



От редакции. В этом выпуске мы предлагаем вашему вниманию перевод статьи доктора Х.Д. Бауманна, бывшего вице-президента компании Masoneilan и Fisher Controls, опубликованной в журнале Valve World в апреле 2022 г. В настоящее время автор является международным консультантом. На его счету 106 патентов США, 140 публикаций и семь книг, в том числе учебник по регулирующей арматуре, теперь уже в четвертом издании. Д-р Бауманн является почетным членом ISA и членом-корреспондентом ASME.

Ханс Д. Бауманн (Hans D. Baumann)

БУДУЩИЕ ТЕНДЕНЦИИ В РЕГУЛИРУЮЩЕЙ АРМАТУРЕ

Расцвет регулирующей арматуры пришелся на 1960-е годы. Типы арматуры, разработанные в этом десятилетии, составляют около 80% всей регулирующей арматуры, реализованной сегодня. В отрасли наблюдается заметная нехватка фундаментальных исследований, НИОКР и разработки новых продуктов. Тем не менее, регулирующая арматура играет важную роль в автоматизированном управлении технологическими процессами и как таковая заслуживает большего внимания.

Однако следует сказать, что нет худа без добра. Есть две сферы важных достижений, касающихся регулирующей арматуры, которые повысят уровень общественного понимания и в то же время улучшат экономические перспективы этой отрасли.

Прежде всего, существует вопрос улучшения выбора арматуры. Можно повысить эффективность выбора, если проинформировать потенциального заказчика арматуры в дополнение к правильному определению размеров об ожидаемых уровнях шума и вибрации при различных условиях эксплуатации, а также прогнозировать вероятность кавитации [1], чтобы уменьшить будущие проблемы с техническим обслуживанием.

Кроме того, следует сообщить заказчику ожидаемый коэффициент расхода регулирующей арматуры и позиционера при различных скоростях потока, чтобы помочь стабилизировать контуры управления. Методы оценки для прогнозирования уровня шума [2], вибрации [3] и расхода [4] известны и опубликованы. Вся эта информация может быть интегрирована в расширенный программный пакет.

Более эффективный процесс

Очень важен вопрос энергосбережения, связанный с уменьшением выбросов парниковых газов из-за производственных процессов. Экономия мощности насоса и сбережение энергии компрессора должны быть положительно оценены в наш век «зеленой» энергетики. Следует иметь в виду, что все функции управления арматурой по сути заключаются в моделировании потока жидкости. За счет использования явления восстановления давления большая часть потенциальной энергии (давления) экономится за счет преобразования перепада давления из-за турбулентности в тепло. Существенным преимуществом арматуры с высокой рекуперацией является то, что после достижения дросселируемого потока при постоянном давлении



на входе и заданном ходе регулирующего элемента объем потока остается постоянным независимо от изменений давления на выходе.

Дросселируемый поток возникает, если достигается перепад давления $(P_1 - P_2) \times FL^2$ для жидкостей и $P_1 \times 0,5 \times FL^2$ для газов.

Проведенные в гидравлических лабораториях университета Юты на разработанном автором гидравлическом стенде для исследований арматуры HRV (см. фото выше) испытания подтвердили: как только перепад давления инициирует дросселируемый поток, объем протекающей воды остается одним и тем же, несмотря на то, что давление на выходе изменяется от 84% значения P_1 до атмосферного. Эти результаты также были получены при всех различных значениях хода запирающего элемента. Во время проведения испытаний кавитационного шума не наблюдалось.

Ограничения

Это последнее требование требует разработки новых типов регулирующей арматуры. Идея использования восстановления давления не является новой. Она применяется на практике путем регулирования расхода топливного газа в основных газотурбинных генераторах на электростанциях, что позволяет сэкономить до 60% давления, в свою очередь, экономит эквивалентную теплотворную способность, и, таким образом, повышает эффективность турбины [5]. Специальные регулирующие

клапаны, используемые для этого, довольно сложны и дороги. Здесь необходимы более прочные типы арматуры, подходящие для общепромышленного применения. Эксцентриковые поворотные шаровые краны обладают высокими характеристиками рекуперации, отличаются высокой способностью восстановления характеристик при практически полностью открытом затворе и способны восстановить до 77% перепада давления ($FL = 0,48$). Тем не менее, они теряют это преимущество при более низких значениях хода запирающего элемента, где коэффициент восстановления снижается до 21% ($FL = 0,89$). Это ограничивает область их применения.

