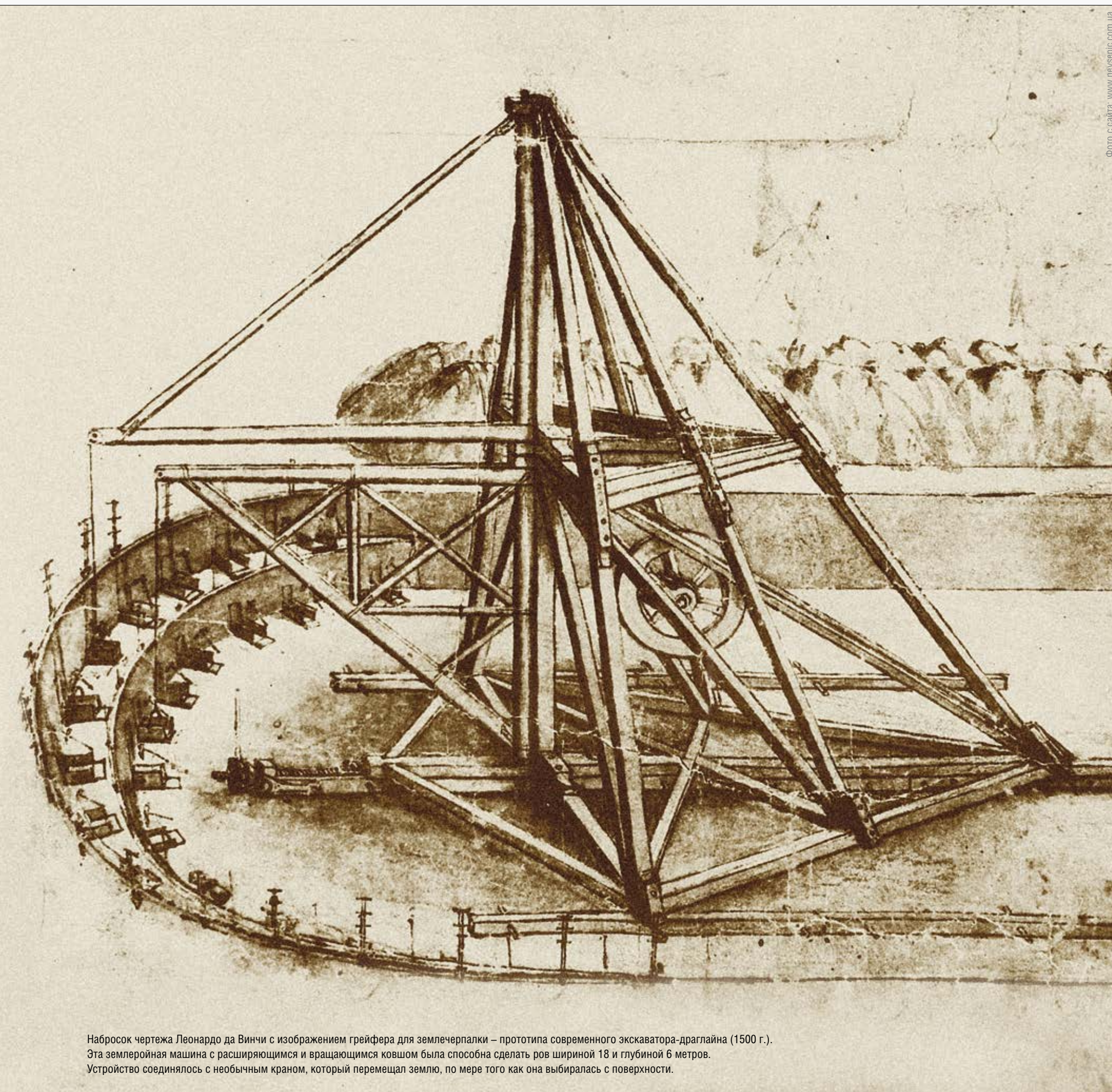




Набросок чертежа Леонардо да Винчи с изображением грейфера для землечерпалки – прототипа современного экскаватора-драглайна (1500 г.). Эта землеройная машина с расширяющимся и вращающимся ковшом была способна сделать ров шириной 18 и глубиной 6 метров. Устройство соединялось с необычным краном, который перемещал землю, по мере того как она выбиралась с поверхности.

