



**Valves & Measurement**  
**3250 Briarpark Drive, Suite 300**  
**Houston, TX 77042**  
**USA Toll 800 323 9160**

**For the most current contact and location information go to: [www.c-a-m.com](http://www.c-a-m.com)**

Cameron strives for continuous improvement in all aspects of our business. Cameron reserves the right to modify designs and specifications without notice or obligation. Nothing contained in this brochure is intended to extend any type of warranty, expressed or implied.

## ПРОДЛЕНИЕ СРОКА СЛУЖБЫ ПЕРЕКЛЮЧАЮЩИХ КЛАПАНОВ УСТАНОВКИ ОСУШКИ МОЛЕКУЛЯРНЫМИ СИТАМИ

### АВТОРЕФЕРАТ

Установка осушки молекулярными ситами является важной частью технологического процесса на любом предприятии, где в качестве сырья используется природный газ. Эти установки выполняют функцию осушки природного газа, критически важную для протекания последующих процессов, таких как экстракция газоконденсатных жидкостей и производство сжиженного природного газа. Переключающие клапаны являются ответственным узлом, обеспечивающим правильную и эффективную эксплуатацию установок осушки молекулярными ситами. Известны распространенные проблемы, которые, если их своевременно изучить и решить, помогут достичь следующего:

1. Избежать трудностей при вводе в эксплуатацию, как на вновь построенных объектах, так и после длительных простоев. Это обеспечит своевременный ввод установки в эксплуатацию.
2. Повысить эффективность установки для осушения природного газа путем увеличения её производительности.
3. Продлить срок службы переключающих клапанов осушающей установки, и сократить затраты на дорогостоящий внеплановый ремонт.
4. Свести к минимуму неожиданные остановки. Это обеспечит непрерывное поступление доходов.

## **Введение: Почему это так важно?**

Установка осушки молекулярными ситами является важной частью технологического процесса на любом предприятии, где в качестве сырья используется природный газ. Вне зависимости от того, перерабатывается ли газ для производства СПГ, аммиака, или же газ подготавливается для экстракции газоконденсатных жидкостей, важно чтобы он был надлежащим образом осушен. Влага, содержащаяся в неосушенном газе, попадая в технологическое оборудование ниже по потоку, может привести к образованию гидратов или разрушить дорогостоящий катализатор.

В настоящее время осушка молекулярными ситами представляет собой процесс, в ходе которого из газа практически полностью удаляется вода. Переключающие клапаны (подача газа, выпуск газа, включение режима регенерации, отключение режима регенерации, повышение давления и сброс давления) являются важнейшими узлами этого процесса. Если эти клапаны не работают согласно заданным параметрам, процесс осушки может быть нарушен, и установка осушки молекулярными ситами не осушит газ до заданного состава.

## **Выбор клапанов**

Правильный выбор типа переключающих клапанов молекулярных сит является первым шагом к успеху при проектировании системы. Некоторые производители клапанов утверждают, что предлагаемый ими тип клапанов идеально подходит для применения в качестве переключающих клапанов молекулярных сит, однако далеко не все действительно апробированы в эксплуатации. В этих ответственных системах испытывались клапаны различных типов, однако хорошо себя показали лишь некоторые из них. Из всех типов клапанов, применяемых в качестве переключающих клапанов в установках осушки с молекулярными ситами, лучше всего зарекомендовали себя шаровые клапаны с выдвижным штоком. Давайте разберемся, почему:

## **Характерные требования**

В первую очередь, клапан в установке осушки должен обеспечивать герметичность. Если невозможно закрыть клапан герметично, влажный газ через негерметичный клапан будет попадать в сушильную колонну в ходе цикла регенерации. Такая утечка приведет к удлинению цикла регенерации, потерям драгоценной энергии, и помешает полной регенерации адсорбента, что приведет к увеличению эксплуатационных затрат.

Клапан также должен выдерживать высокие температуры регенерации. Учитывая высокие температуры, которые обычно возникают при циклах регенерации, а также временные отклонения от типовых температур, переключающий клапан должен быть рассчитан на максимальную температуру 800 град. F (426 град. C).

