

Горохов А.Л., Магала В.А., Манин А.Л.

## Преобразователи расхода производства ЗАО НПО «Промприбор»

Статья посвящена преобразователям расхода (далее преобразователи) вихревым ВПС и электромагнитным МастерФлоу, выпускаемым в настоящее время предприятием ЗАО НПО «Промприбор». Некоторая информация об этапах создания преобразователей ВПС представлена в опубликованных ранее статьях [1,2]. С момента публикации материалов преобразователи ВПС, с учетом появившегося опыта эксплуатации, подверглись усовершенствованию и достойно занимают свою нишу на рынке приборов учета. В связи с этим предприятие считает возможным рассказать о собственных поисках, приведших к созданию ВПС. За это же время предприятием разработаны и сертифицированы электромагнитные преобразователи Мастер Флоу и с 2006 года начато их серийное производство. В статье представлена информация о некоторых особенностях этих преобразователей.

Главная цель технической политики предприятия - создание и предложение рынку простой по конструкции и в то же время надежной продукции (преобразователей расхода, счетчиков – расходомеров, теплосчетчиков и т.д.). Что касается преобразователей расхода – это создание приборов, способных работать, при сохранении метрологических характеристик, в российских условиях, характеризующихся нестабильностью параметров и низким качеством измеряемых сред.

Предприятие, имея опыт разработки, производства и эксплуатации преобразователей расхода – с 1993 года выпускались левитирующие преобразователи, использовавшие принцип перемещения постоянного магнитного поля относительно проводника, в 1996 году разрабатывает, а в 1997 году сертифицирует и начинает серийно производить вихревые электромагнитные преобразователи расхода ВЭПС – Т(И).

В основу разработки заложен физический принцип, основанный на непосредственной связи частоты вихреобразования ( количества вихрей) со скоростью (объемом) жидкости, обтекающей неподвижное тело – источник вихрей. Для индикации вихрей используется прямая зависимость силы воздействия постоянного магнитного поля на электрические заряды в движущейся электропроводной жидкости (сила Лоренца) со скоростью движения жидкости. Разработанная конструкция электромагнитного преобразователя характеризуется некоторыми особенностями, выгодно отличающими ее от известных на тот момент аналогов:

1. Проточная часть преобразователя, изготавливаемая из нержавеющей немагнитной стали, представляет собой конфузурно - диффузорный канал, что позволяет реализовать динамический диапазон изменения расхода (далее динамический диапазон) 25:1 с приемлемым, при максимальном расходе, гидравлическим сопротивлением, не превышающим 0.03 МПа.

2. Магнитное поле в зоне формирования электрического сигнала создается двумя цилиндрическими магнитами – кольцевым и дисковым, установленными в диаметрально противоположных точках, относительно оси электрода, что позволяет увеличить уровень полезного сигнала при малых расходах.

3. Для обработки сигналов в преобразователях используется микро-процессорная техника, что позволяет аппроксимировать характеристику преобразователя – связь расхода объемного  $Q$  с частотой вихреобразования  $f$  в виде прямой  $Q = a \cdot f + b$  и реализовать во всем диапазоне измерения относительную погрешность, не превышающую  $|\pm 1\%|$ .

4. Применяется микромощная электроника, что позволяет создать преобразователь с автономным питанием от литиевой батареи со сроком службы не менее четырех лет.

Прибор имеет степень защиты IP65, электронный блок помещается в экранированный корпус

Оригинальные технические решения, заложенные в конструкцию преобразователей, защищены патентами.

Выпускаются преобразователи для всего ряда значений диаметров условного прохода в диапазоне от Ду 20 до Ду 200 мм. Для каждого типоразмера тщательными исследованиями определяются оптимальные геометрические характеристики турбулизатора, электрода, расстояние между турбулизатором и электродом. Расходные характеристики преобразователей представлены в таблице 1.

В России и странах ближнего зарубежья эксплуатируются тысячи преобразователей ВЭПС – Т(И), произведенных в ЗАО НПО «Пром-прибор». Прибор надежен, неприхотлив к условиям эксплуатации. Первые годы эксплуатации обозначают чисто российские проблемы, к которым относятся: грязная вода с самыми разными включениями - от продуктов коррозии, солей металлов, ветоши, обыкновенной грязи и металлической стружки до нерастворенного воздуха, высокая влажность и значительные колебания температуры в окружающей среде, периодические сливы воды из сетей и технология их заполнения, при которой преобразователь можно вывести из строя, наличие значительных электрических токов в трубопроводах, значительные

Таблица 1

Ду, мм	20	25	32	40	50	65
Максимальный расход, м <sup>3</sup> /час	4.0	6.3	10	16	25	40
Минимальный расход, м <sup>3</sup> /час	0.16	0.25	0.40	0.63	1.00	1.60
Порог чувствительности, м <sup>3</sup> /час	0.08	0.13	0.20	0.32	0.50	0.80

Продолжение таблицы 1.