Опыт практического применения ТРИЗ

при создании инновационной трубопроводной арматуры в ОАО «МосЦКБА»

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

Известный советский учёный, изобретатель и писатель-фантаст Генрих Саулович Альтшуллер в 1956 году разработал и опубликовал принципиально новую технологию творческого процесса при создании новых образцов техники [1], которая впоследствии получила название ТРИЗ – теория решения изобретательских задач. ТРИЗ представляет собой обобщённый опыт изобретательства и изучения законов развития науки и техники и направлена на улучшение качества изобретений и ускорение изобретательских процессов за счет исключения элементов случайности. Сегодня ТРИЗ используется многими известными компаниями, в том числе она взята на вооружение и в инженеринговой компании МосЦКБА. Актуальность применения ТРИЗ на практике в наше время обусловлена необходимостью увеличить скорость вывода инновационных продуктов на рынок в условиях наблюдающегося экономического спада, снижения цен на углеводороды и, как следствие, всё более жёсткой конкуренции между производителями на фоне уменьшения спроса. Сложная политическая ситуация в мире отрицательно сказывается на обеспечении российской промышленности передовыми технологиями, что делает ещё более важным практическое применение основных положений ТРИЗ в реализации программ импортозамещения.

» Создание инновационных образцов трубопроводной арматуры для нефтегазового сектора российской промышленности с помощью инструментов ТРИЗ будет продемонстрировано на нескольких разработках МосЦКБА, которые были спроектированы благодаря таким инструментам в сжатые сроки – практически, в течение одного года. Необходимо отметить, что успешное применение инструментов ТРИЗ возможно только в тех проектных организациях, которые способны объединить глубокие теоретические знания в различных отраслях науки и техники с многолетним практическим опытом эксплуатации изделий на промышленных объектах (рис. 1).

Согласно ТРИЗ, каждая техническая система (ТС), к которой относится и трубопроводная арматура, создаётся для выполнения своей главной функции; при этом она может выпол-

нять дополнительные функции и обладать латентными функциями [2]. Задача грамотного конструктора-изобретателя состоит в том, чтобы, используя основные законы и принципы ТРИЗ, создать более дешёвые, надёжные, многофункциональные, а значит, более полезные и конкурентоспособные устройства и системы. Первым примером успешного решения такой задачи в МосЦКБА является создание шарового крана с регулируемым поджатием и изменяемой геометрией корпуса (рис. 2) [3], в котором наглядно просматривается увеличение функциональности ТС.

В этой конструкции мы можем наблюдать использование таких принципов устранения противоречий, как: *принцип дробления* (разделить объект на независимые части или выполнить объект разборным), *принцип местного качества* (разные части объекта должны выполнять различные функции), *принцип асим-*

метрии (переход от симметричной формы объекта к асимметричной), *принцип универсальности* (объект выполняет несколько разных функций, благодаря чему отпадает необходимость в других объектах), *принцип динамичности* (разделить объект на части, способные перемещаться относительно друг друга), *принцип перехода в другое измерение* (наклонить объект или положить его «на бок»). Все это позволило в дополнение к главной функции шарового крана – перекрытие трубопровода, получить дополнительные функции: регулирование потока рабочей среды, и латентные функции: изменение направления трубопровода без применения дополнительных деталей (отводов). Благодаря этому кран может использоваться как запорная и регулирующая арматура одновременно, что позволяет на трубопроводе установить одно изделие вместо двух. Более того, в отличие

