

Межфланцевые термозапорные клапаны (МФ) – история рождения

Т. С. РОМАНЕНКО – к.т.н., Генеральный директор ЗАО «АРМГАЗ-НТ»

Однажды, при посещении фирмы Kromschroder AG (Германия), начальник отдела, отвечающий за международные связи, господин Rainer Sparenberg сказал: «Возможно фирмы, производящие термозапорные клапаны, смогли бы додуматься и сделать фланцевые термозапорные клапаны ремонтпригодными, но додуматься о конструкции межфланцевых термозапорных клапанов – никогда. Они Wunderbar». (Wunderbar – чудесный, поразительный, удивительный, замечательный).

Немного истории. Резьбовые и фланцевые термозапорные клапаны фирма «Армгаз» начала поставлять из Германии и Италии, а также производить в России еще в 1999 году. В начале, большую часть их поставляли из Европы и одновременно начали производство в России через фирму ООО «Армгаз», а затем решили отделить производство от внешнеэкономической деятельности. В 2002 году фирма «АРМГАЗ-НТ» начала выпуск межфланцевых термозапорных клапанов, ставших настоящим «ноу хау» на то время. Клапаны, вобравшие в себя такие свойства, как высокая скорость срабатывания, малый вес и низкая стоимость, очень быстро стали востребованы на рынке газовой арматуры. На конструкцию были получены патенты на изобретение и полезную модель.

Высокая конкуренция на рынке, насыщенном однотипной продукцией послужила основанием для дальнейшего развития конструкции межфланцевых клапанов, как представителей наиболее перспективной линейки в имеющемся ассортименте и пока еще слабо представленной у других производителей. Не смотря на свои выигрышные позиции в вопросах цены, веса изделия и трудоемкости изготовления по отношению к фланцевым клапанам, межфланцевые имели один конструктивный недостаток – они обладали меньшим проходным сечением, что вызывало несколько большие потери давления. Компания понимала, что термозапорный клапан – это, в первую очередь, безопасность, поэтому было принято решение вести работу по усовершенствованию конструкции, для достижения минимальных потерь давления. Встал всего один вопрос – как?

В настоящее время аналитические методы исследования движения потока внутри регулирующей арматуры не могут использоваться для расчетов сложной геометрии внутренних полостей клапанов по следующим причинам:

- отсутствуют или только находятся в разработке точные решения уравнений гидродинамики потока для сложных геометрических примитивов клапана и исполнительного органа (ИО), которые входят в состав арматуры;
- данная задача отличается сложностью математического описания, необходимостью корректировки граничных условий, поэтому ее решение «вручную» практически невозможно;
- существуют технические и математические сложности решения уравнений гидродинамики для трехмерных 3D-объектов, что осложняется отсутствием точных экспериментальных результатов;
- в аналитических решениях не учитываются многие физические и геометрические параметры потока.

Отсутствие точных экспериментальных данных по данному направлению объясняется высокой стоимостью экспериментов, большой трудоемкостью проведения натурных испытаний на образцах (модернизируемых, эксплуатируемых и особенно новых), невозможностью размещения измерительных датчиков в нужных сечениях и внутренних полостях.

Данные сложности в аналитических и экспериментальных исследованиях поднятой проблемы объясняют стремления исследователей в использовании приближенных численных методов расчета. Появление и широкое распространение метода конечных разностей и метода конечных элементов (МКЭ) позволяет успешно преодолеть данные трудности.

Решение было найдено в применении современных CAE-систем (Computer Aided Engineering – системах инженерного анализа). Для работы был выбран наиболее мощный и зарекомендовавший себя в данной области программный продукт – ANSYS/FLOTRAN. Задача анализа гидравлического сопротивления клапанов решалась с помощью ANSYS CFX – комплекса вычислительной гидродинамики общего назначения, который позволяет решать широкий спектр задач вычислительной газо- и гидродинамики.

Для решения задачи были построены геометрические модели проточных частей клапанов – резьбовых DN15-50; фланцевых DN50-200 и межфланцевых DN50-600 с подсоединенными трубопроводами общей длиной 30 диаметров. Длина входного участка составляла 10 диаметров, выходного – 20. (Более подробно о методе решения описано в статье «Оценка потерь давления в термозапорных клапанах типа КТЗ 001», представленной в ряде журналов).