Ду, мм	80	100	125	150	200
Максимальный расход, м <sup>3</sup> /час	63	100	160	250	630
Минимальный расход, м <sup>3</sup> /час	2.50	4.00	6.30	10.00	25.00
Порог чувствительности, м <sup>3</sup> /час	1.25	2.00	3.15	3.00	12.50

электромагнитные помехи. По мере накопления информации о работе преобразователей в руководстве по эксплуатации появляются соответствующие требования и рекомендации. Опыт эксплуатации преобразователей у заказчика показывает, что нарушения в работе приборов, как правило, обусловлены нарушениями требований руководства по эксплуатации или нарушениями технологических процессов в системах, в которых эксплуатируются преобразователи.

Прошло время и преобразователи ВЭПС – Т(И) по некоторым характеристикам начинают отставать от требований рынка и «суровой» реальности российских условий:

1. Динамический диапазон 25:1 ограничивает применение преобразователей расхода в системах со значительным изменением расхода (открытые системы теплоснабжения, системы домового холодного и горячего водоснабжения). Время требует наличия преобразователей с динамическим диапазоном не менее 50:1.
2. Заметное гидравлическое сопротивление преобразователя ( 0.03 МПа при максимальном расходе) снижает его конкурентоспособность

(относительно электромагнитных преобразователей расхода) при участии в тендерах.

3. Низкое качество воды, о котором упомянуто ранее, накладывает заметные ограничения на востребованность и использование приборов без магнито-механических фильтров, наличие которых далеко не всегда гарантирует работоспособность преобразователя на конкретных измеряемых средах.

Потребность в более широком динамическом диапазоне объективно продиктована желанием измерить все, что поставляется и потребляется. Что касается «заметных» на максимальном расходе гидравлических потерь в преобразователе, то, при российском выборе преобразователей (как правило, по диаметру), снижение конкурентоспособности преобразователей по этой причине определяется в основном психологическим моментом. На рабочих – эксплуатационных режимах гидравлическое сопротивление преобразователей соизмеримо с погрешностью определения давления в трубопроводе [3]. Борьба с низким качеством измеряемых сред в России (если хочешь продавать свои преобразователи) – задача безнадежная (до настоящего времени[4]).

В силу вышеизложенного в 2000 году предприятие приступает к разработке совершенно нового вихревого электромагнитного преобразователя, который должен удовлетворить более жестким требованиям рынка – увеличенный динамический диапазон, уменьшенное гидравлическое сопротивление и устойчивость к загрязнению измеряемой среды.

Задача непростая, т.к. одновременная реализация двух первых обозначенных требований в существующей конструкции турбулизатора практически невозможна (увеличение динамического диапазона требует увеличения размеров турбулизатора, а уменьшение гидравлического сопротивления – его уменьшения).

И здесь уместно обратить внимание на особенности физики процесса, происходящего в канале (содержащем турбулизатор) при вихреобразовании. О турбулизаторе большинство авторов упоминает как о **плохо обтекаемом симметричном теле**[5]. Не вдаваясь в детали, определяющие появление вихря на поверхности турбулизатора, следует обратить внимание на то, что само появление вихря создает циркуляцию скорости у турбулизатора, обеспечивающую при отрыве вихря от поверхности турбулизатора замещение его дополнительным количеством жидкости, отобранном из области, в которой отрыв отсутствует. А это приводит к смещению точки разделения потока жидкости перед турбулизатором (на поверхности плохообтекаемой входной части турбулизатора, нормальной к набегающему потоку) в сторону безвихре-

вой области. Скорость с вихревой стороны турбулизатора при этом возрастает, скорость с противоположной стороны турбулизатора падает. Изначально потенциальный поток в отсутствие воздействия внешних сил должен остаться потенциальным, поэтому в области с пониженной скоростью сформируется и оторвется вихрь с противоположной циркуляцией, и так, при наличии движения жидкости, до бесконечности. Следует обратить внимание, что в этом случае отрыв вихря связан с изменением характера течения всего набегающего потока (наличие перемещающейся – колеблющейся точки разделения потока) и именно с этим связан сравнительно небольшой динамический диапазон по расходу со стабильной генерацией вихрей. При течении в поле постоянных магнитов периодическая разница в скорости течения жидкости в разных областях турбулизатора и в следе за ним приводит к циклическому изменению электродвижущей силы, индицируемой электродом. Заметное снижение гидравлического сопротивления такого турбулизатора практически невозможно, т.к. может быть достигнуто только за счет придания его входной части удобообтекаемой (клинообразной) формы, но при этом появляется система из двух стационарных вихревых областей, поток становится безотрывным и в целом потенциальным.

