-025-25-2-3; 2, 14, 23, 24, 43 - крышка;
- 3 - шарик; 4, 5, 42 - втулка; 6 - кольцо 048-056-46-2-3;
- 7 - кольцо 040-045-30-2-3; 8 - ось; 9 - тяга; 10 - вилка;
- 11 - плунжер; 12 - кольцо; 13, 35, 36 - рукоятка;
- 15, 19 - пробка; 16 - кольцо 006-009-19-2-3; 17 - цилиндр;
- 18 - кольцо 065-070-30-2-3; 20 - пружина; 21 - кольцо 027-030-19-2-3; 22 - корпус; 25, 39, 40 - шайба; 26 - гайка;
- 27 - кольцо разрезное; 28, 38 - винт; 29 - кольцо защитное;
- 30 - кольцо 080-090-58-2-3; 31 - тарелка; 32 - диск;
- 33 - штифт; 34 - шпindel; 37 - заглушка; 41 - кольцо 020-025-30-2-3; 44 - игла; 45 - кольцо 008-012-25-2-3

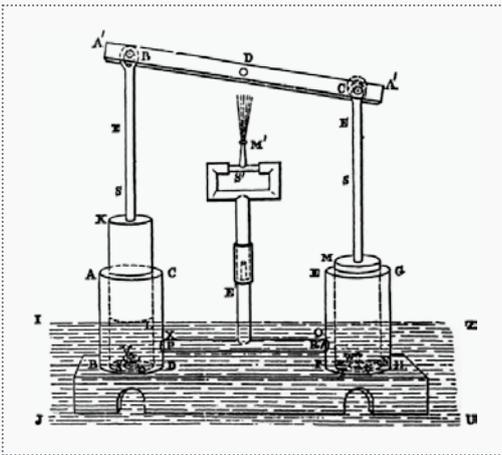


Рис. 4. Насос Герона



Рис. 5. Пожарная помпа XVIII века

были утрачены, но из сохранившихся копий его работ на греческом и арабском языках нам известен описанный им насос, авторство которого приписывают учителю Герона Ктезибию.

Насос Герона по праву можно считать первым насосом, созданным человеком. Он представлял собой два сообщающихся поршневых цилиндра, оборудованных клапанами, из которых поочередно вытеснялась вода (см. рис. 4). Насос приводился в действие мускульной силой двух человек, которые по очереди нажимали на плечи рычага. В те времена насосы Герона использовались в основном для подъёма воды из колодцев; позднее римляне использовали их при тушении пожаров в городах. Насос Герона они технологически усовершенствовали, изготавливая детали очень точно, идеально подгоняя друг к другу. Некоторые экземпляры насосов того исторического периода были найдены в разных римских поселениях, например в местечке Силчестер в Англии. Впоследствии насосы такого типа очень долго, вплоть до открытия электричества, использовались в Европе, как для тушения пожаров, так и на флоте для откачки воды из трюмов кораблей (см. рис. 5). С началом промышленной революции и появлением паровых машин поршневые насосы стали использовать также для откачки воды из шахт и рудников.

Специалистов ОАО «МосЦКБА» в этих древних конструкциях заинте-

ресовало применение двухпоршневой (в нашем случае двухплунжерной) схемы. Как известно, в насосе одноплунжерной схемы подача рабочей жидкости происходит только во время хода плунжера на нагнетание. Это относится к описанным выше насосам ГН-350-01 (см. рис. 2) и НР-60 (см. рис. 3). В одноплунжерной схеме во время хода всасывания нагнетательный клапан закрыт и расход жидкости в напорном трубопроводе равен нулю. В результате такой работы насоса происходит неравномерное движение жидкости, что при значительной длине трубопровода приводит к гидравлическим ударам. Более того, при каждом качке для преодоления инерции жидкости в трубопроводе необходимо создать избыток давления в рабочей камере насоса и, аналогично, в начале хода всасывания для преодоления сил инерции жидкости, находящейся в трубопроводе всасывания, необходимо в рабочей камере насоса создать большее разрежение, чем это необходимо в случае равномерной подачи. Кроме этого, неравномерное движение жидкости в трубопроводе сильно увеличивает гидравлические потери. При равномерном движении жидкости по трубопроводу гидравлические потери в 6,58 раза меньше, чем при пульсирующем движении жидкости в одноплунжерном насосе [2]. Неудивительно, что древние изобретатели еще в те времена использовали двухпоршневую схему