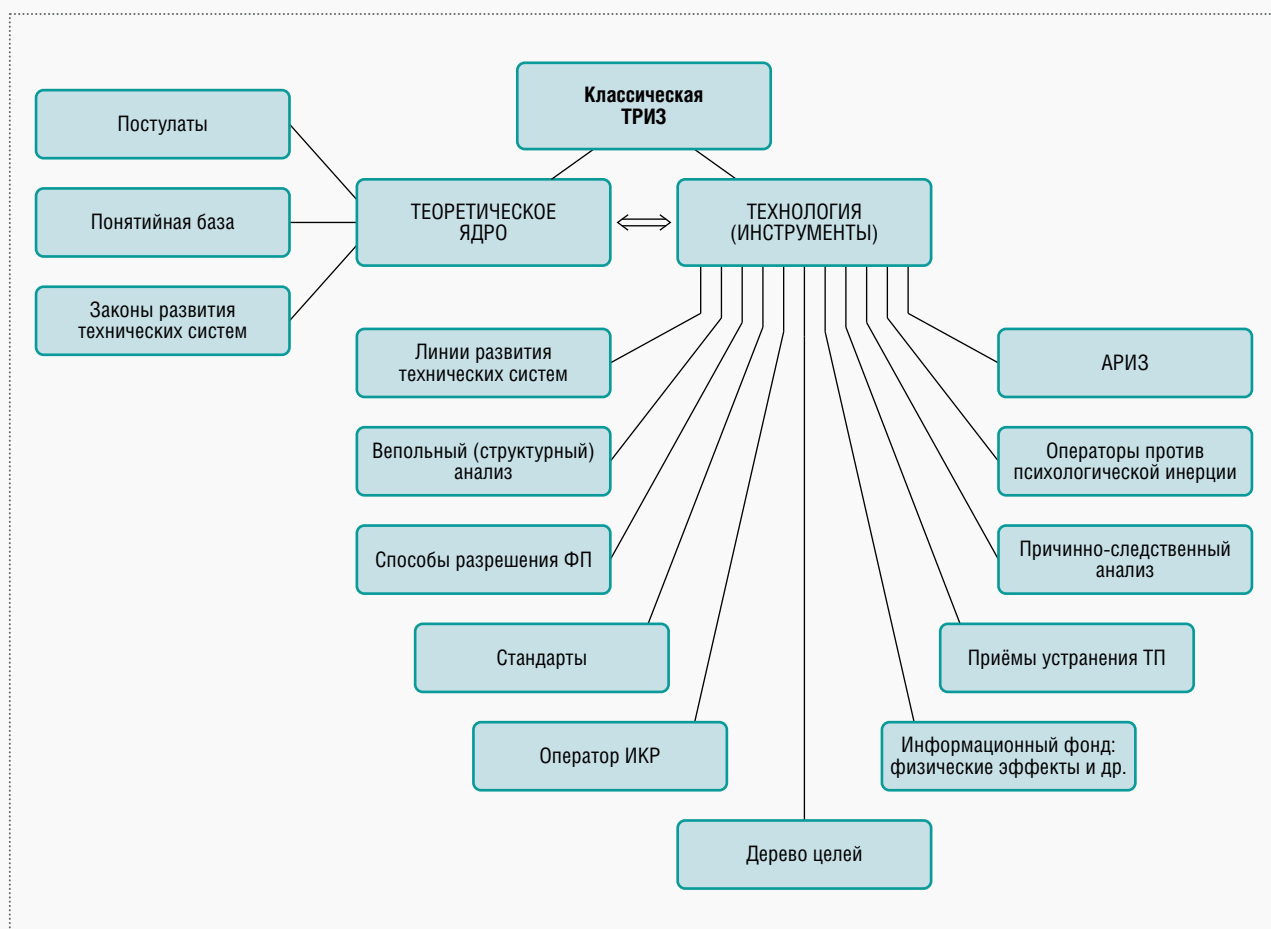


Рис. 1. Схема, демонстрирующая взаимосвязь между составными частями классической ТРИЗ [2]



Рис. 2. Шаровой кран с регулируемым поджатием и изменяемой геометрией корпуса [4]

от классического клеточного регулирующего клапана, новый запорно-регулирующий кран может работать на загрязненных средах и не требует установки дополнительных фильтров, так как при заблокированной пробке в нем нет ходовых зазоров. В случае необходимости, кран может быть легко очищен, для чего достаточно разблокировать штоком шаровую пробку, создав ходовой зазор, и сделать рукояткой несколько поворотов в разные стороны для удаления посторонних включений с поверхности шара и седел. В этом случае кромки седел и пробки выполняют роль скребков (латентная функция). Блокирующий пробку шток имеет самотормозящуюся трапециевидную резьбу, что позволяет четко фиксировать требуемое положение пробки при регулировании, исключая самопроизвольное изменение настройки под воздействием возможной вибрации трубопровода. Поворот пробки запорно-регулирующего крана происходит в разблокированном «свободном» состоянии, что уменьшает износ седел и пробки и увеличивает срок службы крана. Седла запорно-регулирующего крана не поджаты пружинами

ми, как в обычном шаровом кране «металл по металлу» на аналогичные параметры, поэтому усилие для поворота рукоятки значительно меньше. В случае негерметичности затвора имеется возможность закрыть запорно-регулирующий кран «посильнее», аналогично клапану или задвижке. При необходимости кран может быть легко трансформирован из проходного в угловой поворотом выходного патрубка на 180° (латентная функция). Такая конструкция крана может быть востребована в нефтегазовой промышленности в обвязке фонтанной арматуры, сепараторов и в других случаях для управления абразивными средами, а также при ограниченном пространстве для размещения трубопроводной обвязки.

