

Арматура для тяжелых условий: Достойный отпор давлению новых реалий

P. Cleaveland, пишущий редактор Valve Magazine, (e-mail: pcleaveland@earthlink.net)

АРМАТУРА СТАНОВИТСЯ ВСЕ КРУПНЕЕ, СЛОЖНЕЕ И ПРОЧНЕЕ. ТАКОВЫ ТРЕБОВАНИЯ СОВРЕМЕННОСТИ.

Это удивительно и странно, что понятие «тяжелые условия эксплуатации», столь важное для арматуры и трубопроводов, не имеет строгого, раз и навсегда определенного значения.

Bill Flowers, директор направления промышленности углеводородов Fisher Global Industry Sales, дает такое определение арматуре для тяжелых условий эксплуатации: «10 дюймов и более в диаметре, от 500 до 600 фунтов (34-41 МПа), имеющая специально разработанный затворный узел, соответствующий условиям управляемого процесса, будь то узел антикавитационный, или противозумный, или же способный выдержать высокий перепад давления».

Однако, есть ряд обстоятельств, делающих данное определение весьма расплывчатым. Хотя Bill Flowers явно не относит к арматуре для тяжелых условий 4-х дюймовый клапан на 300 фунтов из углеродистой стали, он все же говорит, например, что *мог бы* отнести к этой категории 6-ти дюймовый клапан на класс давления в 15000 фунтов, имеющий антикавитационный затворный узел, или 12-ти дюймовый клапан на 600 фунтов с противозумным узлом, или большой шаровой кран с глушителем шума. Общее у всех у них, как он поясняет, то, что «в системе имеется потенциальная возможность разрыва клапана... [и/или, из-за этого] стандартный затворный узел и обычный материал корпуса не справляются с управлением потоком».

Другие специалисты дают определение «тяжелым условиям эксплуатации», не ориентируясь на дюймы или материал корпуса, а делая упор на суровость условий эксплуатации как таковых.

Например, иногда условия кажутся вполне благоприятными, но затем вдруг оборачиваются большими проблемами — об этом говорит Joe Steinke, ведущий инженер ССИ. В качестве примера он приводит системы заводнения нефтеносного участка. Расширенное использование гидроразрывов (разрывы подземных горных пород закачкой воды и химикатов под большим давлением для добычи захваченных углеводородов) «приводит к более высокому содержанию песка и ила в поступающей воде, что создает большие проблемы», — поясняет он. А вот другой приведенный им пример. На арктическом побережье Аляски плавучая льдина раскрошилась о берего-



вой гранит, что засорило всасываемую морскую воду и вызвало эрозию оборудования и оснастки.

В ходе опроса, проведенного для этой статьи, выявилось и еще одно представление о том, что же такое «тяжелая эксплуатация»: пусть даже сама арматура и не подвергается воздействию критических условий, но отказ ее может вывести из строя оборудование или поставить под угрозу непрерывность производственного процесса или безопасность завода в целом. Пользователю следует считать такую арматуру ответственной, он должен быть уверен в том, что арматура правильно подобрана, и что техническое обслуживание выполняется надлежащим образом.

Опыт имеет значение

Опыт крайне важен для обеспечения планомерной работы и для безопасности производства в любой отрасли промышленности и при любых условиях, включая и тяжелые. Но, как и в других жизненных сферах, найти специалистов, обладающих богатым опытом эксплуатации

арматуры в тяжелых условиях — очень сложная задача. Stephen James, менеджер по международным продажам технологичной продукции фирмы Dresser Masoneilan, отмечает, что на рынках стран с развивающейся экономикой, где имеет место бурный рост продаж арматуры, проблема глубоких технических знаний и опыта стоит очень остро. А если к этому добавить, что и в странах с развитой экономикой быстро нарастает недостаток опытных кадров из-за ухода на пенсию сложившихся специалистов, сразу же возникает ряд трудноразрешимых проблем, продолжает James. Перед производителями арматуры встает непростой выбор: ведь трудно требовать от пользователей, чтобы они сами определяли, какая конкретно продукция отвечает их требованиям, если иные из них вообще не в курсе, что за арматура используется в том или ином случае. И получается, что продавец как бы должен брать на себя еще и функции консультанта, и чуть ли не инженера, разбирающегося в процессах производства.

