

Р. Р. Ионайтис, проф., начальник лаборатории НИКИЭТ им. Н. А. Доллежала

ОДНО ИЗ НАПРАВЛЕНИЙ МОДЕРНИЗАЦИИ АРМАТУРЫ

1. Введение

Трубопроводная арматура (ТПА) – необходимейший элемент современной техники.

Разнообразие ее разительно:

- по диаметру проходного сечения – от мм до метров;
- по высоте – от сантиметров до метров (известно арматурное изделие (АИ) высотой 6 м);
- по массе – от граммов до тонн (известно АИ с массой до 35 т);
- по давлениям внутри – от разрежения до сотен атмосфер;
- по усилиям на приводе – от ньютонов до многих килоньютонов;
- по температурам – от криогенных до сотен градусов;
- по стоимости – от рублей до миллионов долларов (евро).

Огромно ее разнообразие по конструкционным типам, по функциям, по изготовителям (только в России не менее 250-ти), по проточной части – пространству для протекания среды внутри корпуса.

Форма проточной части может быть самой разной: проходная прямооточная (сквозная), с плавными поворотами, конфузorno-диффузornoная, угловая, Z-образная, профилированная, интенсивно-дросселированная.



Ромуальд Ромуальдович Ионайтис

При этом в проходной ТПА соединительные патрубки соосны или взаимопараллельны. В полнопроходной ТПА площадь проходного сечения затвора в районе седла не меньше площади входного патрубка. В прямооточной арматуре рабочая среда не изменяет направления своего движения на выходе по сравнению с направлением ее на входе.

Прямоточная полнопроходная ТПА имеет наименьшее гидравлическое сопротивление, и поэтому считается предпочтительной. Однако ее громоздкость, масса, цена заставляют искать компромиссные решения в соотношении «цена-качество».

2. Массогабаритные и стоимостные параметры

Посмотрите, чем гордятся арматуростроители.

Рис. 1-2 – задвижки с ручным приводом. Высота превосходит перекрываемый проход в 6-8 раз.

На рис. 3 – клапан с приводом. Его высота превосходит DN в 27 раз.

Таких примеров множество.

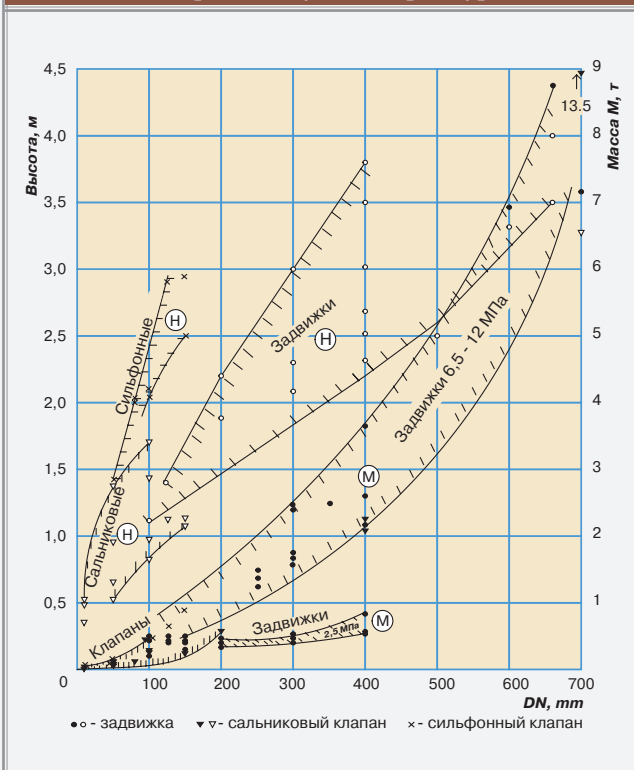
Высота и массы арматурных изделий (АИ) впечатляют (Рис. 4).



Рис. 3.



Рис. 4. Массогабаритные параметры быстродействующей арматуры



А стоимость арматуры, в целом, прямо пропорциональна ее массе. Что очень вдохновляет посредников-«откатников». Однако ни высоты, ни массы, ни стоимости АИ не радуют заказчиков.

И вот до чего они додумались.

Посмотрите на кусочек газораспределительной станции на рисунке 5¹. Трубопроводы сужены по диаметру в 2 раза, по площади проходного сечения в 4 раза. Задвижки приобретены в 2 раза меньшего диаметра, в 4 раза меньшей цены.

Рис. 5. Сужение трубопроводов газораспределительной станции



Непростые ребята-газовщики утерли нос арматуростроителям.

«Русские могут все, но не могут, чтобы было все» (американская пародия на мудрость).

3. Анализ возможностей арматуростроителей

Очевидно, что снижение массы и, следовательно, стоимости арматуры является главным направлением ее модернизации. Один из способов снизить массу арматуры без существенных потерь в ее качестве и функциональности состоит в сужении ее проточной части. Обзор и критический анализ существующих проточных частей запорных и дроссельно-регулирующих задвижек показали, что подобная системная модернизация прямооточной арматуры основана на достаточно большом количестве прототипов и может дать большой эффект в достаточно короткий срок².

Эффект сужения проточной части (ПЧ) проявляется в том, что он открывает большие возможности для снижения массы, высоты и стоимости задвижки. Замена прямооточных клапанов, особенно дроссельно-регулирующих, обладающих малоэффективной ПЧ, с большими массами и габаритами, на рационально спрофилированные задвижки может дать большой технический и экономический эффект. К тому же плавное сужение ПЧ оставляет приемлемым ее малое гидравлическое сопротивление и значительно снижает прижимное усилие от потока и соответственно усилие на приводе.

