

УДК 621.12

С.Н. Зеленов, П.В. Семашко

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ  
ХАРАКТЕРИСТИК ГАЗОВОГО СЧЕТЧИКА**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

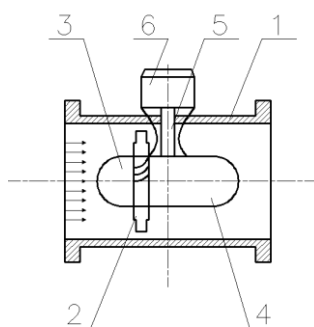
Найдено техническое решение по выбору рациональных формы и размеров внутренних обтекателей создаваемой конструкции газового счетчика. Показаны особенности течения газов в его проточной части, позволившие улучшить условия работы вращающегося лопаточного измерительного устройства счетчика серии СГ 16.

*Ключевые слова:* газовый счетчик, вращающееся лопаточное устройство, гидравлическое сопротивление, коэффициент потерь.

**Введение**

АО «Арзамасский приборостроительный завод им. П.И. Пландина» выпускает газовые счетчики серии СГ, которые устанавливаются в узлах учета магистральных трубопроводов высокого давления, распределительных сетях среднего и низкого давления и предназначены для измерения объема плавнотекущих потоков очищенных неагрессивных одно- и многокомпонентных газов (природный газ, воздух, азот, аргон и другие с плотностью при нормальных условиях не менее  $0,67 \text{ кг/м}^3$ ). Эти счетчики газа применяются в установках промышленных и коммунальных предприятий для учета при коммерческом и технологическом учете.

Согласно техническому заданию, выданному АО «АПЗ», в газодинамической лаборатории кафедры «Энергетические установки и тепловые двигатели» НГТУ им. Р.Е. Алексеева были выполнены газодинамические испытания вновь создаваемого на предприятии газового счетчика, конструкция которого представлена на рис. 1. Целью исследований являлось нахождение рациональных конструкций внутренних обтекателей 3 и 4, обеспечивающих улучшение условий работы вращающегося лопаточного устройства 2 и создающих минимальное гидравлическое сопротивление потоку газа. В ходе испытаний форма и размер обтекателей подвергались изменениям.

**Рис. 1. Схема счетчика газа:**

1 – корпус; 2 – лопаточное колесо; 3 – передний обтекатель; 4 – задний обтекатель;  
5 – кинематическая передача; 6 – счетное устройство

Исследования проводились на специальном стенде для газодинамических испытаний элементов турбомашин кафедры. Во время испытаний воздух забирался из помещения лаборатории центробежным нагнетателем типа Ц10-28 №5, на входе которого устанавливался испытуемый газовый счетчик. В установке предусматривалась возможность измерения и регулирования расхода воздуха в пределах от 0 до 2 кг/с, что соответствует режиму течения с

числом Рейнольдса до  $Re=2 \cdot 10^5$ . Траверсирование (измерение полей скорости и давления) входного и выходного сечений газового счетчика осуществлялось при помощи специального датчика-зонда. Входные параметры измерялись непосредственно перед фланцем (сеткой) счетчика, а выходные - в 30 мм от его кормового фланца через специальные уплотняемые радиальные отверстия. Относительная погрешность определения значений давления и скорости при принятой схеме измерений и оборудования не превышает 2%.

### Результаты экспериментального исследования аэродинамических характеристик газового счетчика и его элементов

В качестве критерия аэродинамического совершенства прочной части газового счетчика использовался коэффициент гидравлических (полных) потерь  $\zeta$ , определяемый по формуле

$$\zeta = \frac{\Delta P^*}{\frac{\rho \omega_{\text{ср}}^2}{2}},$$

где  $\Delta P^*$  - потери полного давления (Па);  $\rho$  - плотность газа ( $\text{кг}/\text{м}^3$ );  $\omega_{\text{ср}}$  - средняя скорость газа на входе в счетчик (м/с). Средняя по проходному сечению скорость определялась с учётом значений расходных составляющих

$$\omega_{\text{ср}} = \sum_1^n \omega_i \frac{F_i}{F_{\Sigma}},$$

где  $\omega_i$  - среднее значение скоростей (условно постоянных) в  $n$  концентрических кольцевых площадях  $F_i$ ;  $F_{\Sigma}$  - общая площадь проходного сечения,  $F_{\Sigma} = \pi d^2/4$ ;  $d$  - диаметр цилиндрической проточной части счетчика.