Изменение стандартов

По словам Stephen'a James'a, в некоторых случаях технология не укладывается в действующие стандарты. Поскольку арматура становится всё крупнее, к тому же бывает изготовлена из весьма экзотических материалов, «вы порой вынуждены рассчитывать толщину стенки корпуса и выполнять иные необходимые расчеты либо вне стандартов, либо вне реальных свойств конкретного материала», — говорит он. Когда разрабатывалось большинство стандартов (для многих условий применения это было десятки лет назад), «никто даже представить себе не мог таких размеров и такого изобилия материалов». И, пожалуй, настало время радикально изменить положение, считает James.

Даже когда в стандарты вносятся изменения, пользователи порой бывают не в курсе этого, утверждает он, и приводит в пример два стандарта NACE¹. Выпущенный в 1975 г. стандарт MR0175 распространяется на нефтепромысловое оборудование, но основная часть пользователей пыталась применять его к оборудованию для нефтепереработки. Реакцией NACE стала разработка стандарта MR0103, который был выпущен в 2003 г. (последняя редакция в 2007 г.) и предназначался именно для нефтеперерабатывающих предприятий. Однако, «хотя нефтепромысловое оборудование — это одно, а нефтеперерабатывающее — совсем другое, пользователи склонны все путать и зачастую используют стандарт неправильно» — и в основном именно из-за недостатка опыта, говорит James.

Неправильное использование стандартов сплошь и рядом. В свое время большинство производителей арматуры пользовались своими собственными внутренними стандартами, и хотя позже большая часть их была поглощена стандартами ISA² и других органов по стандартизации, все же осталось определенное количество самостоятельных систем стандартов, — вступает в разговор Jeff Parish, старший менеджер по продажам изделий для тяжелых условий

эксплуатации фирмы Flowserve. Например, стандарт одного производителя не может применяться для установления размеров продукции другого, как бензин не годится для грузового автомобиля с дизельным двигателем. Больше всего от этого страдают небольшие компании. «Именно потому, что у вас есть стандарт и у вас есть арматура, но применить данный стандарт к арматуре вы не можете», — объясняет он. Чтобы должным образом применить стандарт, надо провести дополнительные испытания, а это уже за пределами возможностей небольшой компании.

«Некоторые области техники и вовсе не имеют стандартов или имеют *только* собственные стандарты», продолжает Stephen James — «взять, допустим, многофазный поток или течение неньютоновской жидкости. Стандарта, в котором было бы приведено уравнение расчета потока в арматуре для кетчупа, нет в природе».

Еще один проблемный момент со стандартами связан с тем, что они становятся международными. Например, стандарт NACE MR0175 — это теперь NACE MR0175/ISO 15156.

В то же время, не всем стандартам удастся идти в ногу со временем. Взять хотя бы нормативный документ ISA RP75.23 «Определение кавитации регулирующих клапанов», — рассказывает Joe Steinke. «Попытки превратить данный документ в стандарт предпринимались техническим комитетом более 15 лет, но он так и остался в большей степени рекомендованной практикой, чем стандартом. И все потому, что так и не было достигнуто согласия среди членов технического комитета в части показателей и коэффициентов, а также методов испытаний арматуры общепромышленного назначения на стойкость к кавитации. Что же касается стандартов на арматуру с многоступенчатым снижением давления, то их согласовать будет еще сложнее», — добавляет он.