Клапаны должны выдерживать частые циклы, характерные для циклов осушки. Например, если система работает в режиме восьмичасового цикла, клапан может переключаться три раза в день, 7 раз в неделю, 365 дней в году. Если плановое техническое обслуживание системы выполняется раз в пять лет, и в программу технического обслуживания входит замена слоев и ремонт переключающих клапанов, клапан может проработать 5500 циклов между ремонтами. Не многие типы клапанов способны выдерживать такое число циклов в горячей, сухой, а иногда и агрессивной среде.

Шаровый клапан с выдвижным штоком обеспечивает герметичное перекрытие потока, выдерживает высокую цикличность и лучше приспособлен к высоким температурам, чем клапаны других типов, применяемые в таких системах. Другие типы клапанов не достигают аналогичных результатов при эксплуатации в установках осушки с молекулярными ситами, поскольку, в отличие от шаровых клапанов с выдвижным штоком, ни один другой тип клапана не обеспечивает герметичное закрытие и работу без трения (отсутствие трения между уплотнительными поверхностями).

## **Распространенные ошибки**

Попытки упростить установку или снизить ее стоимость путем выбора клапана непроверенной конструкции, как правило, дает лишь видимость экономии. Все хотят снизить затраты и получить высококачественный продукт по сниженной цене, однако в случае переключающих клапанов для установки осушки закупка более дешевых изделий обычно оказывается наиболее расточительным вариантом. Джон Рёскин, (8 февраля 1819 г. – 20 января 1900 г.) английский критик и мыслитель, сформулировал это лучше всего:

*Переплачивать неразумно, однако недоплачивать еще хуже. Переплатив, вы потеряете немного денег и всё. Недоплатив же, иногда можно потерять всё, если купленная вещь окажется непригодной для той цели, для которой она была куплена.*

*Общий закон равновесия бизнеса не позволяет получить много, заплатив мало. Так не бывает. Выбирая самое дешевое предложение, следует сделать надбавку на дополнительный риск, с которым оно связано. А в таком случае, сумма окажется достаточной, чтобы приобрести нечто лучшее. (Рёскин)<sup>1</sup>*

Учитывая упомянутые выше условия эксплуатации и характеристики, наиболее экономически эффективным способом сэкономить средства при покупке клапанов для установок осушки является закупка апробированных технологических решений на этапе планирования и строительства установки. Этот подход «купить один раз» почти всегда обеспечит соответствие технологического процесса заданным техническим условиям, со значительным снижением простоев и незапланированных остановов. Помните, что один небольшой сбой производственного процесса сведёт на нет всю возможную экономию от покупки более дешевого клапана.

## **Строительство, ввод в эксплуатацию и пусконаладочные работы**

Этапы строительства, ввода в эксплуатацию и пусконаладочных работ являются ключевыми при начале работы нового завода или системы. Многих распространенных проблем, связанных с переключающими клапанами установок осушки можно избежать путем применения правильных методов и подходов на этапах строительства и ввода объекта в эксплуатацию. Наиболее частой неполадкой клапанов, которая возникает на этапе строительства или ввода в эксплуатацию является попадание в клапаны

посторонних частиц. Эти посторонние частицы, как правило, образуются при монтаже трубной обвязки, на которой установлены клапаны.

Сварочные операции по своей природе являются грязными. Перед монтажом клапанов рекомендуется очистить трубопроводы от сварочного шлака, что лучше всего сделать путем промывки всей системы. Если правильно выполнить операцию по промывке, большая часть загрязнений будет удалена. Приступать к монтажу и эксплуатации клапанов следует только по завершении промывки труб. Если эта важная операция не выполнена, клапаны могут быть повреждены. Чаще всего в трубах и клапанах после строительства обнаруживается сварочный шлак и другой мусор, оставшийся от строительно-монтажных работ.

Твердые частицы сварочного шлака могут повредить покрытия, плакировку и наплавки. Если при закрытии клапана в него попадают твердые частицы, материал клапана может деформироваться, что приведет к нарушению целостности покрытий. Когда такое происходит, покрытия, особенно твердые, такие как покрытия из карбида вольфрама или Stellite®<sup>2</sup>, могут растрескаться и раскрошиться, усугубляя проблему. В результате уплотнительные поверхности клапана получают значительные повреждения. Выкрашивание и отслаивание этих твердых материалов, частицы которых контактируют с другими элементами системы, приводит к еще более серьезным повреждениям.