В качестве рабочего тела выступал метан и воздух (для определения соответствия ГОСТу Р 52316-2005), подчиняющиеся законам идеального газа. Все расчеты выполнялись при следующих условиях:

- температура среды – 20°C,
- абсолютное давление – 101325 Па,
- процесс течения газа считался изотермическим.

Задачи решались в стационарной постановке. На входе в расчетную область задавалась скорость потока, пересчитанная через объемный расход и номинальный диаметр клапана, а на выходе – относительное давление, равное нулю. На остальных поверхностях расчетной области автоматически было задано условие гидравлически гладкой изотермической стенки. Турбулентность моделировалась стандартной k-ε моделью с автоматическими функциями стенки.

В процессе расчета получены:

- перепады давления (dp_1 , Па) и коэффициенты потерь (ζ_1) для системы, состоящей из клапана и трубопроводов длиной 10 диаметров на входе и 20 диаметров на выходе;
- перепады давления (dp_2 , Па) и коэффициенты потерь (ζ_2) для трубопровода длиной 30 диаметров. Перепад давления на клапане и его коэффициент потерь вычислялись следующим образом:

$$dp_{\text{кл}} = dp_1 - dp_2,$$

$$\zeta_{\text{кл}} = \zeta_1 - \zeta_2,$$

$$\zeta_i = \frac{2 * dp_i}{\rho * v_{\text{cp}}^2}, i = 1, 2.$$

Для определения средней скорости потока через клапан были построены n характерных поперечных сечений, для каждого из которых определялась средняя скорость на этапе обработки результатов. Затем находилась средняя скорость для всех сечений:

$$v_{\text{cp}} = \frac{\sum v_s}{n}.$$

На рис. 1 – 4 на примере клапана КТЗ-100МФ представлены поля абсолютных скоростей потока через клапан.

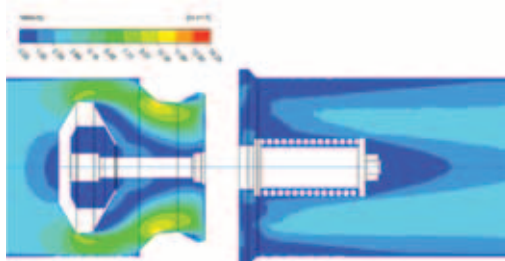


Рис. 1. Поле скоростей через клапан КТЗ-100МФ (вертикальная плоскость, Q=92 м³/ч)

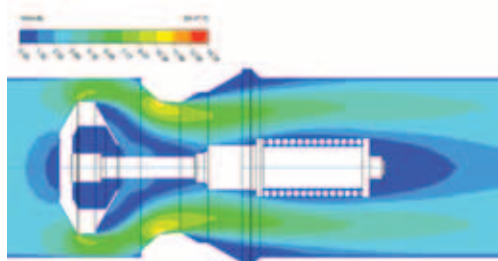


Рис. 2. Поле скоростей через клапан КТЗ-100МФ (горизонтальная плоскость, Q=92 м³/ч)

Наличие вихревых зон (зон обратного тока) выявляется при рассмотрении поля продольных скоростей потока.

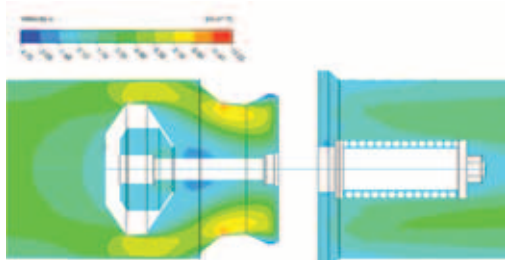


Рис. 3. Поле продольных скоростей через клапан КТЗ-100МФ (вертикальная плоскость, Q=92 м³/ч)