Использование тех же принципов ТРИЗ позволило МосЦКБА создать и другой запорно-регулирующий шаровой кран для природного газа высокого давления с высокой герметичностью в закрытом положении (рис. 3), предназначенный для установки на передвижных компрессорных установках, судах, нефте- и газодобывающих платформах и в других местах, где также ограничено про-

странство для установки отдельно запорного и регулирующего крана.

Такая конструкция крана позволяет сэкономить средства потребителя на стоимости корпусных деталей арматуры, уменьшить затраты на выполнение и контроль сварных швов при соединении с трубопроводами высокого давления (два шва вместо четырех). Запорно-регулирующий кран может применяться для управления средами высокого давления, при этом за счет конструктивного исполнения «пробка в опорах» момент при закрытии и открытии крана относительно небольшой. Одна из опор пробки в кране, кроме главной функции, выполняет дополнительную: функцию регулирующего органа. В отличие от классического односедельного регулирующего клапана, новый запорно-регулирующий кран является прямоточным и имеет меньший коэффициент сопротивления. Седла запорно-регулирующего крана постоянно поджаты пружинами к шаровой пробке, что обеспечивает отсутствие протечек в широком диапазоне давлений рабочей среды. Кроме этого, в открытом и закрытом положении шаровой пробки сальниковые узлы отсечены седлами от рабочей среды (латентная функция), т. е. разгружены, в результате чего появляется возможность замены

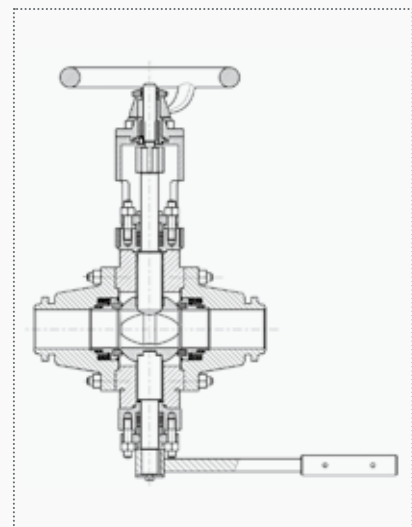


Рис. 3. Запорно-регулирующий шаровой кран с надежной герметичностью в закрытом положении [5]

сальниковых колец в кране, находящемся под давлением.

Еще одним удачным примером применения ТРИЗ при решении сложных конструкторских задач является разработанный в МосЦКБА шаровой кран из композиционных материалов для агрессивных сред (рис. 4).

В этой конструкции используются такие принципы устранения противоречий, как: *принцип «посредника»* (использовать промежуточный объект, переносящий или передающий действие), *принцип использования гибких оболочек и тонких пленок* (вместо обычных конструкций использовать гибкие оболочки и тонкие пленки), *принцип применения композиционных материалов* (перейти от однородных материалов к композиционным). Это позволило создать шаровой кран, не имеющий аналогов на рынке трубопроводной арматуры. В конструкции полностью отсутствуют металлические детали, в том числе крепеж и пружины; весь кран изготовлен из полимерных композиционных материалов, обладающих высокой коррозионной стойкостью в агрессивных средах и имеющих одинаковый коэффициент линейного расширения. Такое изделие составит достойную конкуренцию шаровым кранам из высоколегированных сталей за счет более низкой цены. Композиционные материалы позволяют массово изготавливать шаровые краны с минимальным использованием производственных площадей и привлекаемого персонала. Небольшая масса крана существенно упрощает логистику. Благодаря найденным с помощью ТРИЗ техническим решениям, таким как: применение конструктивной схемы «пробка в опорах», использование при поджиме седла к шаровой пробке «эффекта клина», поджим седла к пробке происходит только в конечный момент закрытия крана, – удалось получить низкий момент, необходимый для управления шаровым краном. Тот факт, что поворот шаровой пробки