Ниже приведены примеры повреждений, возникающих из-за наличия сварочного шлака в ходе строительства, обнаруживаемые при вводе в эксплуатацию.

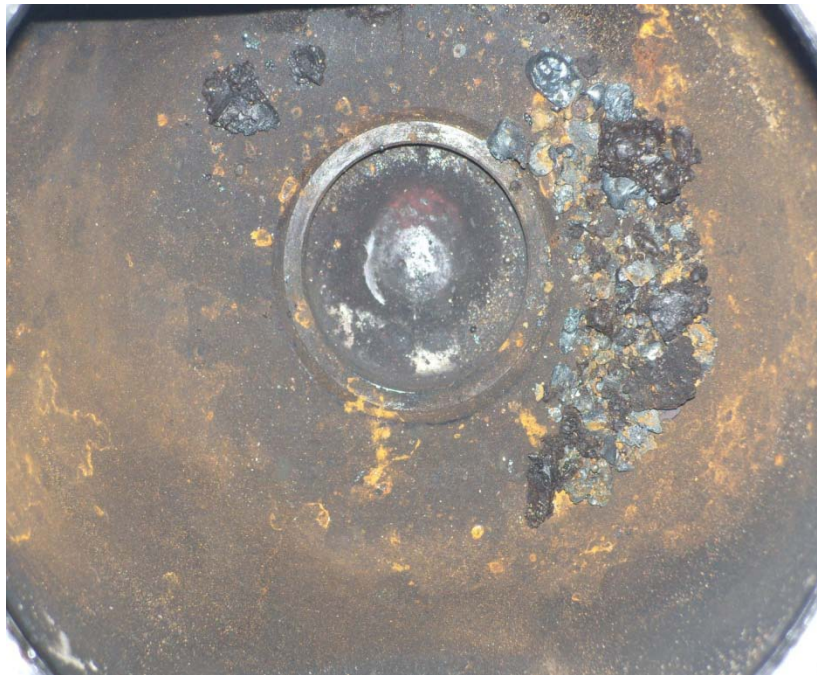


Рис. 2



Рис. 3



На этапе строительства в трубную обвязку часто попадают и другие виды мусора. Это может быть всё что угодно: щепки и куски дерева, банки из-под соков, каски, ручной инструмент или иной мусор, оставленный строительными рабочими. Любые оставленные в трубах предметы могут стать причиной повреждения компонентов клапана. Настоятельно рекомендуется провести тщательный визуальный осмотр трубной обвязки с последующей промывкой системы, чтобы удалить мусор перед монтажом клапанов. Тщательная очистка всей системы является залогом успешного ввода в эксплуатацию.

Большинство переключающих клапанов установок осушки с молекулярными ситами автоматизированы, при этом работа клапана и его параметры непосредственно зависят от исполнительного механизма. Наиболее частым типом приводов, применяемых в данных системах, являются пневматические. При применении пневматических приводов важно, чтобы пневматические линии обеспечивали подачу соответствующего объема приборного воздуха для плавного открытия и закрытия этих клапанов без скачков (без перебоев подачи воздуха в привод). Небольшая экономия путем установки линий меньшего диаметра на этапе строительства может отрицательно повлиять на плавную и эффективную работу ответственных клапанов после ввода завода в эксплуатацию. Если клапаны не работают должным образом — плохо работает вся установка.

Обычной практикой изготовителей исполнительных механизмов является подготовка механизмов к отгрузке путем установки специальных временных заглушек в отверстия механизма, чтобы исключить повреждения в ходе транспортировки и не допустить вытекания масла, применяемого для демпфирования, из соответствующих баллонов или баков. Эти заглушки для транспортировки как правило ясно маркируются, а в ходе эксплуатации применяется постоянная заглушка, которая поставляется с исполнительным механизмом. Если эти транспортные заглушки не удалены, и не заменены соответствующими фитингами, это может отрицательно повлиять на рабочие параметры исполнительного механизма, вплоть до полной потери работоспособности. Кроме того, необходимо обязательно следовать инструкциям по монтажу изготовителя механизма и консультироваться с изготовителем или его представителем в случае возникновения вопросов или проблем.