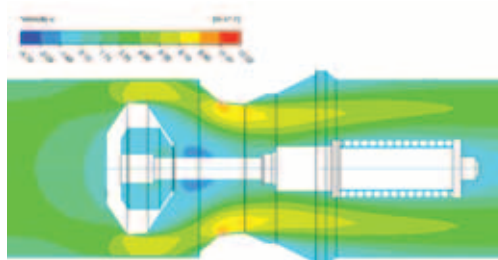
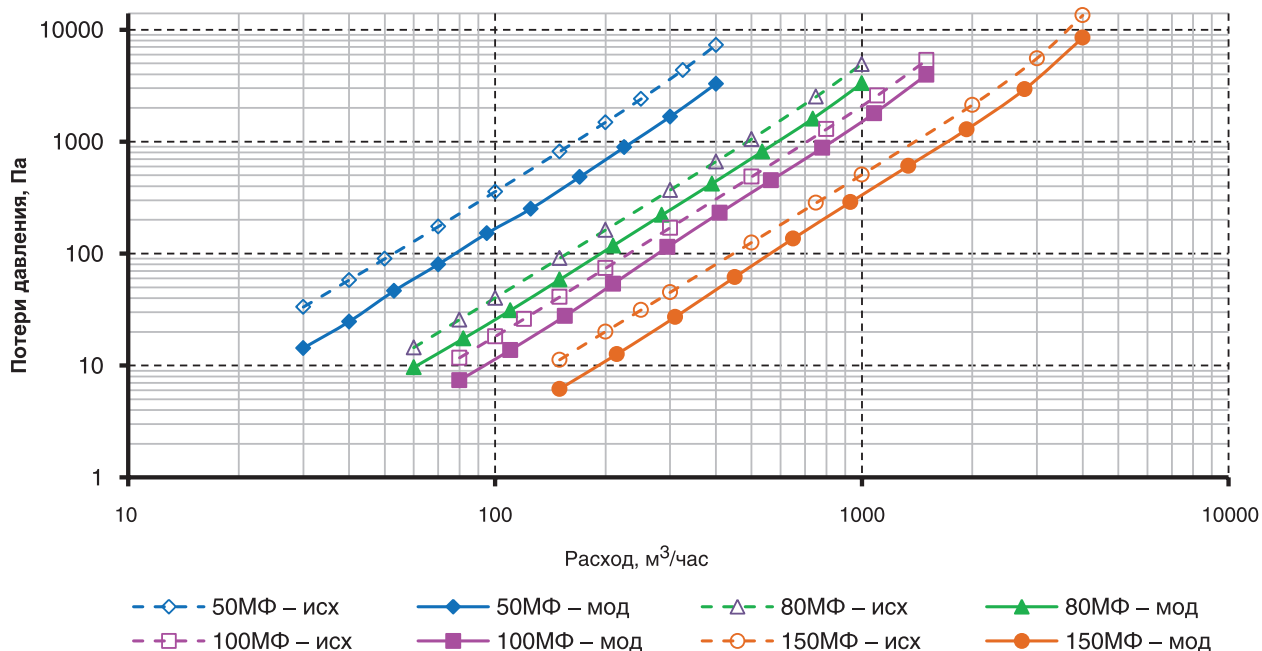


Рис. 4. Поле продольных скоростей через клапан КТЗ-100МФ (горизонтальная плоскость, Q=92 м³/ч)

С целью уменьшения потерь давления в клапанах на основе полученных результатов была проведена оптимизация геометрии клапанов, описанной в параметрическом виде. Далее представлены результаты расчетов на примере межфланцевых клапанов.

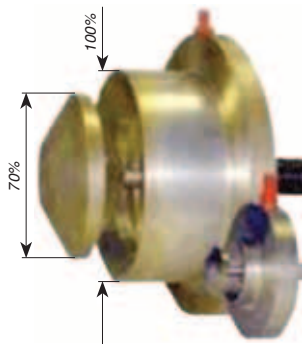


**Диаграмма потерь давления в межфланцевых термозапорных клапанах КТЗ 001-МФ
производства ЗАО «АРМГАЗ-НТ»
(газ-метан; $\rho=0,6668 \text{ кг/м}^3$; $T=293,15\text{K}$ (20°C); $R_{абс}=101325\text{Па}$)
- - - исходное исполнение, - - - модернизированные**



**Соответствие ГОСТу Р 52316-2005
(газ – воздух; $T=293,15 \text{ K}$ (20°C); $R_{абс}=101325\text{Па}$)**

Тип	$Q, \text{ м}^3/\text{ч}$	$v_{вх}, \text{ м/с}$	$\Delta P, \text{ Па}$ - Исходный	$\Delta P, \text{ Па}$ - Модернизир.	$\Delta P, \text{ Па}$ - по ГОСТу
50МФ	36	6,508	98,917	36,412	≤ 100
80МФ	51	2,818	18,720	12,683	≤ 20
100МФ	92	3,254	27,920	17,366	
150МФ	189	2,971	31,915	17,627	



В мае 2006 года скоростно скончался наш руководитель, доктор технических наук, профессор Романенко Николай Трофимович, окончивший с отличием МВТУ им. Баумана и Механико-математический факультет МГУ.