для выравнивания потока, при которой во время рабочего хода всасывания одного цилиндра выполняется рабочий ход нагнетания во втором.

Требования к ручному дублеру для шаровых кранов газотранспортной системы регламентированы в СТО Газпром 2-4.1-212-2008 «Общие технические требования к трубопроводной арматуре, поставляемой на объекты ОАО «Газпром» в следующих разделах:

«7.7.2.8 Время перестановки крана при помощи ручного редуктора или ручного дублера не превышает, для кранов:

- DN 50–150 – 1 мин.;
- DN 200–400 – 3 мин.;
- DN 500–700 – 10 мин.;
- DN 1000 – 15 мин.;
- DN 1200 – 18 мин.;
- DN 1400 – 20 мин.

Усилия при перестановке – не более 150 Н, в начале движения допускается увеличение нагрузки до 450 Н.

7.7.2.37 В гидросистеме привода устанавливают трехходовой распределительный клапан переключения на местное и дистанционное управление. При установке на местное управление привод переставляется от ручного дублера. Указатель клапана при местном управлении указывает направление перестановки на открытие или закрытие крана.

7.7.2.38 Усилия на рукоятке насоса для перестановки затвора крана ручным дублером не превышает

150 Н, при этом ее длина – не более 800 мм».

В соответствии с требованиями данного документа на разработчика при проектировании насоса накладывается ряд ограничений, например, для привода шарового крана DN 1200 PN 100 длина рукоятка должна быть не более 800 мм, усилие на рукоятке – не более 150 Н, а время перестановки крана ручным дублером не должно превышать 18 мин. Продемонстрируем подбор насоса для этого шарового крана из прайса завода «Прогресс». Согласно пункту 7.7.2.27 СТО Газпром 2-4.1-212-2008 привод должен обеспечивать открытие и закрытие шарового крана DN 1200 PN 100 минимальным давлением управляющего газа в трубопроводе 2,5 МПа. Следовательно, насос также должен развивать давление нагнетания 2,5 МПа. Требуемым параметрам соответствует насос ГН-350-01, который по данным производителя развивает давление нагнетания 2,7 МПа при длине рукоятки 700 мм и усилии 150 Н и имеет производительность 60 см³ за один рабочий цикл. Так как диаметр цилиндра серийного привода шарового крана DN 1200 PN 100 равен 320 мм, а ход поршня – 530 мм, то для поворота шаровой пробки крана из положения «закрыто» в положение «открыто» нужно перекачать 42625 см³ гидравлической жидкости.

При производительности насоса 60 см³ для этого необходимо выполнить 710 двойных ходов рукояткой

насоса. Таким образом, для выполнения требований нормативного документа по времени необходима скорость в 39 двойных ходов рукояткой в минуту при махе рукоятки $h_1 = 700$ мм (см. **рис. 6**). Это равносильно непрерывному поднятию рукой гантели весом 15 кг 710 раз в течение 18 минут в постоянном быстром темпе. Одному из авторов на приемочных испытаниях шарового крана DN 1400 PN 100 на полигоне филиала «Оргэнергогаз» в г. Саратове пришлось сдавать норматив по повороту шаровой пробки крана ручным дублером на время: тогда, чтобы уложиться в заданные 20 минут, понадобилась поочередная работа трех физически здоровых мужчин.