В 2000 году в ЗАО НПО «Промприбор» создается стенд визуализации для отработки турбулизатора с широким динамическим диапазоном изменения расхода и уменьшенным сопротивлением. Известно [6], что суммарное сопротивление двух «цилиндров» (цилиндрических тел), установленных друг за другом в потоке жидкости, при определенных условиях – расстояние между телами, может быть меньше сопротивления одиночного тела. За основу принимается схема турбулизатора, включающая два тела обтекания: компенсатор гидравлических сопротивлений (далее компенсатор), представляющий трехгранную призму (в поперечном сечении равнобедренный треугольник, острым углом (вершиной) направленный навстречу потоку и основанием, ориентированным нормально к направлению потока), и непосредственно турбулизатор – генератор вихрей, расположенный вниз по потоку и представляющий трехгранную призму (в поперечном сечении равнобедренный треугольник с вершиной, направленной вниз по потоку, и основанием, ориентированным нормально к направлению потока), разделенные зазором. Основная задача – определение геометрических параметров турбулизатора – ширины основания, углов при вершине и зазора, обеспечивающих устойчивое вихреобразование и минимальное гидравлическое сопротивление. Эксперименты подтвердили правильность выбранной схемы. Точка разделения потока жидкости

в системе компенсатор – турбулизатор стационарно расположилась в области входной кромки компенсатора, течение до и у компенсатора приобрело стабильный характер - отрыв вихрей от поверхностей турбулизатора перестал сказываться на течении в канале перед турбулизатором. Процесс замещения жидкости, уносимой при отрыве вихря от поверхности турбулизатора, - отбор жидкости из безотрывной области осуществляется через зазор между компенсатором и турбулизатором. Отрыв вихрей приводит к колебательному характеру движения жидкости в зазоре. При согласовании колебательных процессов вихреобразования у турбулизатора и в зазоре реализуется устойчивая генерация в широком диапазоне изменения расходов, практически не зависящем от ширины (миделя) турбулизатора. В условиях стенда достигается динамический диапазон более 200:1.

Отработка конструкции осуществляется на модели преобразователя для Ду 40мм. В результате определены оптимальные параметры турбулизатора: ширина основания турбулизатора, зазор абсолютный и углы при вершинах компенсатора и турбулизатора. При этом обозначен динамический диапазон 100:1, полученный за счет уменьшения, относительно реализованных в ВЭПС – Т(И), минимального и увеличения максимального расходов, гидравлическое сопротивление уменьшено более чем в три раза, как за счет компенсатора, так и за счет уменьшения ширины турбулизатора.

Результаты, полученные при отработке модели преобразователя Ду 40 мм (гарантированный динамический диапазон 100:1 и гидравлическое сопротивление при номинальном расходе менее 0.01 МПа), положены в основу разработки преобразователей типа ВПС всего ряда типоразмеров диаметров условного прохода от 20 до 200 мм. Частичная унификация узлов электронного блока и других элементов преобразователя в ряде случаев привела к отказу от простого моделирования преобразователя Ду 40 мм. Геометрические параметры компенсатора для всех преобразователей смоделированы из экспериментального, а турбулизатор имеет углы при вершине от 38 до 90 градусов. Формула для зазора между компенсатором и турбулизатором при любых углах в турбулизаторе, полученная решением уравнений неразрывности и количества движения для отрывной зоны и зазора в турбулизаторе и проверенная экспериментально, имеет вид

$$\delta = \frac{\text{Sh} \cdot \left( 1 - \frac{4 \cdot b_0}{\pi} \right)^2 \cdot \pi \cdot d_0}{2.08}$$

где:

$\delta$  – зазор в турбулизаторе;

$b_0$  – ширина(мидель) турбулизатора  $b$ , отнесенная к внутреннему диаметру канала  $d_0$ ;

$Sh$  – число Струхала;

$$Sh = \frac{f \cdot b}{C_0}$$

$f$  – частота вихреобразования;

$C_0$  – осредненная скорость в канале преобразователя.