Гидравлическое сопротивление суженной задвижки складывается из гидравлического сопротивления сужающегося и расширяющегося переходов и центральной части задвижки, которые зависят от строительной длины задвижки и степени ее сужения. В клиновых и некоторых параллельных задвижках в центральной части при открытом положении находится затвор и выполнено расши-

¹ Рисунок взят из журнала «ТПАиО», №2 (17), 2005 г., стр. 31.

² См. журнал «ТПАиО», №5, 2005 г., стр. 28-30, анализ проточной части прямооточной арматуры.

рение – карман для размещения запорного органа в закрытом состоянии, которые также оказывают влияние на гидравлическое сопротивление задвижки.

Рассмотренные имеющиеся в литературе справочные и экспериментальные данные по гидравлическим сопротивлениям конфузоров и диффузоров разных типов (прямолинейных, радиусных, плавных) показывают, что коэффициенты сопротивления для параметров, соответствующих задвижкам при: степени сужения d/D до 0,5-0,65; отношении длины входного и выходного патрубка к диаметру трубопровода, l/DN – до 0,5-3 DN; отношении длины цилиндрического участка к диаметру трубопровода, $l_{ц}/DN$ – до 0,5, – имеют приемлемые величины.

Наименьшим сопротивлением обладают плавные конфузорно-диффузорные переходы, у которых коэффициент сопротивления $\zeta_{DN} < 1,5$ может быть обеспечен при сужении до $d/D = 0,5$ и отношении $l/D > 1,0$ (что соответствует строительной длине, большей 2,25 DN); а $\zeta_{DN} < 1,0$ – сужением до $d/D = 0,52$ при отношении $l/D > 1,5$ (что соответствует строительной длине большей 3,25 DN) или до 0,54 при $l/D > 1,0$.

Получение малых коэффициентов сопротивления на более коротких строительных длинах возможно при удлинении диффузорного перехода за счет укорачивания конфузорного, т.е. создание несимметричной проточной части, при уменьшении длины цилиндрического участка. Например, при уменьшении отношения $l_{ц}/d$ с 1 до 0,25 коэффициент ζ_{DN} может понизиться на 35 %.

Влияние выемки в центральной части корпуса под запорный орган проявляется в увеличении коэффициента сопротивления задвижки до $\zeta_B = 0,08-1,6$, который зависит от геометрии и конструкции выемки. При уменьшении выемки и оптимизации ее геометрии можно получить сопротивление в районе нижней границы указанных значений.

Если выемка небольшая и очень аккуратная, можно надеяться на небольшое ее влияние на гидравлическое сопротивление.

В суженной проточной части задвижки происходит плавное изменение гидравлических параметров. Сужение сечения в седле приводит к увеличению скорости и увеличению динамического напора, соответственно, перепада давления.

Суженные задвижки с плавно сужающейся проточной частью могут использоваться в качестве ограничителей расхода рабочей среды в условиях разгерметизации трубопровода, поскольку могут снижать аварийный расход среды в 2-3 раза (относительно расхода через полнопроходную задвижку).

По сравнению с полнопроходной задвижкой у суженной задвижки усилия на запорный орган и на приводе, когда задвижка работает на максимальном (полном) перепаде, равном давлению рабочей среды или под перепадом давления циркулятора, будут в 2,5-4 раза меньше.

Проведена оценка поперечных размеров патрубка суженной задвижки в самой узкой части из условия обеспечения равнопрочности полнопроходной и суженной задвижек по продольным напряжениям от изгибающего момента и осевой силы, которые возникают при температурной компенсации трубопровода.

Уменьшение габаритов у суженной задвижки приводит к тому, что некоторые ее элементы (крышка, бугель, болты, приводы или рукоятки и др.) будут располагаться ближе к среде, чем у полнопроходной задвижки. Поэтому их температура будет несколько выше, чем у соответствующих им полнопроходных задвижек. Для снижения температуры элементов, служащих для управления задвижки, могут быть предложены рукоятки с удлинителями, увеличивающими расстояние между этими элементами и средой, до такого же, как у полнопроходной задвижки.

4. Заключение

Пределом обоснованного сужения является отношение диаметров $d/DN = 0,5$. Практически все параметры и характеристики суженной таким образом задвижки являются приемлемыми и обоснованными с достаточным запасом. Однако обеспечение малого гидравлического сопротивления достигается без запаса и требует тщательного изготовления проточной части корпусов.

Сужение $d/DN = 0,5$ рекомендуется для изготовления по спецзаказу, для сбросных задвижек, для использования в системах безопасности, для использования в качестве аварийных ограничителей расхода.

Для общепромышленного использования рекомендуется сужение $d/DN = 0,63 \pm 0,03$, при котором усилия на затворе снижаются в 2,5 раза относительно полнопроходных, и происходит примерно такое же снижение массы, высоты и стоимости задвижки.

В задвижках с малым DN, у которых относительно большие строительные длины L/DN и малые углы конусности, достаточно линейной конусности проточной части.

В задвижках со средним DN, строительными длинами и углами конусности требуется плавное профилирование проточной части.

В задвижках с большим DN, малым L/DN и большим углом конусности требуется асимметричное размещение центральной части корпуса относительно фланцев.

*Настанет время, когда наши потомки будут удивляться,
что мы не знали таких очевидных вещей.*

Сенека Старший