Значение коэффициента потерь входной сетки и кольцевого вращающегося лопаточного счетного устройства, состоящего из двух облопаченных дисков, определялись отдельно. Их величины составили  $\zeta_{\text{с}} = 4,5$  и  $\zeta_{\text{лд}} = 2,0$  соответственно.

Схемы предложенных конструкций обтекателей показаны на рис. 2 – рис. 10 (на рисунках ребра жесткости и крепежные стойки не показаны), а результаты испытаний приведены в табл. 1. На рисунках также показаны поля относительных скоростей до и после обтекателей, при этом относительная скорость определяется по соотношению  $\bar{\omega} = \frac{\omega_i}{\omega_{\text{ср}}}$ , где  $\omega_i$  - местное значение скорости;  $\omega_{\text{ср}}$  - средняя скорость потока газа. Отметим, что при траверсировании поток имел осевое направление в пределах чувствительности датчиков (+/- 10%).

Как показали результаты испытаний (рис. 2) наличие входной сетки несколько изменяет поле скоростей, но это изменение незначительно. В случае использования сетки с более крупной ячейкой сопротивление её существенно уменьшается (при отношении площади «живого» проходного сечения к общей площади, равном 0,5) значение  $\zeta_{\text{с}} = 1$ .

Относительно небольшие потери вращающегося лопаточного устройства позволяют в случае необходимости несколько увеличить число рабочих лопаток.

Обрезание цилиндрической части штатных обтекателей на ~ 50 мм осуществлялось до начала рёбер жесткости (сферической части) с дальнейшей их фиксацией в корпусе счетчика при помощи технического пластилина. Носовой и кормовой обтекатели параболической формы изготавливались из технического пластилина. Профиль этих параболических элементов в натуральную величину приведен на рис. 11 (размер координатной сетки 1 см).

Следует отметить, что использование носового обтекателя расширенно-суженной формы (рис. 6 и рис. 7) существенно увеличивает гидравлическое сопротивление счетчика, так как почти вдвое суживает и без того крайне стесненное проходное сечение, поэтому его применение следует признать нецелесообразным.

Таблица 1

## Результаты испытаний конструкций газового счетчика

№ рис.	Величина коэффициента потерь		
	без сетки и вращающегося лопаточного устройства	с сеткой и без вращающегося лопаточного устройства	с сеткой и вращающимся лопаточным устройством
2	7,3	11,8	13,8
3	4,5	9	11
4	4,3	8,8	10,8
5	1,8	6,3	8,3
6	16,5	21	23
7	14,9	19,4	21,4
8	6,1	10,6	12,6
9	6,5	11	13
10	5	9,5	11,5

Известно, что при протекании газов по узким кольцевым каналам потери давления существенно зависят от длины этих участков. Результаты исследований показывают, что уменьшение длины этих каналов (обрезание цилиндрических частей обтекателей) приводит к значительному уменьшению потерь.

Что касается формы обтекателей, то применение параболических элементов не привело к снижению потерь по сравнению с полусферическими (без цилиндрической части). Это можно объяснить тем, что при имеющихся месте значениях чисел Рейнольдса потери на трение в суженном кольцевом канале удлиненных обтекателей превышают потери, возникающие в вихревых зонах отрыва потока при обтекании полусфер.