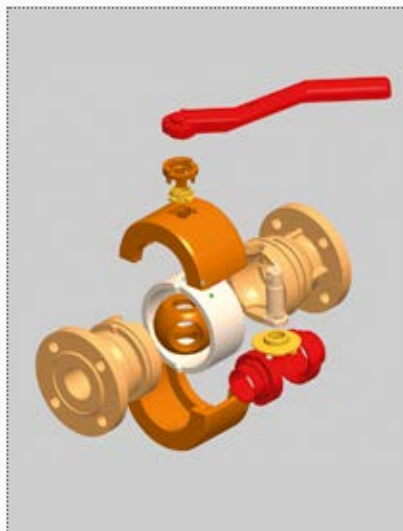


Рис. 4. Шаровой кран из композиционных материалов для агрессивных сред

из положения «открыто» в положение «закрыто» происходит без контакта с седлами, позволил существенно увеличить ресурс крана. Более того, возможность производить корректировку износа уплотнений шаровой пробки без демонтажа крана из трубопровода, вместе со свойством полимерных материалов не «обрастать» отложениями, содержащимися в рабочей среде, делают кран очень надежным при эксплуатации. Использование «гибкой оболочки» для сборки полукорпусов обеспечивает ремонтпригодность крана при его кажущейся внешне «неразборной» конструкции. Согласно принципам ТРИЗ, в этом шаровом кране детали, кроме своих основных функций, выполняют и дополнительные. Так, благодаря применению байонетного соединения сальниковой втулки с корпусом появилась возможность быстро менять уплотнения шпинделя без демонтажа крана с трубопровода и применения специальных приспособлений: в данной конструкции такая замена осуществляется оператором на месте с помощью рукоятки, которая выполняет дополнительную функцию приспособления и ключа.

Как уже упоминалось выше, умелое применение стандартов решения изобретательских задач, предложенных Генрихом Альтшуллером, позволило нашей организации разработать

все эти конструкции в кратчайшие сроки. Более того, за 2015 год были также разработаны: невозвратно-управляемый осевой клапан, который одновременно может выполнять функции обратного и запорного клапана [6]; межфланцевый регулятор «Квадрига», предназначенный для ступенчатого регулирования дебита газовых и нефтяных скважин как путем перекрытия одного из четырех шаровых кранов, так и путем замены дроссельных втулок, чем достигается сокращение затрат времени и средств при обслуживании оборудования в нефтегазодобыче [7].

Из последних разработок представляет интерес концепция так называемого «умного» шарового крана с управляемыми седлами (рис. 5) [8]. Эта НИОКР направлена на разработку более дешевой и надежной конструкции шарового крана для магистральных газопроводов. При ее разработке использовались такие принципы ТРИЗ, как *принцип предварительного действия* (заранее выполнить требуемое действие), *принцип динамичности* (разделить объект на части, способные перемещаться относительно друг друга или, если объект в целом неподвижен, сделать его подвижным, перемещающимся), *принцип периодического действия* (перейти от непрерывного действия к периодическому), *принцип непрерывности полезного действия* (все части объекта должны все время работать с полной нагрузкой).

В результате нам удалось создать принципиально новую концепцию «умного» шарового крана с управляемыми седлами, согласно которой взамен седла классической конструкции, выполняемых, как правило, в виде кольцевого поршня, в кране установлены седла в виде кольцевого двухступенчатого поршня. В этом случае седло, выполненное в виде двухступенчатого поршня, образует в патрубке крана две замкнутые полости, изменение давления в которых позволяет перемещать седло либо к запорному органу, либо от него.

