

От редакции

Оригинальная статья была опубликована в журнале Valve Magazine, Spring, 2016, с. 25, издаваемом Американской Ассоциацией Арматуростроителей (www.vma.org). Перевод Т.С. Складовой.

ОГРАНИЧЕНИЯ в применении клапанов с ручным управлением в условиях дросселирования

Richard Von Brecht

ПРЕДМЕТ

Когда запорные клапаны с ручным управлением попадают в условия с большими перепадами давления или оказываются в роли дросселя при давлениях, близких к давлению насыщенного пара, они выходят из строя, особенно если используются на байпасах регулирующих клапанов.

ОСНОВНЫЕ ТЕМЫ:

- Варианты отказов.
- Как рассчитать устойчивость.
- Рекомендации и соображения.

ВЫВОД

Дроссельные клапаны с ручным управлением должны иметь такие же характеристики и параметры узла затвора, что и регулирующие клапаны, на байпасах которых они установлены.

» Применение клапанов с маховиком для регулирования потоков – обычная практика на промышленных предприятиях. Эта арматура достаточно простая, с резьбовым выдвигным штоком, который сажает золотник на седло, двигаясь параллельно потоку среды. По большей части такая практика вполне эффективна. Однако, в некоторых важных случаях подобные клапаны отказывают, в частности, если используются в качестве байпасных на обвязках регулирую-

щих клапанов. И тогда применять ручные клапаны следует с большой осторожностью.

Клапаны с ручным управлением производятся в соответствии с требованиями ряда стандартов. Клапаны на четыре дюйма и менее обычно изготавливаются из поковок по стандарту API 602, клапаны большего размера должны отвечать требованиям API 623.

В этих стандартах определены минимальные диаметры штока и проходного сечения, а также требования

к сальниковой коробке. Клапаны, изготовленные по требованиям API различными производителями, взаимозаменяемы.

Отказы

Поскольку клапаны с ручным управлением – продукт бюджетный (минимум функциональности по как можно более низкой цене), конструкция большинства из них не отличается излишествами по отношению к минимальным требованиям стандартов.



Об авторе

Richard von Brecht – заместитель начальника систем управления в хьюстонском офисе Bechtel*. Он имеет более чем 40-летний опыт в проектах, связанных с применением арматуры. В его обязанности входили разработка и пуск многих нефтеперерабатывающих и нефтехимических производств, он является представителем Bechtel в подкомитете API «Системы управления и КИП». Связаться с ним можно по адресу: rcvonbre@bechtel.com.

* Крупнейшая американская инженерно-строительная компания, четвертая по величине частная компания в США (прим. ред.).

И в умеренных условиях эксплуатации они работают вполне приемлемо. Но если такому клапану придется столкнуться с повышенным перепадом давления или с дросселированием жидкой среды при давлении, близком к давлению парообразования, случится отказ. Ниже указаны виды отказов, наблюдававшихся на практике:

- Повреждение сальника, приводящее к утечкам рабочей среды.
- Повреждение седла, из-за чего клапан пропускает среду через затвор.
- Золотник отрывается от штока.
- Поломка штока.
- Возгорание по штоку в легких углеводородах.
- Повреждение трубопровода с потерей способности держать давление.

Рекомендации стандартов

Указания, где и как следует применять запорные клапаны с ручным управлением, хотя и содержатся в нескольких стандартах, но очень нечеткие. В части использования таких клапанов в качестве дроссельных они простираются от строгих рекомендаций до умеренных предостережений.

Наиболее толковым руководством по применению ручных клапанов является API RP 615. Раздел 5.3 этого стандарта допускает применение запорных клапанов в качестве регулирующих устройств, но в пункте 5.3.3 указаны некоторые из проблем, которые могут возникнуть при применении клапанов не по назначению.

Механизм отказа клапанов

По опыту, рассматриваемые клапаны могут потерять устойчивость при степени открытия 20% и меньше. Исследования регулирующей арматуры показывают, что обычные¹ клапаны при таких подъемах штока попадают в резонанс. Это случается как на газобразных, так и на жидких рабочих средах. Резонанс или вибрация плунжера вызывается чередованием зон высокого давления, генерируемых с обеих сторон плунжера, – это явление известно как вихреобразование².

Собственная частота плунжера пропорциональна квадратному корню из коэффициента жесткости, отнесенного к массе:

$$\omega = 0,15 \sqrt{\frac{kG}{W}}$$

где:

- ω – собственная частота плунжера;
- k – коэффициент жёсткости;
- G – гравитационная постоянная;
- W – масса плунжера.