Всё крупнее и крупнее

Один из основных трендов развития арматуры для тяжелых условий эксплуатации — это то, что ее диаметр становится все больше и больше, особенно для нефти и газа. «В свое время 12-ти дюймовый клапан считался арматурой крупного размера, а сейчас мы предлагаем уже угловые клапаны размером от 36 до 42 дюймов, — заявляет Flowers. — Высота такой арматуры 25 футов и более, т.е. вы получаете «нечто громоздкое», и, возможно, стоимостью около миллиона долларов». «На рынке сжиженных природных газов, — вторит ему Steinke, — клапан рециркуляции главного компрессора, установленный на обводном трубопроводе пропана, еще восемь лет назад имел диаметр в затворе 14 дюймов и ход приблизительно равный 12 дюймам при времени срабатывания от двух до трех секунд. Сегодня... клапаны того же назначения достигают диаметра в затворе до 30 дюймов, длины хода — до 24 дюймов при том же времени срабатывания».

Он также отмечает изменения в сфере производства сжиженного природного газа. В последние годы появилась тенденция превращения судов для СПГ из средств его транспортировки и хранения в средства его добычи. В результате «вместо наборных дросселей требуются под-

¹ National Association of Corrosion Engineers Национальная ассоциация инженеров-коррозионистов.

² International Society of Automation — Международное общество по автоматизации.

водные, которые к тому же должны согласованно работать с оборудованием и аппаратурой, установленными на борту», — говорит Steinke, — «10 000 дросселей, выполненных по стандартам API, ранее устанавливались на борту судна, теперь — под водой. Наименьшее значение класса давления для дросселей на борту — то же, скажем, 1500 фунтов, но существенно изменился их размер, перепад рабочего давления и разброс других параметров эксплуатации».

Да и сами заводы стали значительно крупнее: объемы производства увеличились с 1 миллиона тонн в год до 2-4 миллионов, и теперь речь идет о производственных линиях, способных вырабатывать от 7 до 8 миллионов тонн СПГ в год. Нечто подобное происходит и с нефтеперерабатывающими производствами, где гигантские размеры ректификационных колонн ломают наши представления о возможном.

Но, может, иногда лучший ответ на растущие потребности вовсе не в том, чтобы делать всё вокруг крупнее и крупнее (включая арматуру), ведь объем (а следовательно и затраты) — это, как известно, размер в кубе. «Вы собираетесь увеличить размер в полтора раза, но при этом вас может ожидать четырехкратное увеличение расхода металла», — поясняет James. Может быть, правильнее было бы использовать существующие типы арматуры и устанавливать их параллельно, чем наращивать размер корпуса.

Всё жарче и жарче

Наряду с укрупнением размеров появилась и тенденция применения арматуры на всё более высокие температуры. Steinke ссылается на данные электростанций комбинированного энергетического цикла: «Там, где 10 лет назад устройства, установленные на байпасной системе турбины, работали при максимальной температуре 1050° F (566° C) или 1025° F (552° C), теперь уже требуется оборудование, способное работать при температуре 1100° F (593° C) и даже еще большей». Что касается нефтепереработки, где температура ранее ограничивалась 1000° F (538° C), то «мы видели рабочие среды с температурой до 1600° F (871° C) и выше». Всё это требует иных материалов для конструкций на граничные давления, что, в свою очередь, влияет на затворный узел в плане выбора материалов и допустимого градиента температур.

Всё больше серы

Чем еще определяются тяжелые условия эксплуатации арматуры — так это жесткими требованиями, связанными с рабочей средой и давлением.

Например, «когда у нас низкое давление и бессернистый газ, для которого обычное дело вырваться наружу — всё просто. Совсем иначе обстоят дела, если давление высокое, либо если в газе содержится сероводород, либо и то и другое сразу», — говорит James.

Такая ситуация, по мнению Flowers'a, подталкивает рынок специальной арматуры к применению совсем уж специальных сплавов, оставляя производство «в размышлениях о том, как же изготовить регулирующий кла-

пан на 36 дюймов из супердуплексной стали». «Неимоверные затраты, необходимые для выполнения таких запросов, привели к появлению другой тенденции: развиваются технологии обработки поверхностей арматуры больших размеров», — считает Flowers. Оказалось, что вместо того, чтобы изготавливать корпуса из дуплексной стали, более предпочтительно и приемлемо использовать корпуса из углеродистой стали с покрытием их внутренних поверхностей Инконелем. Это стало возможным после появления роботизированных технологий наплавки. «Когда полость корпуса достаточно велика, чтобы наплавить покрытие по всей внутренней поверхности, это все же дешевле, нежели отливать корпус огромного размера из сверхпрочного сплава», — поясняет он.