Расширение динамического диапазона преобразователя приводит к увеличению степени нелинейности в нижней половине его характеристики [1] от 7% при динамическом диапазоне 25:1 (преобразователи типа ВЭПС – Т(И) до 40% при динамическом диапазоне 100:1 (вихревые преобразователи с новым двойным турбулизатором производства ЗАО НПО «Промприбор»). Преобразователи градуируются и поверяются на проливных установках, как правило, при температурах  $20 \pm 10^\circ\text{C}$ . В реальных условиях они работают при температурах от  $+4^\circ\text{C}$  до  $+150^\circ\text{C}$ . Увеличение температуры воды (теплоносителя) приводит к уменьшению кинематической вязкости, соответствующему увеличению числа Рейнольдса ( $Re$ ) и уменьшению, в нижней половине характеристики преобразователя, числа Струхала ( $Sh$ ), т.е. частоты ( $f$ ), и, следовательно, к уменьшению, относительно реального, измеренного расхода: до 5% при температуре воды  $+50^\circ\text{C}$ , до 9% при температуре воды  $+90^\circ\text{C}$ , до 11% при температуре воды  $135^\circ\text{C}$  и к увеличению до 3% при температуре воды  $+10^\circ\text{C}$ . Приведенные результаты получены при испытаниях преобразователей ВПС для  $D_u$  40 мм. При уменьшении диаметра типоразмера влияние температуры заметно увеличивается и достигает уровня до 3-4% на каждые  $10^\circ\text{C}$  увеличения температуры. В связи с вышеизложенным в преобразователях ВПС вводится температурная коррекция, осуществленная введением поправки на вязкость [1,2], позволившая преобразователям ВПС обеспечить неизменность метрологических характеристик в диапазоне изменения температур от  $+4$  до  $+150^\circ\text{C}$ , что неоднократно подтверждено испытаниями на «холодной» воде на проливных установках ЗАО НПО «Промприбор», Калужского ЦСМ и ОАО «ТЕВИС» г. Тольятти, на холодной и горячей воде (с температурой до  $+96^\circ\text{C}$ ) в ГЦИ СИ НИИ ТЕПЛОПРИБОР [1,2].

Для преобразователей типа ВЭПС – Т(И) с динамическим диапазоном 25:1 это влияние на порядок меньше, но в общем случае степень такого влияния определяется нелинейностью характеристики конкретного преобразователя и должна определяться испытаниями на горячей воде.

Весь ряд типоразмеров диаметров условного прохода от 20 до 200 мм преобразователей ВПС выполнен по одной схеме – измерительная труба с турбулизатором. Предприятием рассматривалась возможность создания, начиная с диаметра условного прохода 80 мм, модульной конструкции преобразователя, выполненного в виде трубы с размещаемым в ней модулем – преобразователем меньшего типоразмера. Схема сулила массу преимуществ: уменьшение гидравлического сопротивления, удешевление конструкции (за счет материалов и сокращения сроков разработки и доводки) и возможность освоения в дальнейшем области больших диаметров. Изготовлены и испытаны образцы Ду 80, 100 и 125 мм. Но первые же испытания выявили существенные недостатки этой конструкции. Разброс результатов измерений составил до 1%, в то время как на предприятии допустимый уровень не превышает 0.6%, а на практике не превышает 0.4%. Анализ показал, что причина заключается в низкочастотных, с частотой менее  $0.1 \text{ с}^{-1}$ , колебаниях - перераспределении расхода между основным каналом и каналом модуля. Выявилось влияние изменения температуры воды на погрешность преобразователя. Даже в условиях проливной установки при расходе, составлявшем 75% от максимального, увеличение температуры воды на  $10^\circ\text{C}$  приводило к изменению погрешности до 1%. Причина обусловлена перераспределением гидравлических сопротивлений каналов основного и модуля при изменении температуры, связанная в основном с разным изменением местных сопротивлений этих каналов. На рис. 1 представлена зависимость относительного расхода через канал модуля модели модульного преобразователя Ду 80 мм, при неизменном расходе суммарном через преобразователь 75 м<sup>3</sup>/час, от температуры воды, полученная расчетным путем. Причем этот эффект не зависит от динамического диапазона преобразователя, т.к. имеет место при любом расходе. Для снижения этого эффекта необходимо вводить в основной канал добавочное местное сопротивление. Правильность выбора этого сопротивления обязательно проверять на горячей воде. Приняв во внимание, что потенциально возможные преимущества не состоялись, а еще одна термо- или дополнительная гидравлическая коррекция это еще два **очень серьезных** направления в работе, предприятие отказывается от модульной схемы.