Типичное применение

Для того, чтобы пояснить преимущества арматуры с рекуперацией при высоком давлении, здесь приведен пример применения этой арматуры, называемой типом ERV (electronic relief valve).

Центробежный насос требует постоянного расхода жидкости при заданном давлении напора для поддержания его эффективности. Использование аварийно-предохранительной арматуры (ERV) на выходе насоса может справиться с такими потребностями.

Предполагая, что такая арматура имеет коэффициент расхода $FL = 0,48$, все, что необходимо для обеспечения постоянного потока жидкости из насоса, – это $FL^2 \times P_1 = 23\%$ абсолютного давления напора насоса (psia). Таким образом, очевидно, что регулируемый расход пропорционален напору насоса (давлению на выходе насоса). Это соотношение близко соответствует кривой эффективности центробежного насоса (что само по себе позволяет экономить энергию).

Опять же, для сравнения, при использовании обычной регулирующей арматуры, имеющей коэффициент расхода $FL = 0,75$, это потребовало бы перепада давления для дросселирования, составляющего 56% абсолютного значения давления напора насоса.

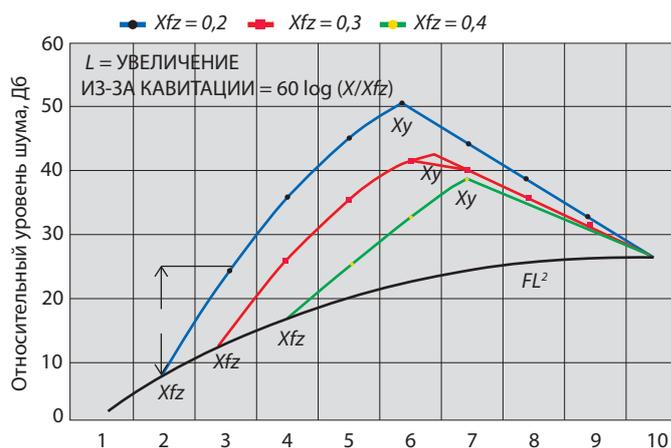
Сильная кавитация

Такой высокий перепад давления может вызвать сильную кавитацию. Арматура ERV, напротив, защищена от кавитации. В этом случае отсутствие скачков давления благодаря ламинарному потоку жидкости предотвращает взрыв пузырьков пара. Единственный внешний шум создается турбулентным потоком внутри арматуры. Использование энергосберегающей арматуры ESV (Energy Save Valve) означает экономию энергии на 59% (23% против 59%) по сравнению с современной арматурой. Потенциал экономии энергии за счет регулирования давления насосов огромен.

На типичном химическом заводе имеется около 20 000 насосов, каждый из которых обычно потребляет 3 кВт·ч, что составляет ежегодное потребление электроэнергии в размере 525 млн. кВт·ч. Использование арматуры нового типа обеспечивает потенциальную экономию энергии до 250 млн. кВт·ч в год.

В эпоху, когда энергосбережение и защита оборудования (насоса!) имеют потенциал для улучшения производственных процессов и снижения энергопотребления, регулирующей арматуре следует уделять то внимание, которое она заслуживает.

Теоретические турбулентные и кавитационные профили (кривые) в зависимости от Xfz



Схематическое представление взаимодействия турбулентности и кавитации жидкостей



Дополнительное примечание

В случае газов дросселируемый поток возникает, как только условная скорость достигнет скорости звука.

В случае жидкостей дросселируемый поток возникает, когда условное давление вызывает частичное испарение жидкостей (без кавитации пузырьки пара безвредно растворяются дальше по потоку).

Литература:

1. Бауманн Х.Д. Упрощенные методы оценки шума регулирующей арматуры//INTECH. 2018. Июль/август. С. 43.
2. Бауманн Х.Д. Может ли звук повредить трубы? // Valve World. 2019. Январь. С. 74–75.
3. Джон Монсен, Бауманн Х.Д. Остановите разрушение затвора вашей регулирующей арматуры из-за кавитации//Valve World. 2019. Декабрь. С. 61–63.
4. Джон Монсен, Расчет установленного расхода и коэффициента расхода регулирующей арматуры//Заводское технологическое оборудование. 2022. Март. С. 26–30.
5. Бауманн Х.Д. Более эффективные газовые турбины: роль арматуры с высокой рекуперацией// Valve World. 2021. Апрель.