Для целей данного обсуждения жесткость может быть приближенно выражена следующим уравнением:

$$k = \frac{3 \cdot E \cdot I}{L^3}$$

где:

- E – модуль Юнга;
- I – момент инерции сечения;
- L – длина.

¹ Здесь имеются в виду клапаны, в которых не предусмотрены направляющие плунжера или другие приспособления, не допускающие его колебаний под действием рабочей среды. Соответствующий английский термин unguided не имеет однозначного русского аналога. (прим. перев.).

² Vortex shedding (прим. перев.).

Ход при открытии клапана уменьшает свободную длину штока (значит, чем меньше ход, тем ниже частота и тем легче возникнет запираение)³. Увеличение турбулентности на выходе клапана по причине высокого уровня шума или режима вскипания заставляет плунжер колебаться с большей амплитудой. В конечном счете это может привести к механической усталости штока. Более того, если будет достигнута первая гармоника⁴ системы, клапан выйдет из строя в течение нескольких секунд.

Собственная частота, кроме прочего, обратно пропорциональна длине в полторной степени. Поэтому, учитывая, что момент инерции сечения меняется не так сильно, будет наблюдаться следующая закономерность: с ростом размера клапана будет требоваться всё больший подъем штока для достижения стабильности и всё менее пригодным будет клапан. Вот по этой причине среди приводных регулирующих клапанов только у самых маленьких встречается незакрепленный плунжер.

Существенное значение имеет также направление потока. Клапан

³ Запирание (Lock-in) – это состояние, при котором, если началась вибрация, то она будет усиливаться и после изменения условий, вызвавших ее образование. Зачастую для того, чтобы вернуться в состояние вибростойкости, скорость потока должна быть уменьшена на треть или вполовину.

⁴ Любая система, обладающая выраженной собственной частотой ω, вступает в резонанс с периодическим внешним возбуждением на частотах, кратных собственной, называемых гармониками. Наиболее мощным является резонанс на первой гармонике, то есть, когда частота внешнего возбуждения равна собственной частоте (прим. ред.).

ны выходят из строя чаще, если поток в них направлен под плунжер. Это происходит, вероятно, оттого, что в области плунжера в этом случае образуется более однородное поле течения, что приводит к усилению вихреобразования.

Типичные рекомендации

В отличие от ситуации с термокарманами, у которых наблюдается склонность к повреждениям из-за вибраций в линии, до сих пор неизвестна какая-либо взаимосвязь, которая позволила бы предсказать разрушение плунжера из-за колебаний, возбуждаемых потоком. Так что рассматриваемая арматура применяется лишь по рекомендациям, то есть, волевым решением.

Как правило, в рекомендациях говорится, что во время эксплуатации клапан должен быть открыт минимум на 20%.

Однако, кроме естественных ограничений при использовании клапанов на слабых потоках, например, при пуске системы, обычный узел затвора при такой степени открытия имеет расход чуть ли не 60% от своей полной пропускной способности. Другие рекомендации поставщиков предлагают ограничить перепад давления – например, до 200 psig.

В рекомендациях также указано, что уровень звукового давления не должен превышать 85 дБ, но при испытаниях резонанс наблюдался и при гораздо меньшем давлении.

Данный вопрос не разрешить установкой последовательно с клапаном сужающего устройства. Большая часть проблем возникает при относительно низких расходах, а сужающее устройство, пригодное для таких условий, ограничит пропускную способность клапана, и он не сможет обеспечить необходимый расход в нормальных условиях.

Простая оценка

Два соотношения, типичных для гидравлических расчетов регулирующих клапанов, могут быть использованы для оценки того, что турбулентия на выходе клапана существенна и может вызвать его вибрацию.

На жидких средах при степени открытия клапана от 20 до 5% не будет выполняться следующая формула:

$$\frac{\Delta P}{(P_I - P_V)} \geq 0,5.$$

На газообразных средах при степени открытия клапана от 20 до 5% не будет выполняться следующая формула:

$$\frac{\Delta P}{P_I} \geq 0,6,$$

где:

ΔP – перепад давления в клапане;
 P_I – давление на входе (абсолютное);

P_V – давление парообразования.

Типичная расходная характеристика обычного запорного клапана с ручным управлением представляет собой логарифмическую кривую, известную как характеристика при быстром открытии. Нас интересует только самый нижний участок кривой, а при ходе менее 30% C_v можно линейно аппроксимировать следующим образом:

$$C_{v@x} = 2,52 \cdot C_v \cdot X,$$

где:

X – ход в процентах;

C_v – пропускная способность клапана в полностью открытом положении;

$C_{v@x}$ – пропускная способность клапана при X процентах открытия.

