

## МНЕНИЕ СПЕЦИАЛИСТА: О СИТУАЦИЯХ, КОГДА РЕГУЛИРУЮЩИЙ КЛАПАН НЕ ОТВЕЧАЕТ ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫМ ТРЕБОВАНИЯМ

Журнал «Автоматизация в промышленности»

*Сформулированы возможные неблагоприятные ситуации, встречающиеся после установки регулирующего клапана. Приведены рекомендации экспертов по нормализации работы системы автоматизации.*

*Ключевые слова: регулирующий орган, исполнительный механизм, позиционер, беспроводные технологии, самонастройка, диагностика, модульность.*

Клапан в сборке (регулирующий орган, исполнительный механизм, позиционер, указатель положения и прочее навесное оборудование) становится все сложнее. Известны случаи, когда регулирующий клапан в комплекте с позиционером приобретает новые функции, а именно функции контроллера и измерительного преобразователя. Соответственно стоимость такого клапана существенно увеличивается. Поэтому очень важно правильно выбрать размер клапана и его характеристики. Укажем две распространенные ошибки в процессе расчета и выбора регулирующего клапана: ошибка при выборе перепада давления, который имеет место при максимальном расходе, и ошибка при выборе пропускной характеристики.

Ошибка при определении перепада давления на регулирующем клапане при максимальном расходе довольно часто объясняется формой опросного листа. Форма должна быть такой, чтобы у заказчика не возникло сомнений при его заполнении. В качестве примера может быть (и должна быть) выбрана форма, представленная в обзоре по регулирующим клапанам (№ 10, 2016 г.) в виде таблицы. Применение этой таблицы для представления перепада давления на регулирующем клапане позволило бы избежать многих неприятностей.

Ошибка при выборе пропускной характеристики чаще всего заключается в том, что выбирается линейная пропускная характеристика вместо равнопроцентной или какой-либо специальной характеристики. Хотя известно, что в большинстве случаев именно равнопроцентная пропускная характеристика является предпочтительной.

Из-за этих ошибок после установки регулирующего клапана на рабочее место часто возникают различные неблагоприятные обстоятельства, например:

- 1) клапан завышен по размеру. Он работает в положении близ полного закрытия;
- 2) пропускная способность клапана недостаточна. Он не пропускает нужного количества жидкости;
- 3) клапан совершает колебательные движения;
- 4) регулирующий клапан не обеспечивает требуемый динамический диапазон по расходу;
- 5) высокий уровень кавитации или шума.

Что делать в такой неблагоприятной ситуации: уже установленный регулирующий клапан не отвечает предъявляемым требованиям? Что можно здесь заранее предвидеть? Какие еще «инструменты» можно применить в подобных случаях?

Эти вопросы были сформулированы в прошлом номере журнала (№ 10, 2016 г.). Были получены подробные комментарии специалистов.

В новом выпуске журнала редакция просит заинтересованных авторов и читателей рассмотреть вопрос об ошибках при выборе клапана и ответить на следующие вопросы.

1) Возникали ли ошибки при выборе клапана из-за неправильного задания заказчиком перепада давления на регулирующем клапане?

2) Имели ли место ситуации, когда:

а) приходилось менять регулирующий клапан целиком (на клапан иного размера или иной конструкции)?

б) устранение ошибки удавалось добиться заменой только затвора клапана; заменой затвора и седла клапана;

в) устранение ошибки удавалось добиться заменой пропускной характеристики клапана;

г) устранение ошибки удавалось добиться вводом в проточную часть регулирующего клапана антикавитационных или антишумовых элементов;

д) устранение ошибки удавалось добиться вводом в трубопровод после регулирующего клапана дополнительных каскадов дросселирования?

е) устранение ошибки удавалось добиться без замены или модификации клапана за счет байпаса регулирующего клапана?

3) Какие еще способы или устройства использовались в подобных случаях?