Срок службы и проблема шума

Учитывая те затраты, которые несет предприятие при простом из-за выхода из строя арматуры, становится понятным желание заказчиков иметь арматуру более долговечную. «В недалеком прошлом пользователь был счастлив иметь арматуру (определенного назначения) со сроком службы три года до ее ремонта», — рассказывает Flowers, — «Сейчас же ...это — четыре года, пять лет, шесть лет; пользователь желает не трогать арматуру как можно дольше». Но увеличенный срок службы стоит денег. Ведь он означает «иные материалы затвора, более твердые материалы корпуса, керамика, карбид вольфрама, экзотические конструкции затворных узлов — лишь бы отодвинуть сроки ремонта подальше», — говорит он.

Поэтому пользователи должны решить для себя, что важнее: затраты, связанные с простоем и ремонтом, или же затраты на приобретение долговечной арматуры. Как отмечает Parish, за последние годы резко возрос спрос на «керамические затворные узлы, особенно с многоступенчатым снижением давления», а также появилось направление, связанное с оптимизацией существующих конструкций и технологий с целью приспособить их к новым требованиям, чему содействует распространение компьютерной вычислительной гидродинамики при проектировании.

Условия эксплуатации, при которых наблюдается наличие твердых частиц в среде вместе с возможностью кавитации, загонят в ступор любого конструктора, добавляет Steinke. «Эту проблему нельзя решить лишь применением материалов повышенной твердости — армированием арматуры, поскольку кавитация очень скверно и негативно сказывается на карбиде вольфрама или на керамике, она просто раздробит их», — говорит он и добавляет: «Кроме того, сами кавитационные пузырьки, когда лопаются, даже при низком уровне кавитации, превращают среду в нечто наподобие жесткой щетки».

В некоторых условиях арматура выдерживает от силы несколько месяцев, не более, — вновь вступает Flowers. «Ряд высоколегированных сплавов, будучи стойкими химически, сами по себе мягкие, и долго не прослужат. Взять хотя бы песчано-масляную смесь — хорошо если арматура проработает в ней хотя бы шесть месяцев». Покуда столь «короткоживущие» условия встречаются не-

часто и данные задачи можно решать созданием соответствующей конструкции арматуры, «в 95% случаев такая арматура неуместна, эти сплавы не укажут нам истинного пути развития технологий арматуростроения», — утверждает он.

Шум, будь ему причиной кавитация или вибрация, может уменьшить срок службы арматуры из-за таких показателей как усталость металла, ускоренный износ или просто разрушение. Поэтому пользователи настаивают на приобретении арматуры с низким уровнем шума. Flowers утверждает: «85 дБ стало уже чем-то близким и обыденным, и сейчас мы видим все больше спецификаций, где указано 80 дБ, а где-то даже 75 дБ, и если этот уровень станет обычным, промышленность перевернется вверх тормашками».

Большой размер опасен

Есть еще один фактор, который может весьма усложнить жизнь пользователю арматуры. Среда или перепад давления тут ни при чем, речь о банальной ошибке при выборе регулирующего клапана, а именно — выбор клапана большего по размеру, чем того требуют условия эксплуатации. Вместо 40÷50%, говорит Flowers, такой клапан работает при затворе, открытом на 5÷10%. При работе столь близко к седлу затвор изнашивается рабочей средой, особенно если это углеводороды при высоком перепаде давления. «Если же ситуация и вовсе неблагоприятная и перепад давления слишком высок, затвор может просто выскочить от седла, что не только нанесет ущерб клапану, но создаст проблемы в управлении производственным процессом», — поясняет он.