Используя оцененное таким образом значение $C_{v@x}$ байпасного клапана, можно рассчитать перепад давления в байпасной обвязке. Это, в свою очередь, позволит определить ΔP клапана. Применение данных уравнений само по себе не гарантирует, что клапан со временем не выйдет из строя. Вибрация даже с малой амплиту-

дой может привести к механической усталости после нескольких десятков или же тысяч циклов. Но для кратковременного использования на байпасе это может быть вполне приемлемым. И всё же гораздо надежнее применять клапан с направляющими плунжера – это конструкция как раз для таких условий эксплуатации.

Заключение

Ниже приведены некоторые общие практические соображения по выбору дроссельных клапанов с ручным управлением:

- Клапаны должны устанавливаться с направлением потока на золотник, так как в этом случае турбулентность меньше.
- Шаровые краны взамен клапанов на дросселируемом потоке – не всегда решение. У них высокий коэффициент восстановления, который делает их менее пригодными для применения в тяжелых условиях эксплуатации, где имеют место кавитация и высокий уровень шума.
- Подбирать размер обычного клапана следует так же, как и регулирующего – с учетом сужений, F_p (коэффициента геометрии трубопровода), и пр.
- Если ваша регулирующая арматура – это не клапан с направляющими и не поворотная арматура, пересмотрите выбор. Пропускные способности должны совпадать с учетом коэффициента восстановления.
- Сужающие устройства, установленные последовательно для снижения перепада давления в байпасном клапане, не решат проблему при малых степенях открытия. Впрочем, для систем прогрева насосов такое решение вполне подойдет.
- Клапаны с закрепленным плунжером более надежны, но полностью проблему не решают. Да и поставщиков у них не так много.

Поскольку клапаны с ручным управлением – продукт бюджетный, могут наблюдаться следующие проблемы:

- Высокий крутящий момент из-за боковой силы, действующей на золотник.
- Пропускная способность зависит от хода нелинейно.
- Силы трения в резьбе штока увеличивают крутящий момент.

- Изгиб штока.
- Износ набивки после нескольких циклов вращения штока.
- Задираание штока прилегающими деталями.
- Утечки через сальник.
- Утечки через резьбовое кольцо при высоком давлении.

Из-за перечисленных выше проблем необходимо строго следовать следующей рекомендации из Прак-

тики обрабатывающей промышленности (PCECV001):

«Ручной дроссельный клапан для байпаса регулирующего клапана должен быть выбран так, чтобы его пропускная способность и характеристики узла затвора были почти такими же, что и у регулирующего клапана, на байпасе которого он будет установлен».

⇒ Список литературы:

1. Henry Illing (1988). Plug Vibration Tendencies of Top Guided Throttling Control Valves. Manchester England: Second International Conference on Development in Valve and Actuators for Fluid Control.
2. Holger Siemens (2006). Predicting control valve reliability problems and troubleshooting in petrochemical plants. Valve World Conference.
3. Asher Glaun (2012). Avoiding Flow-Induced Sympathetic Vibration in Control Valves, Valve World Conference and Exhibition.
4. PTC 19.3TW (2015). Thermowells. The American Society of Mechanical Engineers, New York, NY.
5. Hans Baumann (1991). Control Valve Primer a User's Guide Fourth edition. ISA.
6. API 615 (2010) Valve Selection Guide, 2nd edition. American Petroleum Institute, Washington, DC.

• новости • события • факты • новости • события • факты • новости • события • факты • новости •



Арматура компании Arca для геотермальной энергетики

Геоэнергетика – альтернатива традиционным видам получения энергии: атомной, газовой, угольной энергетике и нефти, рынок оборудования для нее постоянно растет, ей уделяется огромное внимание, применяются самые новые технологии.

Немецкая компания ARCA Regler (Тёнисфорст) уже участвовала как у себя на родине, так и за рубежом в проектах в сфере геотермальной энергетики – и столкнулась с рядом проблем. В проектах возникла необходимость в арматуре байпаса турбины и насоса, в которой отсутствовала бы кавитация. К арматуре байпаса турбины предъявляется еще одно требование – отсутствие шума и маленькие строительные размеры. При этом необходим широкий диапазон регулирования в различных режимах эксплуатации наряду с быстроедействием.

Арматура байпаса турбины должна направлять энергию вдоль турбины и бесшумно сбрасывать давление. В результате Arca разработала параболический плунжер с многоступенчатым сбросом давления и встроенным глушителем для клапана ECOTROL® series type 6 N.



По информации с сайта: www.arca-valve.com