В тех случаях, когда предпочтительны электрические приводы, важно, чтобы уставки исполнительного механизма соответствовали клапану, на который он установлен. Закрытие некоторых клапанов осуществляется за счет крутящего момента, а других — по положению. Электрический привод обязательно должен быть правильно отрегулирован, иначе клапан может не закрыться или не открыться полностью, что отрицательно скажется на параметрах его работы. Если возникают сомнения, следует проконсультироваться как с изготовителем клапана, так и с изготовителем электрического привода. Неправильные уставки крутящего момента и (или) положения часто возникают, когда эти уставки регулируются на объекте персоналом, не знакомым с порядком эксплуатации клапанов и исполнительных механизмов. Это как правило приводит к неэффективной работе клапана или его повреждению.

## **Эксплуатация**

Из слоев набивки колонны выходит пыль и мелкие частицы, особенно после строительства или реконструкции сушильной колонны с заменой адсорбента. Клапаны, рассчитанные на работу в таких условиях, особенно шаровые клапаны с выдвижным штоком, справляются с нормальными объемами пыли и продолжают работу без сбоев.

После окончания этапов строительства и ввода в эксплуатацию, когда установка эксплуатируется в течение какого-то времени, наиболее распространенной причиной повреждения уплотнительных поверхностей клапана является попадание в клапаны адсорбента молекулярных сит, проходящего через сетчатые фильтры.

Если происходит вынос адсорбента из колонны, он может попасть между уплотнительными поверхностями клапана. Это может привести к повреждению уплотнительных элементов, когда клапан закрывается при попадании в него этого механических частиц и происходит деформация основного материала под твердым покрытием. Нет клапанов, исполнение которых рассчитано на работу при попадании таких посторонних частиц. Решением этой проблемы является правильная укладка адсорбента молекулярных сит и керамических шариков в набивке сушильной колонны и правильная установка сетчатых фильтров.

На рис. 4 показаны фрагменты адсорбента молекулярных сит, которые вылетели из колонны и были обнаружены в клапане выпуска газа.

Рис. 4





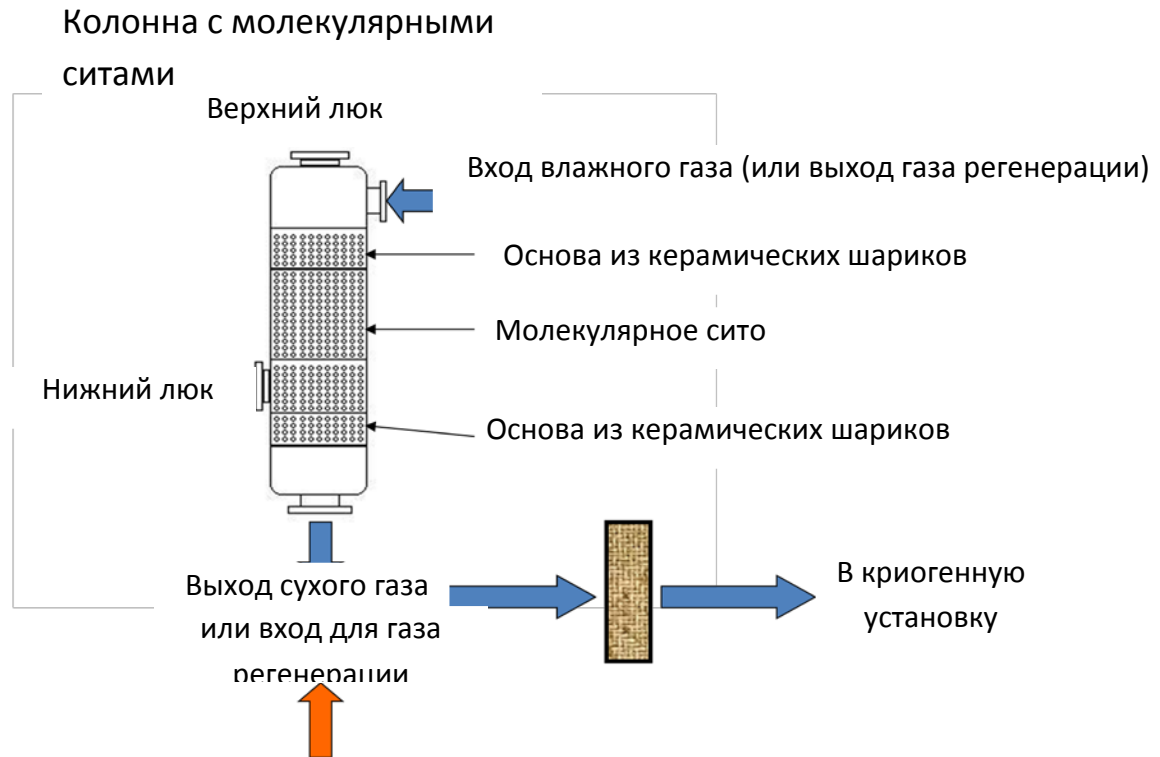
На рис. 5 показаны типичные повреждения седла, вызванные адсорбентом молекулярных сит.