В обсуждении принимают участие эксперты:

*Антонов Алексей Николаевич — начальник производства ООО «Простор-Автоматика»;*

*Антипов Евгений Иванович — руководитель проектов Flow Control ООО «Метсо»;*

*Ланшаков Денис Евгеньевич — канд. техн. наук, инженер ООО «Вентар»;*

*Новожилов Алексей Викторович — механик цеха № 45 «Службы главного метролога» ООО «КИНЕФ»;*

*Спаский Александр Сергеевич — канд. техн. наук, ведущий специалист АО «Хоневелл».*

**Новожилов А. В. (ООО «КИНЕФ»)** 1) Ошибки при выборе регулирующего клапана в практике возникали. Но, на мой взгляд, вопрос сформулирован очень узко. Заказчиком (будь это проектное управление предприятия или просто технологический персонал), как правило, формируются опросные листы на замену единичных позиций или замену уже существующих клапанов, которые

отработали свой нормативный срок. Также известны ситуации, когда при проектировании вновь строящихся технологических установок опросные листы заполняют проектные организации. Во избежание ошибок при выборе клапана необходимо: а) участие специалистов от фирм поставщиков с выездом на площадку заказчика. Тем самым устраняется порядка 99% ошибок при проработке клапанов; б) проведение технических совещаний проектных организаций совместно с заказчиком и поставщиками оборудования; в) детальная проработка технических требований со стороны заказчика, тем самым, поставщик оборудования заранее понимает приоритеты заказчика и подходы к выбору типа арматуры.

2а) По существующей площадке менять клапан целиком не приходилось. Это больше касается вновь строящихся объектов. Как пример, строительство комплекса глубокой переработки нефти, из 1800 единиц оборудования заменено и дополнено порядка 66 клапанов. Много это или мало при таких объемах проектирования? Важен другой вопрос, кто несет ответственность за замену (тем более, если клапан сварной, а не фланцевый), если клапан неправильно рассчитан или дополнительно появляются позиции, ведь это влечет за собой дополнительные затраты времени для поставки и монтажа оборудования. А почему речь идет только о клапанах, ведь на данный момент остро стоят вопросы при проработке отсекаелей. Да, данный тип арматуры проще в расчетах, но в связи с изменяемыми требованиями по типам уплотнения выбор типа оборудования не так уж сложен. Для выбора — поворотные заслонки, сегментные клапаны или шаровые краны. Основные проблемы отсечных клапанов это: длительная работа клапана в одном положении, отсюда — отложение на клапане механических примесей и, как следствие, заклинивание. Возникает также вопрос габаритных размеров поршневых приводов и веса шаровых кранов большого диаметра с уплотнением металл-металл.

Конструктивно регулирующие клапаны не менялись, а вот касательно отсечных клапанов, такая работа проводилась. Как описано в предыдущем ответе, шаровые краны большого диаметра имеют большой процент подклинивания. По части позиций произвели замену поршневых приводов на приводы с большим моментом и на самых ответственных позициях произвели замену на другой тип оборудования, а именно: на шаровые краны с поступательным движением штока (тип RSBV, производители фирмы Nether Seal и Control Seal).

2б) Замена затвора клапана — самая распространенная работа для устранения ошибки расчета, но, как правило, плунжерная пара меняется в сборе (седло, плунжер и клетка, если это требуется конструкцией клапана), и в 99% именно это и помогает вывести клапан в стабильную работу, а также в зону регулирования.

2в) Касательно замены пропускных характеристик клапана — делаем это очень редко. Необходимо понимать, что у различных производителей свой подход к реализации данного вопроса. Кто-то решает это

с помощью позиционера, а кто-то в «железе», непосредственно плунжерной парой.

2г) В ООО «КИНЕФ» сложилась своего рода традиция борьбы с антикавитационными (клеточными) и, тем более, антишумовыми плунжерными парами. Причина в том, что поставщик, который осуществляет расчет, проработку и непосредственно поставку регулирующего клапана, как правило, не афиширует, какая плунжерная пара установлена. И только взгляд специалиста может идентифицировать данный аспект (мы это контролируем на момент проверки технических предложений). Но после того, как осуществлена поставка клапана, выполнен монтаж и клапан включен в работу, и в процессе короткого времени выявляется что: а) он медленно, но верно забивается, и требуется постоянная чистка клетки, б) расчет выполнен на максимальный расход и перепад, а он бывает кратковременно и один раз в два года, в) уровень шума можно было превысить на 2...3 дБ и исключить использование антишумовой конструкции, г) на момент проектирования, зная о применении клеточной конструкции плунжерной пары, можно было запроектировать конусный фильтр. Как правило, это касается антишумовых клеток, но и в подборе антикавитационных плунжерных пар есть выбор: чтобы не устанавливать клеточную конструкцию, можно использовать трех или пяти стадийные плунжерные пары. Также необходимо отметить, что очень редко в опросном листе на клапан указывается наличие механических примесей, а таких случаев немало.