С точки зрения рациональной эргономики применение двухплунжерной схемы обеспечивает ряд преимуществ по сравнению с одноплунжерной схемой, а именно, является возможность:

- уменьшить усилие на рукоятке за счет уменьшения диаметра плунжера при сохранении той же производительности и длины рукоятки;
- увеличить производительность насоса при сохранении того же диаметра плунжера и длины рукоятки;
- повысить давление нагнетания за счет уменьшения диаметра плунжера при сохранении того же усилия на рукоятке.

Приняв во внимание перечисленные выше аргументы, в ОАО «МосЦКБА» было принято решение раз-

работать новую инновационную конструкцию гидравлического насоса «Тандем» на базе двухплунжерной схемы (см. **рис. 7**). Следует отметить, что ручные гидравлические насосы двухплунжерной схемы уже выпускаются серийно рядом предприятий для оборудования, не связанного с трубопроводной арматурой. Примером может служить насос ручной гидравлический типа НММ 14.16 производства ООО «Гидроаппаратура», предназначенный для подачи рабочей жидкости в гидравлическую систему трапа, а также насос с ручным управлением типа РМ производства ООО «ГидроТехСервис», предназначенный для подачи гидравлической жидкости к рабочим узлам машин, станков, прессов и других гидрофицированных механизмов.

При разработке ручного гидравлического насоса «Тандем» (см. **рис. 8**) решалась задача упрощения конструкции, повышения производительности, надежности, ремонтнопригодности и удобства работы.

Вот какие технические результаты достигаются применением данной конструкции. Повышение ремонтнопригодности достигается тем, что насос выполнен по модульной схеме (см. **рис. 9**), в которой гидрораспределитель, клапанная коробка, рабочие цилиндры выделены в отдельные узлы. При такой конструкции обеспечен свободный доступ к нагнетательным и всасывающим клапанам, а также – к деталям гидрораспределителя. Седла клапанов и уплотни-

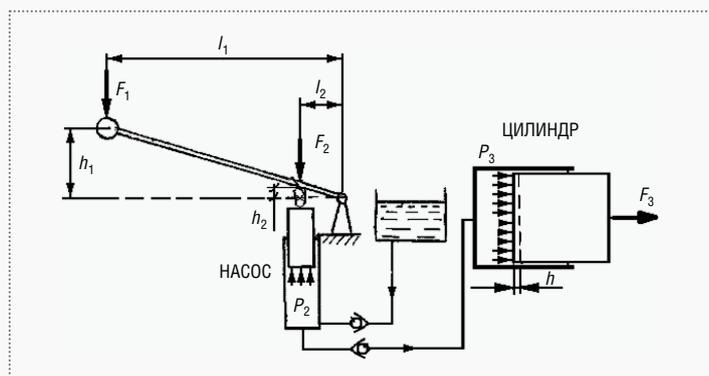


Рис. 6. Расчетная схема одноплунжерного насоса

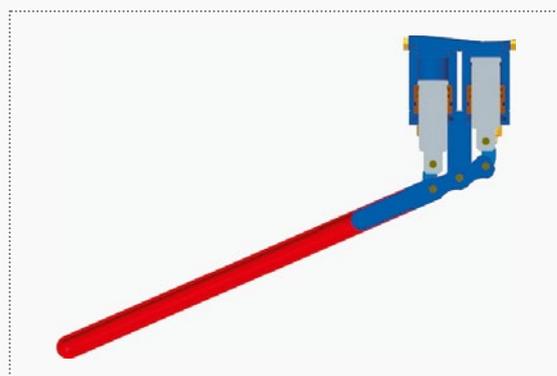


Рис. 7. Двухплунжерная схема насоса «Тандем»