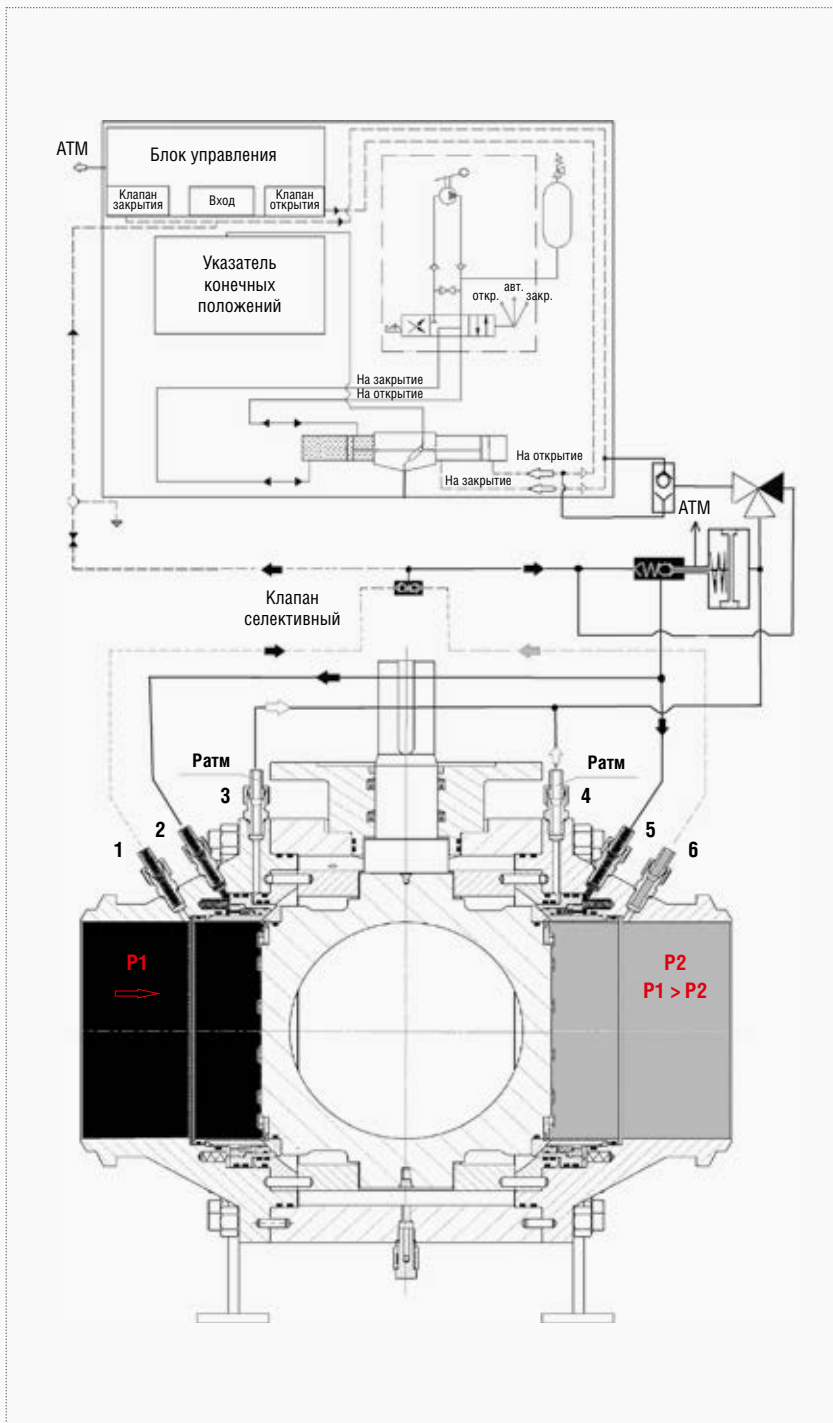


Рис. 5. Принципиальная схема «умного» шарового крана с управляемыми седлами

Новизна такого решения заключается в следующем:

- Применен запорный орган со съемными уплотнительными элементами, что упрощает его изготовление и позволяет проводить ремонт крана в условиях мастерских ЛПУМГ (линейно-производственных управлений магистральных газопроводов) и компрессорных станций.

- Седла крана выполнены разборными с подвижными уплотнительными элементами, которые утапливаются в седле при открытии-закрытии крана, что позволяет защитить их от эрозионного износа.
- Седла шарового крана управляются существующей системой управления пневмогидроприводом с минимальными ее доработками.

Внедрение новой концепции шаровых кранов с управляемыми седлами в серийном производстве наиболее сложных, трудноремонтируемых и дорогостоящих цельносварных шаровых кранов больших диаметров, предназначенных для подземной установки на магистральных газопроводах, позволит:

- Снизить массу запорного органа шарового крана на 15–20%.
- Снизить трудоемкость изготовления запорного органа шарового крана на 10–20%.
- Снизить момент, необходимый для управления шаровым краном, на 30–40% и, как следствие, уменьшить размеры и массу силовых деталей крана, а именно шпинделя и фланца под привод.
- Снизить стоимость шарового крана за счет применения менее мощных и более дешевых приводов.
- Увеличить ресурс шарового крана и повысить его надежность за счет применения седел с подвижными уплотнительными элементами, которые утапливаются при открытии-закрытии крана и тем самым защищены от эрозионного износа.