Рис. 5



Обычной практикой является установка специального фильтра из проволочной сетки в нижней части каждой колонны, который собирает все частицы набивки, выносящиеся из колонны. Размер сетки этих фильтров подбирается соответственно применяемому размеру шариков адсорбента, и фильтры эффективно задерживают частицы, проходящие сквозь керамические шарики в сушильную колонну. Проблемы возникают в тех случаях, когда размер частиц и размер фильтра не соответствуют друг другу. Хорошим примером является система, рассчитанная на применение адсорбента, поставляющегося в виде гранул размером 1/16 дюйма. Пока гранулы сохраняют первоначальный размер и форму, всё идет благополучно. Однако из-за внешних воздействий (присутствие жидкостей в подаваемом газе, неправильный выбор адсорбента, механические повреждения вследствие неправильной загрузки и т.д.) адсорбент может крошиться на мелкие фрагменты, которые проходят через сита и попадают на выходные клапаны. На рис. 6 показана типовая колонна с молекулярными ситами.

Рис. 6



После повреждения седла клапана и после того, как утечка через клапан начинает снижать эффективность установки, добросовестные операторы как правило пытаются добиться того, чтобы клапаны закрывались «более герметично». Обычно эти попытки сводятся к увеличению давления на регуляторе воздуха КИП. В результате увеличивается усилие закрывания клапана, что может привести к временному улучшению его герметичности. Однако в долгосрочной перспективе это приводит к дальнейшему повреждению внутренних компонентов клапана и лишь усугубляет проблему.

В некоторых случаях давление воздуха повышается так сильно, что узлы клапана подвергаются адгезионному износу, и клапан может заклинить в закрытом положении. В результате происходит внеплановый останов оборудования, что приводит к потерям продукции. Повышение давления воздуха выше рекомендованного изготовителем значения приводит, в лучшем случае, к быстрому износу, а в худшем — к полному выходу ответственного компонента из строя. Чтобы избежать проблем на установке, достаточно лишь предотвратить вынос частиц адсорбента из колонны.

На рис. 7-9 показаны типичные повреждения компонентов из-за чрезмерного закрывающего усилия.

Рис. 7



Рис. 8



Рис. 9



Еще одной распространенной проблемой при эксплуатации переключающих клапанов является слишком быстрое время срабатывания. Большинство изготовителей клапанов рекомендуют минимальную скорость работы клапана, что означает, что клапан не следует открывать/закрывать быстрее, чем рекомендовано. Эксплуатация клапана со скоростью выше рекомендованной приводит к ускорению износа ответственных элементов клапана и его преждевременному отказу. Скорость открытия и закрытия клапана исполнительным механизмом должна контролироваться приборами (в клапанах с пневматическими исполнительными механизмами). Наиболее эффективным средством контроля скорости являются регулирующие клапаны, устанавливаемые на выходных отверстиях трех- и четырехходовых соленоидных клапанов на приборном щите. Если средства регулировки скорости устанавливаются на линии подачи, исполнительный механизм может недополучать воздух, что приводит к рывкам или неправильному срабатыванию. Установка средств регулировки скорости на выходном отверстии устраняет эту проблему, и позволяет точную регулировку скорости работы клапана. Эта простая, но часто упускаемая деталь может значительно продлить срок эксплуатации клапана.