2д) Дополнительные каскады мы монтировали только на клапанах поворотного типа Camflex, а именно: применяли дроссельные шайбы для уменьшения кавитации на клапане. Повторюсь, что при заполнении опросного листа и при расчете дроссельной шайбы редко указывается наличие механических примесей.

2е) В ООО «КИНЕФ» есть правило: все байпасные задвижки должны быть закрыты. Если задвижка открыта, или клапан работает вне зоны регулирования, то следует проводить работу по модернизации клапана и устранению замечаний.

3) На ряде позиций из-за неправильного расчета проводилась замена привода на более мощный.

В заключение подытожим сказанное следующими выводами.

— Необходимо детально разрабатывать технические требования на поставляемое оборудование для каждого предприятия.

— Прорабатывать опросные листы совместно с проектными организациями и по возможности с поставщиками оборудования.

— При частичной замене существующего оборудования проводить обследования непосредственно на технологических объектах.

— Разумно и оптимально исключить удешевление оборудования (при подготовке тендеров) за счет упрощения конструкций и использования более дешевых материалов.

ООО «КИНЕФ» одним из первых предприятий России начало массовое применение интеллектуальных позиционеров на регулирующих клапанах. Начиная с 2005 г. предприятие полностью перешло на применение диагностики клапанов, используя позиционер, а также диагностические комплексы там, где применяются пневматические и электропневматические позиционеры. Мы обсуждаем актуальность диагностики отсечных клапанов, регулирующей арматуры, но важность и тем более ответственность отсечной арматуры зачастую выше регулирующей. Часть фирм двигается в направлении решения задач по проверке отсекаелей на частичный ход, но один из основных вопросов — это исключение демонтажа-монтажа отсекаеля при каждом ремонте технологического объекта для подтверждения класса герметичности.

**Антюнов Е. И. (ООО «Метсо»)** Нелишне еще раз остановиться на источниках проблем, возникающих при выборе и эксплуатации регулирующих клапанов. С одной стороны, это недостаточная, иногда некорректная информация проектирующих организаций о режимах регулирования, характеристике среды, часто завышенные требования по диапазону регулирования. Критическими являются значения перепадов давления на всех режимах, часто отсутствие плотности для газов, давления собственных паров для жидкостей, особенно для широких фракций, вязкости для высококипящих фракций. Число режимов для корректного выбора регулятора должно удовлетворять следующим требованиям: охватывать реальный диапазон расходов, содержать критические стационарные режимы с точки зрения перепадов давления и расходов. Распространенным и необоснованным требованием является собственная линейная характеристика регулирующего клапана при сопутствующем широком диапазоне регулирования без учета возможностей корректировки равнопроцентной характеристики в заданном диапазоне при помощи интеллектуального позиционера.

С другой стороны, это некорректный расчет регулирующих клапанов либо из-за недостатка данных, либо из-за отсутствия характеристик сред в базе данных программ расчета фирм-поставщиков. Программы расчета имеют следующие недостатки: рассчитываются стационарные режимы без учета переходных процессов, смеси и широкие фракции рассчитываются как индивидуальные вещества по усредненным характеристикам, что при реальной эксплуатации может привести к необходимости изменения конструктива или применению другого типа клапана. Для повышения конкурентоспособности своего предложения зачастую поставщик формирует предложение регулирующего клапана, особенно с линейной характеристикой, с пропускной способностью на верхнем допустимом пределе диапазона регулирования, что скорее всего, приведет к необходимости его замены.