В процессе эксплуатации преобразователей на объектах (в частности в Тульской области – тепловые сети) проявляются случаи отказов в работе, особенно в системах с регулированием расхода теплоносителя в течение суток. Анализ ситуации выявил наличие мощных отложенных ферромагнитных включений, «выловленных» дисковым магнитом



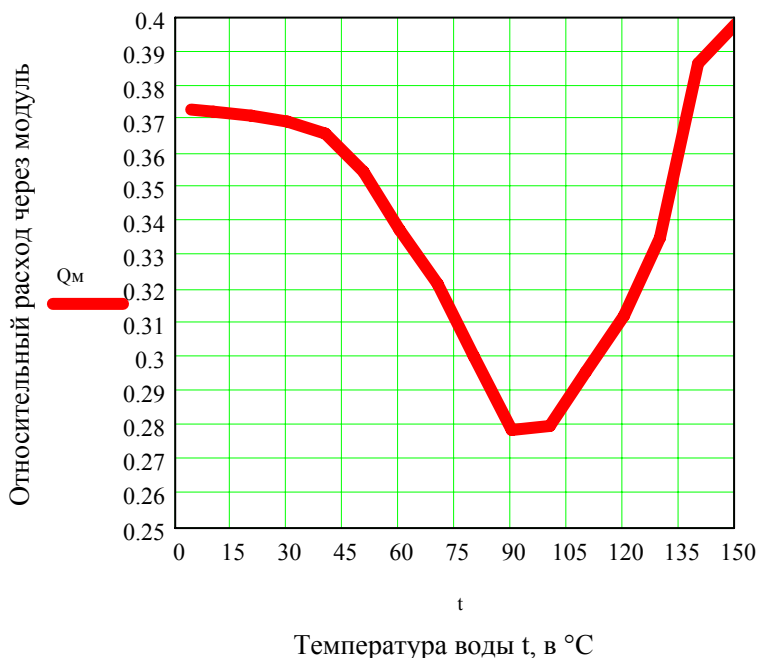


Рис.1 Влияние температуры воды на относительный расход через модуль (преобразователь Ду 80 мм, модуль Ду 50 мм, расход суммарный через преобразователь 75 м<sup>3</sup>/час)

из теплоносителя при уменьшении расхода теплоносителя. С целью устранения возможности появления таких отложений модернизируется магнитная система. Дисковый магнит заменяется кольцевым и оба – верхний и нижний кольцевые магниты снабжаются цилиндрическими полюсными наконечниками, которые размещаются на торце магнитов соосно их оси и обращены торцами к поверхности измерительного участка преобразователя. Полюсный наконечник представляет собой полый цилиндр, с наружным диаметром и высотой, равными наружному диаметру и толщине соответственно кольцевого магнита. Толщина стенки составляет от 0.005 до 0.2 наружного диаметра кольцевого магнита. На рис. 2 и 3 представлены результаты измерений распределения магнитной индукции вдоль линии пересечения внутренней поверхности трубы преобразователя ВПС Ду 65 мм с плоскостью электрода, нормальной к оси трубы преобразователя для магнитной системы с обычными магнитами (Рис. 2) и для магнитной системы с