Режимы повышения и понижения давления в колонне зависят от многих факторов, таких как размер колонны, давление, устройства ограничения расхода и т.д., при этом большинство специалистов сходятся в мнении, что сброс давления в колонне следует осуществлять постепенно, не быстрее чем 50 фунтов на кв. дюйм в минуту.<sup>3</sup> Для постепенного сброса давления в колонне необходима та или иная форма регулировки расхода, а если расход не учитывается, и соответствующее устройство ограничения расхода не предусмотрено в ходе проектирования установки, при открытии клапана сброса давления могут возникать высокие скорости потока. Если высокие значения расхода не учитываются на этапе проектирования, высока вероятность повреждения клапана сброса давления. Решением является учет потенциальных расходов в линии

сброса давления и установка соответствующих устройств ограничения расхода. Изменение материала исполнения клапана не решает эту проблему.

## **Капитальные ремонты, остановы, ремонт и техническое обслуживание**

После ввода установки в эксплуатацию и устранения всех дефектов, обнаруженных по завершении строительства и ввода в эксплуатацию, установка осушки обычно непрерывно работает в течение длительного времени, до пяти лет или больше. Со временем набивка требует восстановления, и назначается капитальный ремонт. В ходе капитального ремонта с экономической точки зрения целесообразно провести проверку и ремонт всего оборудования системы, чтобы следующий цикл работы был длительным и бесперебойным.

Чтобы обеспечить правильную работу установки, восстановление набивки следует выполнять на том же уровне тщательности и внимания, как и в ходе строительства. Необходимо извлечь и заменить керамические шары и адсорбент, чтобы проверить и заменить сетчатые фильтры и всю набивку. Зачастую при вводе в эксплуатацию оператор сталкивается с такими же проблемами, как и в ходе первоначального запуска установки. Загрузка керамических шаров и адсорбента является важной задачей, и необходимо проявлять осторожность и следить за тем, чтобы не допускать выноса керамических шаров и адсорбента из колонны и их попадания в клапаны. Несмотря на то, что это может показаться элементарным, многим операторам приходится заново вспоминать этот опыт, полученный при первом запуске, после капитального ремонта.

Общепринятой и настоятельно рекомендуемой практикой является восстановление переключающих клапанов в ходе капитального ремонта. Как упоминалось ранее, эти клапаны являются критически важными для работы системы и работают в не менее жестких условиях, чем сама колонна.

Существует две точки зрения на объем ремонтных работ, который следует выполнять в ходе капитального ремонта. Одна точка зрения заключается в том, что следует провести проверку и заменить только те компоненты, которые обнаруживают признаки повреждения или износа. Этот подход имеет смысл только в тех случаях, когда сервисная поддержка и запасные части легкодоступны. По мере необходимости можно заказать дополнительные запасные части и вызвать сервисный персонал. Если выбран такой подход, следует убедиться в наличии запасных частей и возможности их замены в заданные сроки. Если установка находится в изолированном месте, куда затруднен ввоз запасных частей и существуют трудности с получением виз для сервисного персонала, или же применяются специальные узлы клапанов (особые материалы, размеры, класс давления и т.д.), такой подход менее целесообразен.

Альтернативный подход заключается в том, чтобы подготовиться к замене всех компонентов клапана и собрать все необходимые части до останова. Хотя такой подход представляется наиболее дорогим, он может обеспечить экономию в долгосрочной перспективе благодаря исключению дорогостоящих простоев. У обоих подходов есть свои достоинства, каждый оператор должен решить, что лучше соответствует его деятельности.

Помимо клапанов, следует также уделить внимание исполнительным механизмам. Вне зависимости от типа — электрического или пневматического — привод является важным компонентом успешной эксплуатации установки осушки. Сосредоточившись на ремонте колонны и клапанов, можно полностью забыть о приводах. Лучше всего проконсультироваться с изготовителем исполнительного механизма и запросить у него рекомендации относительно частоты технического обслуживания или ремонта, а также запасных частей, которые следует иметь в наличии. Помните, что неисправный привод так же быстро приводит к выводу установки из эксплуатации, как и любой другой неисправный ответственный компонент.