Один из основоположников фашизма доктор Гебельс сказал: «Что бы в ложь поверили, она должна быть чудовищной». И вот уже в 2006 году на сайте фирмы «Барс-7» появилась статья, в которой была опорочена конструкция межфланцевых термозапорных клапанов, причем эта статья была написана людьми, не имеющими представления о газодинамике потока и математическом моделировании. Задача решалась с помощью обыкновенной линейки. <http://www.bars7.ru/prim2.htm>

Почему сразу не был дан ответ на эту статью. Сказать дураку, что он дурак; подлецу, что он подлец; вору, что он вор – Он ответит ну и что? Необходимо сделать так, чтобы все увидели и поняли «Who is who» (Кто есть кто).

На рис. 5 и 6 для сравнения представлены поля продольных скоростей через клапаны фланцевого исполнения КТЗ 100Ф производства ЗАО «АРМГАЗ-НТ» и ООО «Барс-7». Наличие вихревых зон (зон обратного тока) выявляется при рассмотрении поля продольных скоростей потока. Как видно из рис. 6 зона обратного тока практически полностью перекрывает поток газа. Удаление обтекателя естественно позволяет уменьшить стоимость конструкции, однако это приводит к резкому возрастанию потерь давления и нестабильной работе всей системы.

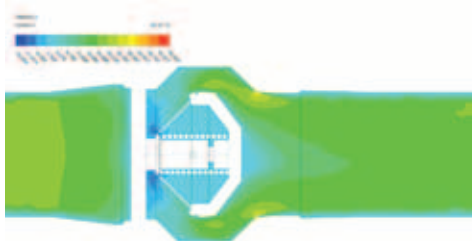


Рис. 5. Поле продольных скоростей через клапан КТЗ-100Ф-Армгаз-НТ (вертикальная плоскость, $Q=92 \text{ м}^3/\text{ч}$)

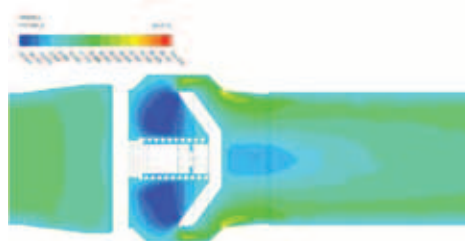
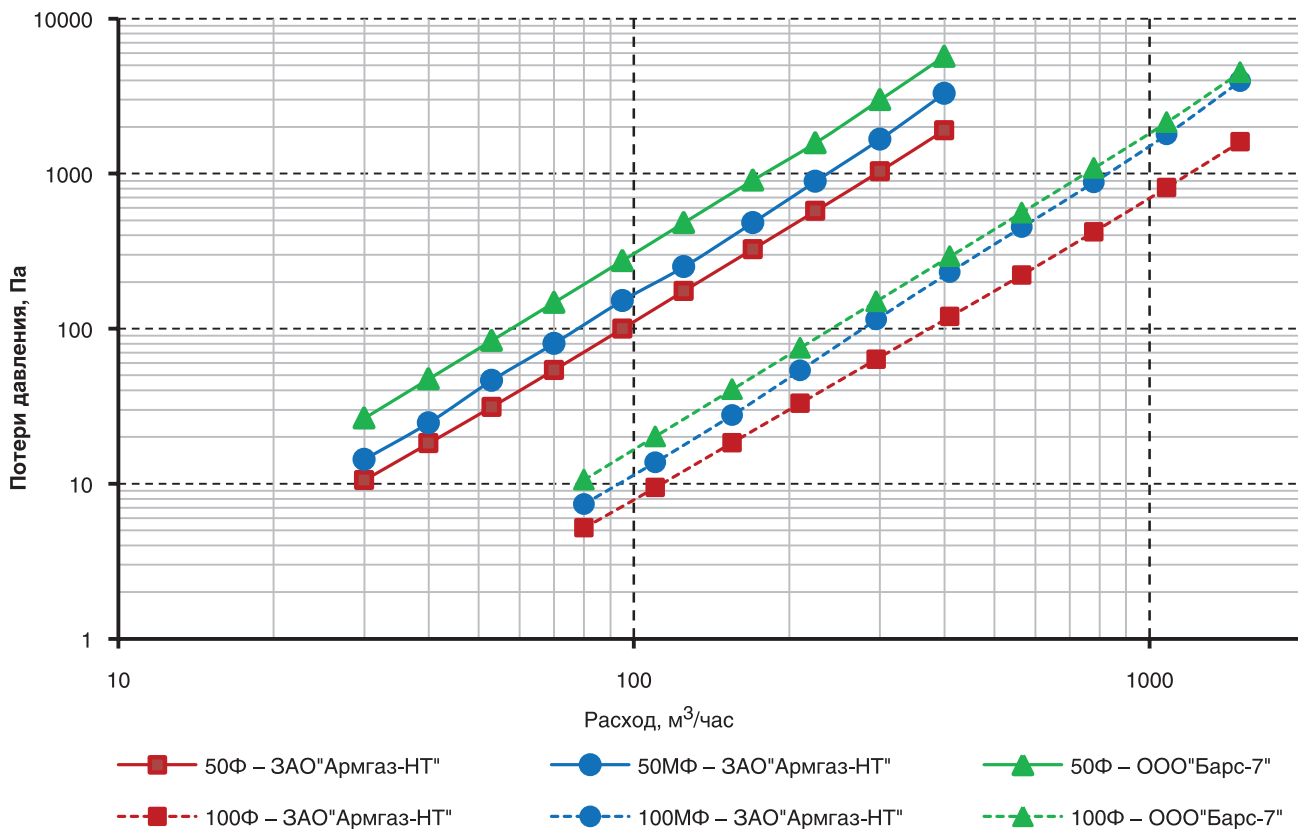