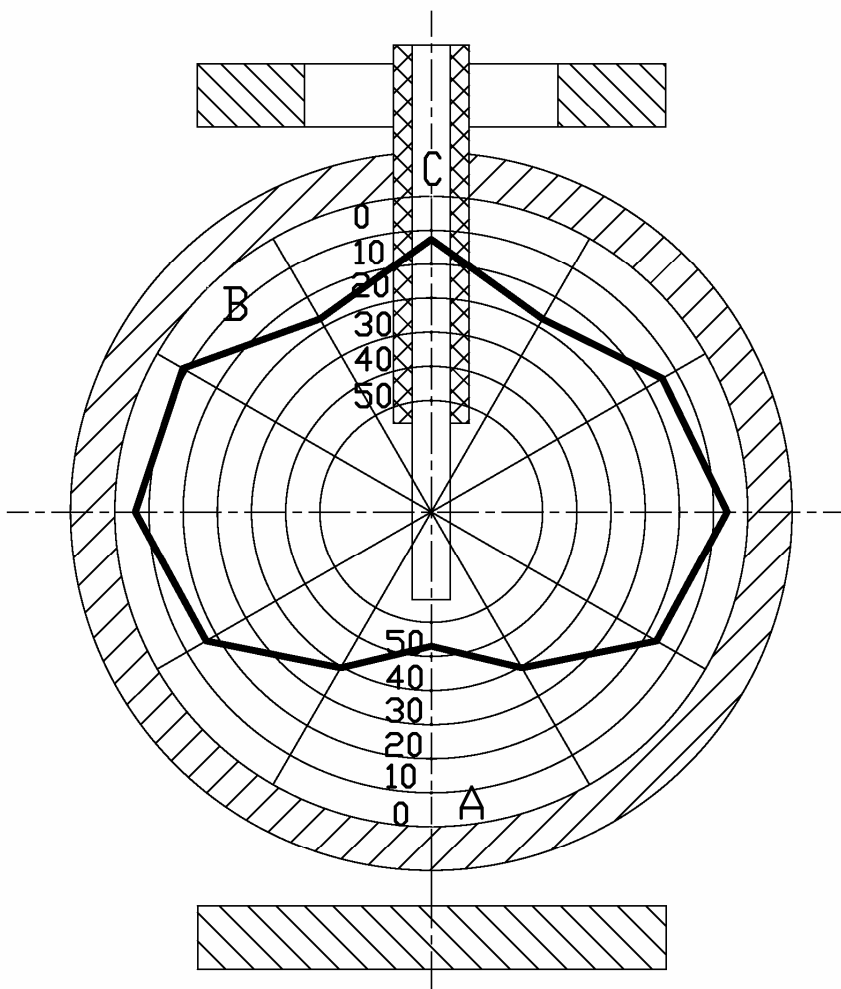


Рис. 2 Распределение магнитного поля в плоскости электрода преобразователя ВПС1 Ду 65 мм, магнитная система с обычными магнитами (индукция магнитного поля в мТл)

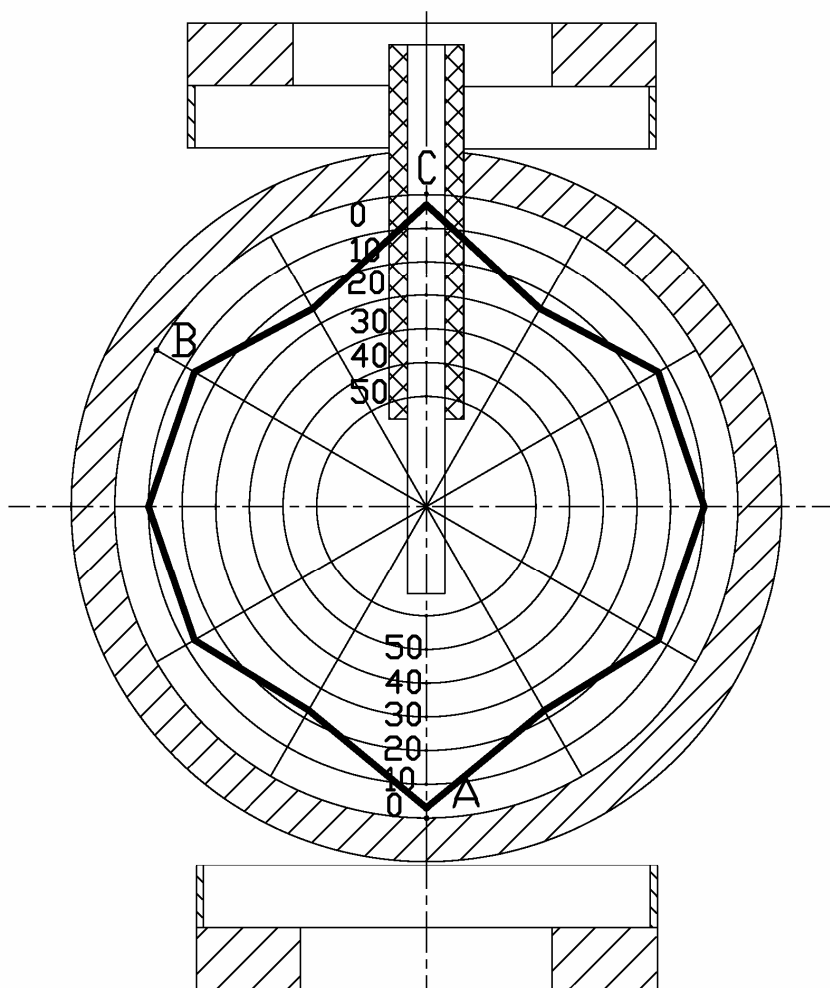


Рис. 3 Распределение магнитного поля в плоскости электрода преобразователя ВПС1 Ду 65 мм, магнитная система с полюсными наконечниками (индукция магнитного поля в мТл)