«Иногда, — продолжает Flowers, — такая ошибка случается по вине заказчика, который может подумать, что для трубопровода в 6 дюймов он и клапан должен приобрести 6-ти дюймовый». В большинстве же случаев это результат несогласованности. «Инженер-технолог выдвигает определенные условия эксплуатации, которые передаются в инжиниринговую компанию, которая страхует запасом прочности или коэффициентом безопасности», — объясняет он, — «После этого заказ поступает производителю арматуры, и тот, как правило, в свою очередь увеличивает коэффициент безопасности. В итоге, когда арматура установлена ... оказывается, что коэффициенты прочности и безопасности у нее превышены вдвое или втрое от необходимых для реальной работы».

Еще одна причина некорректного регулирования уже не связана с неправильным выбором размера клапана. Если распределенная система управления (DCS) плохо настроена, ситуация быстро выйдет из-под контроля. В то же время, «корректно настроенная DCS позволяет гибко реагировать на проблемы с регулирующим клапаном, однако следует понимать, что у типичной DCS реакция во многих случаях значительно быстрее, чем у клапана. И если ваш клапан работает ненадлежащим образом, толку от DCS никакого: вы будете управлять почтовой каретой, запряженной мустангами, с помо-

щью резиновых поводьев. Вы не сможете заставить клапан работать правильно», — утверждает Steinke.

Есть еще один вариант неправильного применения клапана, влекущего его повреждение, продолжает он. Речь о применении клапана на параметры, значительно превышающие те, что указаны в спецификации на него. В качестве примера Steinke приводит рециркуляционный клапан, использовавшийся в системе заводнения. «Клапан не только должен открыться, защищая тем самым насос от повреждения из-за неадекватного расхода при первоначальном пуске, но как только вы начинаете перераспределять нагрузку и поток... клапан должен перейти в режим непрерывной работы выравнивания нагрузки», — говорит он. То есть, клапан, разработанный для насоса с кратковременным режимом срабатывания, должен работать непрерывно. «Между тем, есть огромная разница между регулирующим клапаном для циркуляционного насоса кратковременного срабатывания на электростанции и клапаном для оборотной воды, работающим 365 дней в году в системе заводнения: разнятся срок службы и долговечность, коррозионная активность, твердые включения, содержащиеся в рабочей среде», — объясняет Steinke.

Что ждет нас впереди

Итак, чего же нам ждать в будущем? Steinke предсказывает повышение спроса на регулирующую арматуру для технологических систем регулирования, работающих в тяжелых условиях эксплуатации. Он также считает, что будут предъявляться более высокие требования к уровням безопасности, «которые будут вводиться непосредственно для регулирующих контуров и для оборудования и аппаратов так же, как и для обычного предохранительного клапана». В заключение Steinke высказал мнение, что в будущем будут ужесточены требования к контролю выбросов загрязняющих веществ в атмосферу.

James рассматривает альтернативные источники энергии двояко: как новые возможности и как новые задачи, которые встанут перед арматуростроителями. Искусственное топливо производится из твердых материалов, таких как уголь или биомасса. И проблема в том, что, как выразился James, «еще неизвестно, назовете ли вы эрозивной среду, которую считаете таковой сейчас, когда промышленность перейдет на совершенно другой уровень».

Новые возможности проистекают из того факта, что львиная доля компаний, работающих в области альтернативных источников энергии, не являются нефтяными. Понадобятся не только разработки новых технологий в арматуростроении, понадобятся еще и более тесные контакты с конечными потребителями, потребуются их обучение производителями арматуры. В заключение James сказал: «Я думаю, что в этой области промышленности в течение ближайших 10 лет грянут большие перемены, сравнимые с теми, что произошли за последние 50 лет».

Статья впервые опубликована в журнале Valve Magazine (издание Американской ассоциации производителей арматуры), лето 2010 г. Перевод Т. Скляровой, литературная обработка А. Горелова