

ВЫБОР РАЗМЕРА РЕГУЛИРУЮЩЕГО КЛАПАНА ДЛЯ СЖИМАЕМЫХ ПОТОКОВ

М.О. Зилонов (ПНФ "ЛГ автоматика")

Что необходимо учесть при расчете пропускной способности регулирующего клапана в случае, если рабочая среда – сжимаемый газ или пар?

С развитием АСУ и повышением требований к надежности и работоспособности системы в разных условиях эксплуатации, возросли требования к выбору пропускной способности клапана, обеспечивающей достаточную точность и универсальность. Это особенно приобретает актуальность, т.к. ранее большинство процессов протекало с малой скоростью, а клапаны, используемые для регулирования, имели практически однотипную конструкцию. Поэтому в большинстве случаев очень многие фирмы использовали эмпирические методы при выборе размера клапана, что удовлетворяло заказчиков. В настоящее время возникла необходимость более точного расчета пропускной способности.

При расчете характеристик регулирующего клапана, в частности его пропускной способности, применимы всеобщие законы гидромеханики и аэромеханики и стандартные уравнения, описывающие поведение потока в случае, если поток сжимаем.

При расчете клапана в большинстве случаев используется единственный коэффициент C_v , для измерения которого проводились промышленные испытания, где в качестве рабочей среды применялась вода.

В случае расчета клапана, его пропускную способность можно вычислить из уравнения:

$$Q = C_v \sqrt{\frac{\Delta p}{\gamma}}, \quad (1)$$

где Q – расход жидкости; Δp – перепад давления; γ – удельный вес.

В большинстве случаев, формула (1) используется для составления различных эмпирических уравнений, описывающих сжимаемые потоки такие, как газ или пар.

Однако в настоящее время приходится рассчитывать клапаны для различных процессов, протекающих при значительных абсолютных и относительных перепадах давления, быстром изменении режима работы клапана и т.п. Поэтому для расчета требуемого значения C_v необходимо ввести набор уравнений, учитывающих влияние процессов, происходящих в регулирующем клапане при дросселировании сжимаемых сред. Теоретически гидравлическое уравнение для потока несжимаемой жидкости, проходящей через "сужение", можно представить следующим образом:

$$Q = 5,9FK \sqrt{\frac{\Delta p_{vc}}{\gamma}}, \quad (2)$$

где Q – площадь сжатого сечения для жидкости F , мм²; Δp_{vc} – максимальный перепад давления на

дросселирующем органе между точками минимальной площади потока и давлением за клапаном; K – коэффициент расхода, включающий скорость приближения; γ – удельный вес относительно воды.

В случае невозможности использования указанного перепада давления можно использовать поправочный коэффициент B :

$$B = \sqrt{\frac{\Delta p}{\Delta p_{vc}}}, \quad (3)$$

где Δp – перепад давления на входе/выходе клапана.

Поправочный коэффициент определяется либо эмпирически, либо на основании расчета гидравлики клапана. В результате:

$$Q = \frac{5,9FK}{B} \sqrt{\frac{\Delta p}{\gamma}}, \quad (4)$$

Экспериментально полученный C_v примет вид:

$$C_v = 5,9 \frac{FK}{B}, \quad (5)$$

Если предположить, что расширение происходит адиабатически, то уравнение (4) можно преобразовать в

$$G = 139,5C_v \phi \sqrt{\Delta p \gamma} \quad (6)$$

где ϕ – коэффициент расширения; G – массовый расход.

Далее необходимо ввести коэффициент сжимаемости газа Z из-за отклонения, рассматриваемого значения от общего закона расширения газов.

Следующим шагом для получения общего уравнения для расчета расхода сжимаемых потоков является учет удельных теплоемкостей, т.к. расход газа будет зависеть от отношения удельных теплоемкостей $S = C_p/C_v$. Предлагаемый подход предполагает, что клапан представляет собой "переменную диафрагму", поэтому при расчетах пропускной способности реального клапана следует учесть влияние трубопровода и конструкции клапана.

Таким образом, подход к решению вопроса вычисления пропускной способности для сжимаемых сред формируется как расчет пропускной способности клапана для идеальной сжимаемой жидкости с введением поправочных коэффициентов, учитывающих влияние дополнительных эффектов, возникающих в газах. Эти поправки могут дать изменение расчетного значения пропускной способности до 20...40% от расчета пропускной способности для сжимаемых жидкостей.

*Зилонов Михаил Олегович - технический директор ПНФ "ЛГ автоматика".
Контактный телефон (095) 926-41-11.*