Кроме того, настоятельно рекомендуется, чтобы персонал, выбранный для проведения ремонта клапанов и исполнительных механизмов, обладал необходимой для этого квалификацией. Любая компания может заявить, что обладает квалификацией необходимой для ремонта клапанов и исполнительных механизмов согласно заводским техническим условиям; однако лишь немногие прошли необходимое обучение на заводе или имеют необходимую квалификацию. Небольшая экономия на ремонте может привести к значительным потерям в будущем из-за внеплановых остановов или плохой работы отремонтированных клапанов и исполнительных механизмов. Покупатель должен быть настороже!

Еще одним способом продления срока эксплуатации клапана и (или) предотвращения «звонков среди ночи» является плановое профилактическое техническое обслуживание. Изготовители клапанов и исполнительных механизмов рекомендуют графики профилактического технического обслуживания своей продукции, причем такие графики основываются на опыте, накопленном за многие годы. Следование этим рекомендациям позволит сэкономить гораздо больше, чем вы затратите, и является выгодным капиталовложением.

## **Выводы**

Продление срока службы переключающих клапанов, применяемых в установках осушки молекулярными ситами, не представляет собой крайне сложной задачи, достаточно лишь обратить внимание на некоторые простые задачи.

1. Монтировать клапаны в систему после очистки.
2. Следить за тем, чтобы молекулярно-ситовый осушитель и керамические шарики оставались в сушильной колонне.
3. Поддерживать рекомендованное давление воздуха в исполнительном механизме, чтобы обеспечивать соответствующее закрывающее усилие (и не превышать его).
4. Контролировать скорость срабатывания в соответствии с рекомендациями изготовителя.
5. Обеспечивать установку трубной обвязки КИП надлежащего диаметра.
6. Соблюдать требования изготовителя по программе профилактического технического обслуживания.
7. Выполнять надлежащий ремонт клапанов и исполнительных механизмов, согласно рекомендованным изготовителем инструкциям.

8. Консультироваться с изготовителем клапана и исполнительного механизма по выбору соответствующих частей для ремонта.

Если соблюдать эти простые правила, можно существенно продлить срок службы переключающих клапанов установки осушки молекулярными ситами и улучшить их рабочие параметры.

---

<sup>1</sup> Ruskin, John. Common Law of Business (Рёскин, Джон. Общий закон бизнеса)

<sup>2</sup> Stellite является торговой маркой компании Deloro Stellite

<sup>3</sup> Ассоциация компаний поставщиков оборудования для обработки газа. (2004) Сборник технических данных. 12<sup>е</sup> издание. (Том 1, разделы 1-15). Талса, штат Оклахома. Ассоциация компаний поставщиков оборудования для обработки газа

## **Об авторе**

Майк Вуд в настоящее время является менеджером по коммерческому развитию и занимается рынками сбыта клапанов марки Orbit корпорации «Кэмерон Интернэшнл» в отраслях переработки газа и производства СПГ. Он начал свою профессиональную карьеру в компании Orbit Valve в июне 1974 г. и работал на различных руководящих должностях, в том числе в Венесуэле, на его счету развитие вторичного рынка в г. Пойнт-Лизас, Тринидад, г. Чэнду, Китай и г. Эдмонтон, провинция Альберта. Он проработал 15 лет в подразделении вторичного рынка компаний Orbit/Cameron, тесно сотрудничая с заказчиками из различных стран мира в области качества, проектных решений и рабочих параметров, связанных с клапанами. Майк пользуется большим уважением в отрасли производства клапанов, как специалист по шаровым клапанам с выдвижным штоком, особенно в части исследований и ремонта клапанов в нефтегазоперерабатывающей промышленности. Обладая совокупным опытом работы с клапанами, исполнительными механизмами и технологическими процессами более 36 лет, Майк предоставляет широкий выбор решений в области механического оборудования и автоматизированных систем, где заказчики из газоперерабатывающей промышленности применяют ответственные клапаны.