полюсными наконечниками (Рис. 3). Магнитная система с полюсными наконечниками обеспечивает распределение магнитного поля на внутренней поверхности трубопровода в области электрода, при котором его максимум локализован на узкой овально - кольцевой площадке вследствие чего магнитные силы, действующие на ферромагнитные частицы, в отличие от магнитной системы без наконечников, недостаточны для противодействия напору движущейся жидкости. Ферромагнитные частицы не удерживаются на внутренней поверхности трубопровода даже при минимальном расходе, а возможное задержание на некоторое время частиц, в силу удаленности их от электроконтактной части электрода, не может оказать заметного влияния на характер электрического сигнала. Сила притяжения ферромагнитных частиц по внутренней поверхности трубопровода в области электрода снизилась почти в 10 раз. При этом динамический диапазон и метрологические характеристики преобразователей не изменились.

Технические решения, заложенные в конструкцию турбулизатора и магнитной системы, защищены патентами.

В настоящее время ЗАО НПО «Промприбор» производит преобразователи вихревого типа в двух модификациях:

ВПС1 с динамическим диапазоном 100:1

ВПС2 с динамическим диапазоном 50:1

Предприятие, систематически анализируя состояние рынка приборов учета, внимательно присматривается к представленным на рынке преобразователям электромагнитного типа. Главные декларируемые [5] достоинства этих преобразователей: независимость показаний от вязкости (температуры) и плотности измеряемой жидкости, возможность применения в трубах любого диаметра, отсутствие потери давления, линейность шкалы, меньшие длины прямых участков труб и др. На предприятии представляют, что в природе не существуют преобразователи без недостатков. Обозначенные (скорее желаемые) достоинства электромагнитных преобразователей достаточно реальны, но их наличие во многом определяется конструкцией, динамическим диапазоном и типоразмером преобразователя. Независимость показаний от температуры действительно реальна для прямоугольных каналов, для круглого сечения канала, уже при динамическом диапазоне до 100:1, возможна заметная нелинейность характеристики [1]. Не случайно преобразователи, представленные на нашем рынке западными фирмами, измеряют расходы при скорости течения жидкости в канале преобразователя практически от 0.01 до 12м/с, но высокие метрологические характеристики нормируют, как правило, для динамического диапазона не более 40:1. Отечественные производители предлагают

преобразователи с нормированными метрологическими характеристиками при динамических диапазонах более 200:1, декларируя независимость их от температуры. А при таких динамических диапазонах реализация независимости от температуры в нижней половине характеристики предполагает конструкцию преобразователя, максимально соответствующую физике процессов, происходящих в нем, т.к. сама по себе независимость далеко не обязательна. Авторам (не исключаем, что и многим читателям) приходилось быть свидетелями проверок электромагнитных преобразователей на **горячеводной** проливной установке, когда преобразователи нормально поверялись во всем динамическом диапазоне при температуре 20 – 30°C и уходили на 2-9% при номинальных расходах и до 30-40% при расходах, близких к минимальным, при температуре воды 60-90°C.

Постоянный и растущий в последние годы спрос на преобразователи расхода электромагнитного типа, существующий парк предлагаемых рынку отечественных и зарубежных электромагнитных преобразователей побуждают предприятие к разработке собственных преобразователей электромагнитного типа. В 2005 году ЗАО НПО «Промприбор» приступает к работам по созданию нового для предприятия электромагнитного преобразователя. Поставлена задача - создать простой по конструкции и конкурентоспособный, т.е. приемлемый по цене и действительно независимый от температуры с динамическим диапазоном, не уступающим продаваемым на рынке, преобразователь. Разработанная конструкция достаточно традиционна. Измерительная труба, выполненная из нержавеющей немагнитной стали, фторопластовая футеровка, индуктор и электроды. Предприятию удастся реализовать характеристику преобразователя со степенью нелинейности, не превышающей 6% во всем заявленном динамическом диапазоне, и ее кусочно-линейную аппроксимацию, оптимизировать параметры переменного электромагнитного поля, разработать технологию подготовки преобразователя к работе. В результате создан преобразователь с заявленными в широком динамическом диапазоне достойными метрологическими характеристиками и с «характерными» для электромагнитных преобразователей преимуществами, Мастер Флоу (МФ).