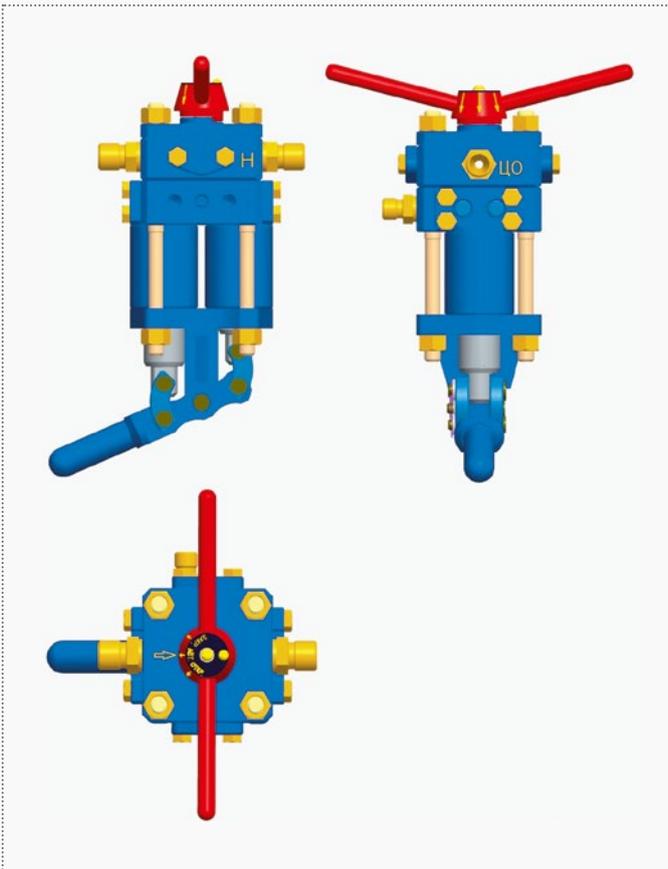


Рис. 8. Насос «Тандем», разработанный в ОАО МосЦКБА



Рис. 9. Модульная конструкция насоса «Тандем»

тельные седла золотника выполнены съемными, поэтому они могут быть легко демонтированы для промывки, ремонта или заменены на новые. Причем, седла нагнетательного и всасывающего клапанов выполнены в виде шайбы (см. рис. 10) и имеют две рабочих поверхности с каждой из сторон. В случае износа уплотнительной поверхности седла или ее повреждения, седло может быть развернуто обратной стороной и опять установлено в клапанную коробку насоса; в этом случае будет использоваться резервная уплотнительная поверхность.

Повышение надежности достигается за счет того, что гидрораспределитель изготовлен в виде шарового крана с пробкой в опорах. Шаровая пробка в насосе «Тандем» выполняет роль золотника гидрораспределителя, для чего в ней сделаны соответствующие каналы.

Уплотнительные седла шарового золотника выполнены из полимерного материала, что обеспечивает

надежную изоляцию линии нагнетания от линии всасывания в насосе при любом из трех положений золотника: «Открытие», «Закрытие», «Автомат».

Упрощение конструкции достигается тем, что для управления насосом применяется всего две рукоятки: одна для поворота золотника гидрораспределителя и вторая – рычаг для одновременного перемещения двух плунжеров. Модульная конструкция насоса обеспечивает легкий доступ к полимерным седлам шарового золотника, а также к нагнетательным и всасывающим клапанам. В качестве запорных органов клапанов применены шарики из шарикоподшипников, которые всегда доступны эксплуатирующей организации в случае необходимости их замены или утери.

Повышение производительности достигается применением двухплунжерной схемы, а также – надежной герметизацией каналов в золотнике гидрораспределителя «мягкими»

седлами. Двухплунжерная схема насоса позволяет создать непрерывное движение гидравлической жидкости по трубопроводам, что снижает гидравлическое сопротивление в них и повышает КПД насоса.