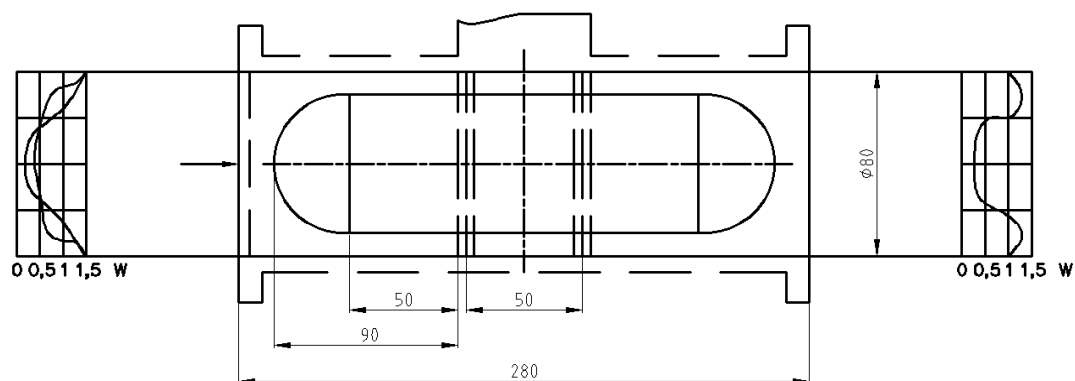


Рис. 2. Конструкция с двумя цилиндрическими обтекателями

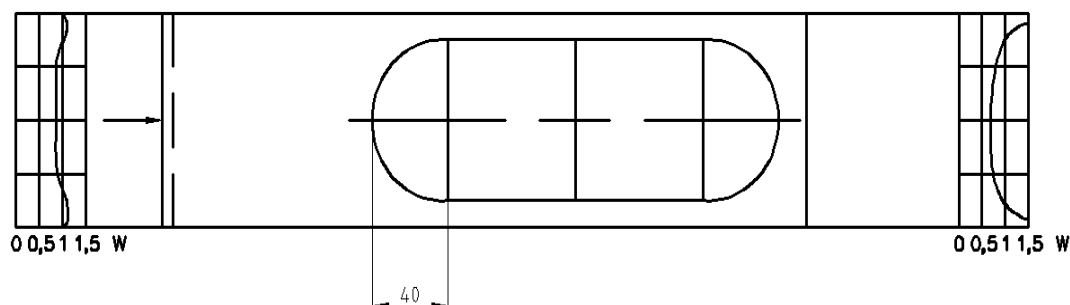


Рис. 3. Конструкция с полусферическим носовым и цилиндрическим кормовым обтекателями

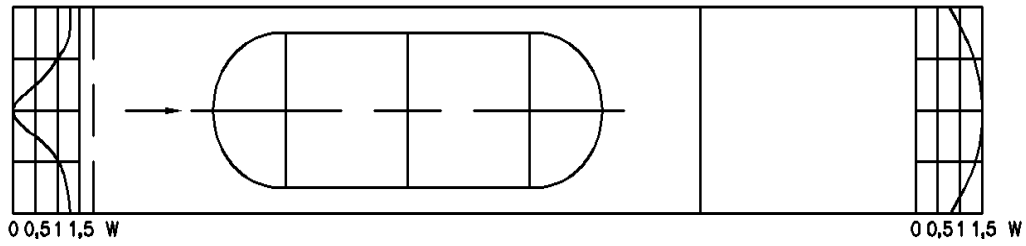


Рис. 4. Конструкция с цилиндрическим носовым полусферическим кормовым обтекателем