Особого подхода требует антипомпажное регулирование. Для него критичным является сочетание

в одном регуляторе максимальной пропускной способности в случае аварийной ситуации с качественным регулированием при малом перепуске при подходе к зоне помпажа. Кроме того, требуется наличие эффективных шумоподавляющих устройств. Это иногда трудновыполнимо или приводит к неправильным решениям, особенно при неверных исходных данных. Наиболее распространенными ошибками при расчетах регулирующих клапанов является отсутствие данных о наличии конденсата в газовой среде и газовой фазы в потоке жидкости. В этих случаях расчет проводится для двухфазной системы с существенным отличием результата расчета по диаметру и пропускной способности.

Ответы на вопросы об ошибках при выборе клапана.

1. Неправильный перепад давления, как правило, корректируется в последующих ревизиях опросного листа (ОЛ), которых иногда бывает до 10 ед.

2. Замена регуляторов целиком на другие размеры последний раз была 8 лет назад из-за ошибок проектанта. С тех пор уровень проектирования существенно вырос (не у всех).

3. Замена регуляторов целиком на другую конструкцию имела единичный случай из-за отсутствия данных в ОЛ об агрессивности среды.

4. Замена затворов возможна только на некоторых типах клапанов, имеющих дискретные сужения, и происходила при реконструкции установок с увеличением производительности после продолжительной эксплуатации.

5. Случаев замены затвора и седла клапанов не было.

6. Замена пропускной характеристики клапана происходила только при изменении данных ОЛ на стадии формирования предложения.

7. Дополнительное введение антикавитационных и антишумовых элементов при сохранении диаметра регулятора маловероятно из-за уменьшения при этом пропускной способности. Этим случаев не было. Предложение таких конструкций происходило при изменении режимов в ОЛ.

8. Предложения регуляторов с дополнительными устройствами после клапана происходило при формировании предложения на основе требований ОЛ.

9. На применение байпаса регулирующего клапана вряд ли можно получить разрешение заказчика, разве как временную меру в пиковой ситуации. Таких случаев не было.

В заключение несколько рекомендаций, которых мы придерживаемся: получить от заказчика максимально полную информацию об объекте; никогда не предлагать оборудования, несмотря на заманчивость запроса, если Вы гарантированно не можете обеспечить все требования заказчика. Тем самым Вы избежите ошибок и сохраните доброе имя.

**Спасский А. С. (АО «Хоневелл»)**. Если кратко отвечать на поставленный вопрос, то следует учесть целый спектр требований (иногда конкурирующих между собой) и произвести корректную оценку регу-

лирующего клапана выбранного производителя. Для этого необходимо иметь объективные данные технологического процесса, включая:

- характеристики среды (природы регулируемого потока, плотность, вязкость, парциальное давление насыщенных паров в условиях номинального расхода;

- требуемый диапазон изменения расхода (обычно указывается минимальный, номинальный и максимальный);

- физические условия (давление, температура, перепад давления на клапане). Перепад давлений является очень важным параметром, который непосредственно определяет пропускную способность клапана, исчисляемую как  $Kvs$  в метрической системе величин или  $CV$ , принятой в англо-американской практике. Пропускная способность должна соответствовать штатному ряду завода изготовителя и иметь запас, как правило, в 10...20% от расчетного значения. Иногда получаемое значение пропускной способности ведет к существенному (более чем в 2 раза) заужению технологического трубопровода, что может нарушить действующие нормы. В таком случае принимается полиативное решение и запас по  $Kvs$  может достигать до 60%.

- учесть материальное исполнение клапана и навесного оборудования в соответствии с условиями эксплуатации. Оно должно быть коррозионно стойким, термо (крио) стойким.