Удобство работы достигается тем, что двухплунжерная схема позволяет уменьшить усилие на рукоятке, например, за счет уменьшения диаметра плунжера при сохранении требуемой производительности и длине рукоятки. Гидрораспределитель, выполненный в виде шарового крана

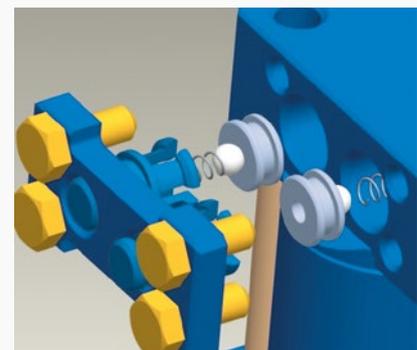


Рис. 10. Сменные седла клапанов насоса «Тандем»

с пробкой в опорах и подпружиненными седлами из полимера, требуют небольших усилий для поворота, независимо от климатических условий окружающей среды. Перевод золотника из положения «Открытие» в положение «Автомат» и «Закрытие» осуществляется при повороте рукоятки всего на угол 45 градусов.

Таким образом, конструкция насоса «Тандем» имеет существенные преимущества по сравнению с аналогичной продукцией, представленной сегодня на рынке. В зависимости от типоразмера шарового крана и его пневмогидравлического привода, необходимых объемов перекачиваемой гидравлической жидкости и рабочего давления разработано три типоразмера насосов «Тандем»: НРТ-35, НРТ-60, НРТ-100, которые отличаются между собой производительностью за один рабочий цикл. Также могут быть разработаны эксклюзивные варианты насосов под конкретные требования заказчика.

Насосы «Тандем», кроме комплектации пневмогидравлических приводов шаровых кранов и приводов другой трубопроводной арматуры, имеют значительно большую сферу применения, что делает их производство для предприятия экономически выгодным. Так, насосы могут применяться также для опрессовки резервуаров, котлов, различных емкостей и трубопроводов.

Они могут служить источником давления в стендах для испытаний трубопроводной арматуры и деталей трубопроводов на предприятиях с небольшим объемом производства, когда приобретение специализированного испытательного оборудования экономически не оправда-



Рис. 11. Гидравлический трубогиб

но. Ручные насосы, разработанные в ОАО «МосЦКБА», могут использоваться в гидравлических системах, в которых необходимо создать высокое давление при небольшом расходе. К таким системам относятся домкраты, подъемники, устройства для запрессовки и выпрессовки деталей, которые востребованы на авторемонтных предприятиях и в различных ремонтных мастерских. Кроме этого, насосы могут применяться для аварийного дублирования основных насосов в различных гидравлических устройствах. В этом случае, при отказе основного насоса, с их помощью можно переместить гидравлический привод в безопасное положение.

Еще одна сфера применения ручных насосов – это гидравлические трубогибы. Универсальный профессиональный трубогиб, предназна-

ченный для прецизионной холодной гибки стандартных водо- и газопроводных труб диаметром до 3 дюймов, показан на рис. 11. Разработанные в ОАО «МосЦКБА» насосы «Тандем» в комплекте с гидроцилиндром могут быть использованы для комплектования подобных стационарных приспособлений для гибки труб, профилей и другого проката на рабочих местах промышленных производств, а также – в качестве переносных приспособлений на строительных и монтажных площадках. Небольшой вес насосов «Тандем», легкость управления, простота и надежность гарантируют удобную и длительную эксплуатацию в составе любого оборудования.

ОАО «МосЦКБА» приглашает все заинтересованные стороны принять участие в освоении производства инновационных насосов «Тандем».

☞ Список литературы:

1. Ю.Д. Логанов, В.В. Мороз. Разрыв шаблона // Арматуростроение. 2016 г. №1 (100), с. 47–54.
2. О.В. Байбаков, О.И. Зеугофер. Гидравлика и насосы М.: Госэнергоиздат, 1957.
3. Насос гидравлический поршневой ГН-350-01, 9У2.9610.13.00.000. Завод «Прогресс», г. Мичуринск, Тамбовской обл., ТУ 141-018-07511910-98, pge@nt-rt.ru.
4. Руководство по эксплуатации шарового крана DN 700 PN 100. 1.2750.148.104.00-01 РЭ. ОАО «Сумское НПО им. М.В. Фрунзе» (Украина).