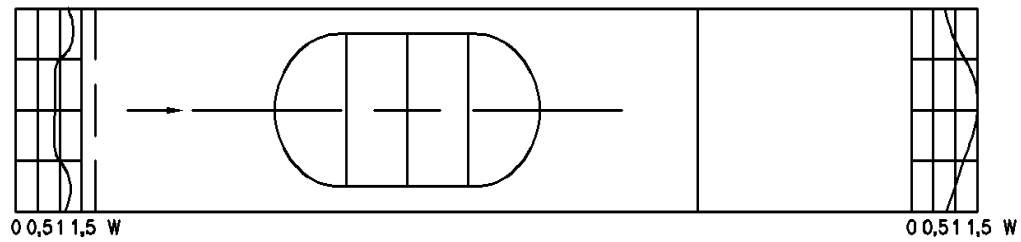


Рис. 5. Конструкция с двумя полусферическими обтекателями

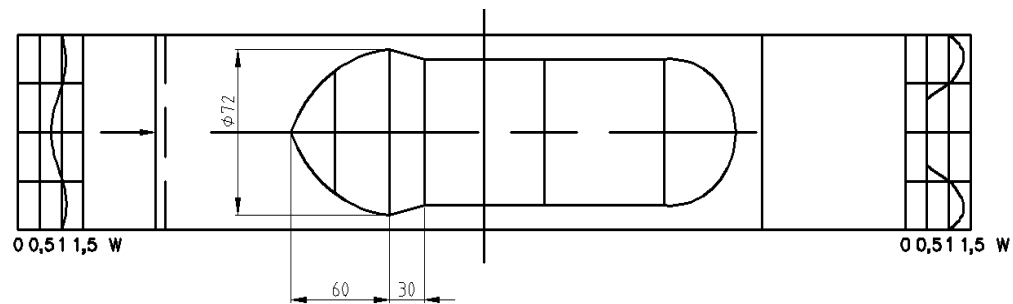


Рис. 6. Конструкция с расширенно – суженным носовым и цилиндрическим кормовым обтекателями

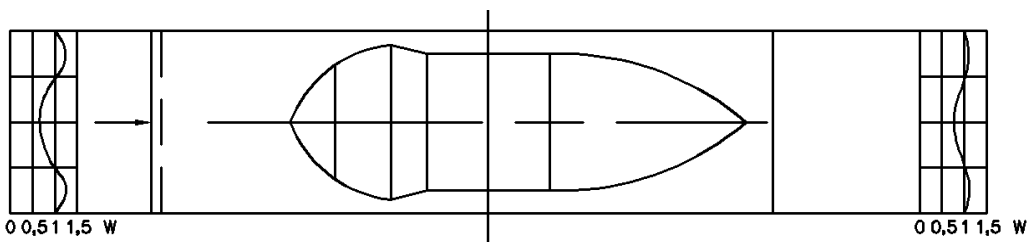


Рис. 7. Конструкция с расширенно – суженным носовым и параболическим кормовым обтекателем

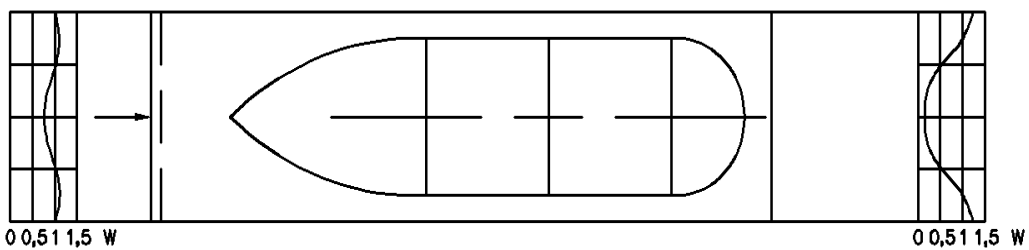
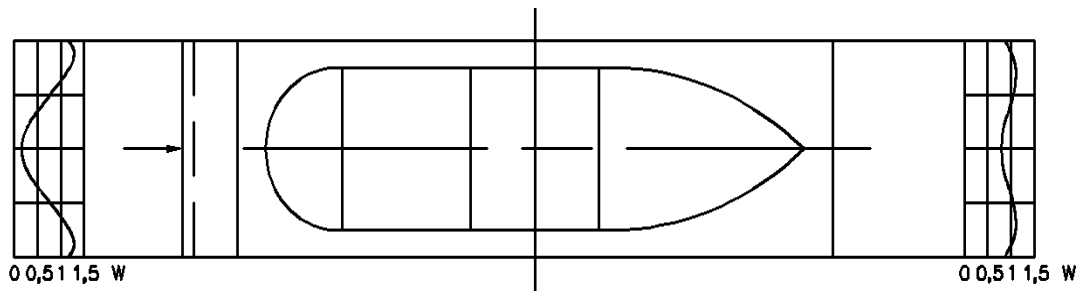
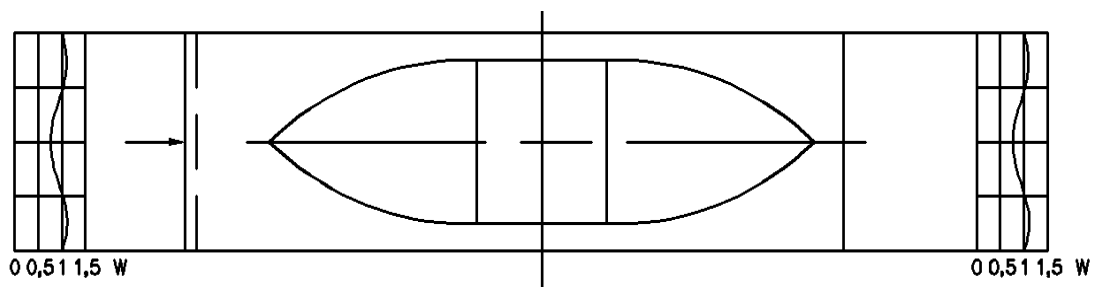