- выбрать вид, категорию и форму сопрягаемых поверхностей установочных параметров клапана. Сварное, фланцевое, безфланцевое (обжимное), резьбовое, быстроразъемное (санитарное), типа Gray Lock для очень тяжелых условий эксплуатации. Категория или условное давление  $P_u$  ( $PN$ ) должны обеспечивать безаварийную работу технологического оборудования во всех случаях, кроме катастрофических. Категория или условное давление выбираются по соответствующему стандарту ГОСТ, EN, ANSI и др.;

- учесть ограничения на предельный уровень шума при максимальном расходе через клапан;

- учесть требуемый уровень взрывозащиты и наличие соответствующих сертификатов у производителя клапанов и навесного оборудования;

- необходимо очень подробно обосновать выбор типа затвора и его характеристики. Выбранный вариант затвора должен обеспечивать устойчивую работу клапана для всех заданных условий изменения технологических показателей регулируемой среды, то есть без кавитации, вибрации, избыточного шума. Наиболее распространенными являются затворы типа плунжер-седло (в подъемных и поворотных, сегментных клапанах), затворы клеточного типа, тарельчатого типа, специальные антикавитационные и антишумовые насадки. Здесь очень важно выбрать именно то, что требуется в действительности. Любой перебор будет означать удорожание клапана и соответственно потерю его привлекательности у потребителя;

- отдельно следует остановиться на выборе характеристики затвора, когда производится выбор линей-

*Уважение к чуждому мнению, уму — признак своего.*

Гуань Инь Цзы

ной или равнопроцентной (параболической) формы огибающей плунжера. Предпочтения здесь нет, поскольку жидкие стабильные (невскипающие) среды регулируются, как правило, линейным плунжером, а газы, их смеси, вскипающие жидкости и пар (в том числе и водяной) — соответственно равнопроцентным затвором;

- производится выбор степени протечки затвора в закрытом состоянии клапана. Если клапан выполняет только регулирующие функции, тогда достаточно IV класса, что соответствует 0,01% от  $Kvs$ . Поскольку на серьезных и опасных производствах действует строгое правило по разделению оборудования КИП и А с функциями управления и функциями защит и блокировок, запорно-регулирующие клапаны используются редко и преимущественно там, где условия компоновки коммуникаций не позволяют установить два отдельных клапана — регулирующий и запорный. В случае использования запорно-регулирующей арматуры требуется более высокий VI класс протечки (в России класс А), что соответствует 0,001% от  $Kvs$ . В связи с этим нельзя не упомянуть клапан с балансом по давлению. Это решение позволяет разгрузить исполнительный механизм клапана, что особенно актуально для больших по размеру клапанов с  $\geq Du 200$ . Конструкция такого клапана обеспечивает класс протечки на уровне 0,5% от  $Kvs$ ;

- в отдельных случаях, при значительных перепадах давления на клапане, может оказаться более эффективным использование дросселирующих элементов, которые устанавливаются до регулирующего клапана. Таким образом работа клапана может быть переведена из экстремальных в штатные условия эксплуатации и соответственно может быть применено менее дорогостоящее конструктивное решение;

- необходимо использовать для проведения расчетов регулирующего клапана фирменное программное обеспечение того производителя, который был выбран в качестве потенциального поставщика. Это не исключает использование других источников, позволяющих оценить основные параметры клапана в виде таблиц графиков или номограмм. При этом важным, но банальным по сути является корректное соблюдение размерностей применяемых для расчета величин.

**Антонов А. Н. (ООО «Простор-Автоматика»)**

1) По поводу неправильного выбора размера регулирующего клапана можно сказать следующее. Когда заказчик подписал заполненный опросный лист, он фактически выдал техническое задание на расчет и изготовление регулирующего клапана. Как правило, составитель опросного листа напрямую не связан с теми, кто этот клапан будет монтировать и эксплуатировать. Поэтому, когда в ходе расчетов  $Kvu$  и подборе  $Du$  возникают явные несоответствия с диаметром трубопрово-

да и реальным расходом, изготовитель пытается выйти на заказчика с целью корректировки задания или с рекомендациями по заданию перепада давления. Такие переговоры иногда заходят в тупик, и изготовителю приходится брать на себя ответственность за подбор оборудования. В таких случаях исполнительный механизм рассчитывается и выбирается с полуторакратным коэффициентом запаса. Также мы поступаем и с выбором пропускной способности и диаметра условного прохода. Таким образом, вероятность ошибки при выборе клапана значительно снижается.

При этом надо понимать, что если реальный перепад давления отличается значительно от принятой для расчета величины, то сильно изменяется и расчетное усилие на плунжер клапана, что в свою очередь приводит к существенной ошибке при выборе усилия (нагрузки) для закрытия и открытия клапана. А это, в свою очередь, ведет к необходимости замены исполнительного механизма, хотя в большинстве случаев этого можно было бы избежать за счет разгрузки дроссельной пары либо достоверного соблюдения перепада давления.