Общая эффективность от внедрения новой концепции заключается в снижении стоимости шарового крана в сборе с приводом по сравнению со стоимостью аналогичного шарового крана традиционной конструкции на 20% и повышении ресурса уплотнений по сравнению с традиционной конструкцией в 3 и более раза.

Предполагается, что новая конструкция шарового крана с управляемыми седлами будет востребована при газификации недостаточно широко газифицированных регионов Восточной Сибири и Дальнего Востока. Вывод ее на рынок позволит снизить затраты при ремонте и содержании существующей газотранспортной системы, а также будет способствовать получению дополнительных доходов от реализации газа.

Итоги

Системный подход при рассмотрении ТС, такой как трубопроводная арматура, на базе имеющихся теоретических знаний и практического опыта с использованием ТРИЗ позволил специалистам МосЦКБА в каждом конкретном случае выявить совокупности подсистем и надсистем рассматриваемой ТС, учесть их взаимодействия в разных условиях и на разных этапах существования, провести причинно-следственный анализ и определить оптимальные ресурсы для решения поставленной конструкторской задачи, устранив при этом нежелательные эффекты и обойдя имеющиеся ограничения. Итогом данной работы стало создание в сжатые сроки ряда принципиально новых конструкций трубопроводной арматуры, предназначенных для реализации программ импортозамещения и ускорения технического перевооружения российской промышленности.

Выводы

ТРИЗ представляет собой набор методов, объединенных общей теорией и направленных на решение нестандартных, творческих задач и может с успехом применяться инженеринговыми организациями при разработке трубопроводной арматуры. В процессе разработки инновационных образцов трубопроводной арматуры ТРИЗ помогает конструктору-изобретателю при поиске лучшего решения для изобретения, делает этот поиск более целенаправленным, продуктивным, способствует нахождению идей более высокого изобретательского уровня. ТРИЗ является индивидуальным методом решения задач и успешен только при наличии у конкретного конструктора-изобретателя высокого уровня теоретических знаний и практического опыта.

➔ Список литературы

1. Альтшуллер Г. С., Шапиро Р. Б. О психологии изобретательского творчества // Вопросы психологии. 1956, № 6.
2. Гин А.А., Кудрявцев А.В., Бубенцов В.Ю., Серединский А.В. Теория решения изобретательских задач: учебное пособие I уровня. 2-е изд., перераб. и доп. / Учеб.-методич. пособие: М., ТРИЗ-профи, 2012.
3. Пат. 154808 Российская Федерация, МПК F16K5/00. Шаровой кран с регулируемым поджатием и изменяемой геометрией / Мороз В.В., Логанов Ю.Д.; заявитель и патентообладатель ОАО «МосЦКБА»; заявл. 9.12.2014; опубл. 10.09.15, Бюл. № 25.
4. Мороз В.В. Кентавры на трубе ч. 1 // Арматуростроение. 2014 г. № 6 (93), с. 36–40.
5. Мороз В.В. Кентавры на трубе ч. 2 // Арматуростроение. 2015 г. № 1 (94), с. 58–63.
6. Мороз В.В. Кентавры на трубе ч. 3 // Арматуростроение. 2015 г. № 4 (97), с. 64–70.
7. Мороз В.В. Квадрига Апполона // Арматуростроение. 2015 г. № 5 (98), с. 48–53.
8. Мороз В.В., Логанов Ю.Д., Разрыв шаблона // Арматуростроение. 2016 г. № 1 (100), с. 47–54.

20-я юбилейная специализированная выставка с международным участием



НЕФТЬ. ГАЗ. ХИМ. 2016

Официальная поддержка:

Правительство Саратовской области

Министерство промышленности и энергетики Саратовской области

Союз нефтегазопромышленников РФ

Союз производителей нефтегазового оборудования

Российский Союз химиков

**24 - 26
августа**



САРАТОВ

**НЕФТЕГАЗОВАЯ
ПРОМЫШЛЕННОСТЬ
ХИМИЧЕСКАЯ
ПРОМЫШЛЕННОСТЬ**

**НЕРАЗРУШАЮЩИЙ
КОНТРОЛЬ
(СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЙ
РАЗДЕЛ)**

Место проведения:
ДВОРЕЦ СПОРТА
ул. Чернышевского, 68



**ВЫСТАВОЧНЫЙ ЦЕНТР
СОФИТ-ЭКСПО**
ТЕЛ.: (8452) 205-470, 206-926
<http://expo.sofit.ru>
<http://vk.com/sofit.expo>