Рис. 6. Поле продольных скоростей через клапан КТЗ-100Ф-Барс-7 (вертикальная плоскость, $Q=92 \text{ м}^3/\text{ч}$)

**Сравнительная диаграмма потерь давления в термозапорных клапанах КТЗ 001
производства ЗАО «Армгаз-НТ» и ООО «Барс-7»
(газ-метан; $\rho=0,6668 \text{ кг/м}^3$; $T=293,15 \text{ К}$ (20°C); $P_{\text{рабс}}=101325 \text{ Па}$)**



**Соответствие ГОСТу Р 52316-2005
(газ-воздух; $T=293,15 \text{ К}$ (20°C); $P_{\text{рабс}}=101325 \text{ Па}$)**

DN, мм	Q, м³/ч	Vвх, м/с	Δp , Па	Δp , Па - по ГОСТу
50Ф-ЗАО «Армгаз-НТ»	36,0	5,09	26,68	≤ 100
50Ф-ООО «Барс-7»			69,21	
50МФ-ЗАО «Армгаз-НТ»			36,41	
100Ф-ЗАО «Армгаз-НТ»	92,0	3,25	12,63	≤ 20
100Ф-ООО «Барс-7»			23,43	
100МФ-ЗАО «Армгаз-НТ»			17,37	

Итогом такой работы стало не только усовершенствование конструкции межфланцевого клапана фирмы «АРМГАЗ-НТ» (детали которого по понятным причинам не разглашаются), позволившее еще больше понизить потери давления. Был разрушен стереотип, что межфланцевый термозапорный клапан – это обязательно более высокие потери, чем во фланцевых клапанах.

Разумеется, нам не удалось достичь таких низких потерь давления, как в наших Фланцевых клапанах, но это обусловлено лишь тем фактом, что данные клапаны так же прошли подобный путь. Тем не менее, на рынке представлены фланцевые и межфланцевые клапаны сторонних производителей, которые не только обладают большими потерями давления, чем межфланцевые клапаны КТЗ фирмы «АРМГАЗ-НТ», но и вовсе выходят за рамки ГОСТа. ●



ЗАО «АРМГАЗ-НТ»
125080, Москва, Волоколамское шоссе, д. 10
тел./факс (499) 158-81-18, 158-69-56
e-mail: armgas@yandex.ru
www.armgas.ru