2а) Ситуация с резким завышением размера клапана происходит редко, в основном когда заказчик настаивает на пропускной способности клапана, выбранной без учета дополнительных существенных параметров (вязкость, парциальное давление и т. д.). В таких случаях заказчик полностью оплачивает свои ошибки и производит замену за свой счет.

Целиком клапан менять приходилось исключительно, когда заказчик не указывал температурный режим среды или ее состав, включая абразивные составляющие. В этом случае приходилось при выезде на место предлагать вместо клапана шлангового футерованный, вместо футерованного клапан со стеллитовой наплавкой дроссельной пары, вместо КМР шланговый и т. д. В среднем это  $\leq 5\%$  случаев так называемых рекламаций.

2б) Замена только затвора клапана не производится, так как затвор притирается в паре с седлом. А в этом случае возможна работа по переточке внутренних габаритов корпуса клапана.

2в) Имеют место ситуации, когда в клапане необходима замена дроссельной пары (затвор — седло) для изменения условной пропускной способности или пропускной характеристики клапана. В этом случае изготовителю не составляет особого труда по своим чертежам и расчетам поставить заказчику в существующий корпус необходимые детали.

2г) Бывают ситуации, при которых замена дроссельного устройства или установка антикавитационной сетки в корпус клапана решали проблему с шумом или кавитацией.

2 д) При большом перепаде давления возникает необходимость использования системы каскадного дросселирования.

2 е) Байпас используется при отключении клапана для его последующего ремонта. Но в исключительных случаях, в рискованной ситуации это возможно. Если клапан подобран неверно и регулирует в состоянии практически полного закрытия (открытия), то использование байпасной линии может быть оправдано, например, при использовании футерованных клапанов, чей Ду ограничен возможностями применения корпусных деталей из цельного фторопласта.

*Ланшаков Д.Е. (ООО «Вентар»).* 1) Ошибки при выборе клапана из-за неправильного задания заказчиком перепада давления на регулирующем клапане возникают достаточно редко и связаны они, прежде всего, с рабочей средой, которая при большом перепаде давления переходит в другое агрегатное состояние.

2а) Менять регулирующий клапан целиком не приходилось, так как при подборе регулирующей арматуры рассматривается расширенный диапазон регулирования, а также просчитываются возможные варианты отклонений от данных опросного листа.

2б) Встречались ситуации, когда устранение ошибки удавалось добиться заменой затвора и седла клапана.

Например, когда в процессе эксплуатации заказчиком принималось решение об увеличении или уменьшении значения пропускной способности клапана.

2д) Также были ситуации, когда устранения ошибки удавалось добиться вводом в трубопровод после регулирующего клапана дополнительных каскадов дросселирования. Например, с целью сокращения ошибки и дрейфа значения технологического параметра после регулирующего клапана устанавливали перепускной клапан.

3) Как правило, в решении проблем, связанных с ошибочным выбором регулирующего клапана, часто помогает тонкая настройка позиционера, например, изменение кривой регулирования и/или ограничение хода штока при работе клапана по сигналу внешней уставки.

Однако бывают ситуации, когда замена другого элемента трубопроводной системы помогает устранить ошибку в неправильном выборе клапана. Например, при установке регулирующего клапана с достаточно большой пропускной способностью на паропровод перед теплообменным оборудованием температура продукта имела большую относительную погрешность. В результате технико-экономического анализа с нашей стороны было предложено бюджетное решение данной технологической проблемы, которое подразумевало установку конденсатоотводчика с меньшей пропускной способностью. Это позволило во время технологического процесса частичное затопление теплообменного оборудования, в результате чего относительная погрешность в нагреве продукта перешла в допустимый диапазон.

*Редакция выражает благодарность нашим экспертам Антипову Е.И., Антонову А.Н., Ланшакову Д.Е., Новожилу А.В. и Спасскому А.С. за участие в обсуждении и предоставленные материалы. Контактный телефон редакции (495) 334-91-30.*