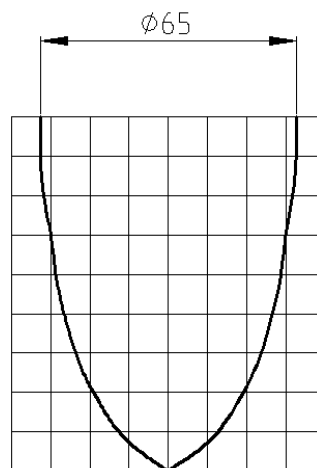
Рис. 8. Конструкция с параболическим носовым и цилиндрическим кормовым обтекателями



**Рис. 9. Конструкция с цилиндрическим носовым и параболическим кормовым обтекателями**



**Рис. 10. Конструкция с двумя параболическими обтекателями**



**Рис. 11. Форма профиля параболического обтекателя**

### Выводы

При разработке рациональной конструкции внутренних обтекателей газового счетчика были использованы результаты аэродинамических экспериментов, которые позволили сделать следующие выводы:

- использование штатного носового обтекателя расширенно-суженной формы нецелесообразно, так как почти вдвое увеличивает гидравлические потери счетчика по сравнению с штатными цилиндрическими обтекателями;
- удаление цилиндрических частей штатных обтекателей (при оставлении только полушфер перед и за лапачным вращающимся устройством) позволяет уменьшить потери давления более, чем на 40%;
- использование входной сетки с более крупной ячейкой (с отношением площадей «живого» проходного сечения к общей площади более 0.5) позволит существенно (почти в три раза) снизить гидравлическое сопротивление этого элемента;

- имеющие место относительно небольшие потери (по сравнению с другими элементами) вращающегося лопаточного аппарата позволяют несколько (на  $\sim 30\text{--}50\%$ ) увеличить число лопаток для более стабильной работы счетного привода.

В заключение необходимо отметить, что результаты проведенных исследований были использованы АО АПЗ при создании счетчика газа серии СГ16МТ-Р. Этот счетчик газа, как отмечено в рекламной информации предприятия, «имеет оригинальную конструкцию входного стабилизатора потока газа, благодаря чему при минимальной длине прямых участков до и после счетчика, равной  $2D_y$  и  $1D_y$ , обеспечивается высокая метрологическая стабильность».

*Дата поступления  
в редакцию 09.02.2017*

**S.N. Zelenov, P.V. Semashko**

## **AN EXPERIMENTAL STUDY OF THE AERODYNAMIC CHARACTERISTICS OF GAS COUNTER**

Nizhny Novgorod state technical university n.a. R.E. Alexeyev

It is found the technical solution by the selection of the rational of form and sizes of the inner cowls of the created construction of gas counter. The special features of the flow of gases in its flow area, which made it possible to improve the conditions for the work of the revolving blade measuring device of the counter of a series SG 16.

*Key words:* gas counter, the revolving blade device, hydraulic resistance, loss factor.