Преобразователи проходят поверку на проливных установках в ЗАО НПО «Промприбор» (Калуга), ЗАО ИВК «Саяны» (Малоярославец), ЗАО Новосибирскэнергосбыт (Новосибирск) при температуре воды от +15 до +30°C и в ГЦИ СИ НИИ ТЕПЛОПРИБОР (Москва), ЗАО «Тепловодомер» (Мытищи) при температурах воды от +15 до +110°C. Результаты поверки электромагнитного преобразователя МФ-2.2-Б-40 зав. № 04000095 на горячеводном стенде ЗАО Тепловодомер

при температурах 20, 75, 90 и 110°C, выполненной 23 июня 2006 г., представлены на рис. 4. Преобразователь практически не вышел за пределы заявленной метрологии.

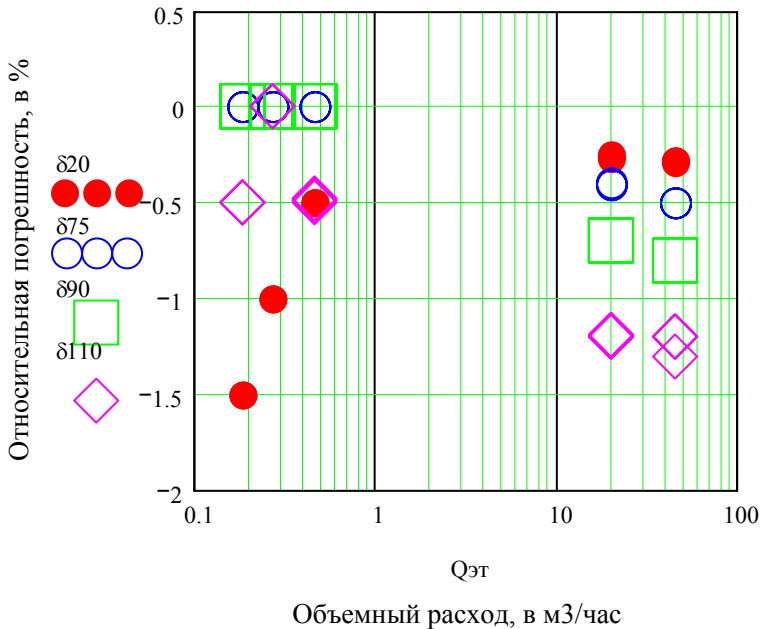


Рис. 4 Относительная погрешность преобразователя расхода МФ-2.2-Б-40 при температуре воды 20, 75, 90 и 110

Исследования по влиянию местных сопротивлений (загромождение и внезапное расширение) перед преобразователем МФ на его метрологические характеристики подтвердили практическое отсутствие влияния местного сопротивления в виде 50% перекрытия поперечного сечения канала трубопровода шайбой – сегментом, хорда которого равна диаметру внутреннего сечения трубы, устанавливаемой на расстоянии, равном 10-и и даже 4-м внутренним диаметрам трубы. Результаты таких испытаний с преобразователем МФ-2.2-Б-40 приведены на рис. 5. На рис. 6 представлена экспериментальная характеристика преобразователя МФ-2.2-Б-65, установленного в трубопроводе Ду 80 мм без переходных участков. Относительная погрешность определения расхода

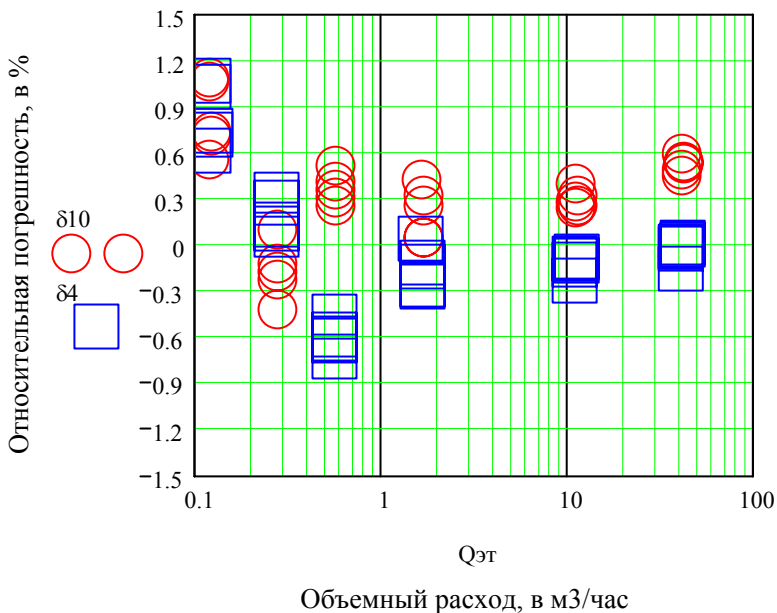


Рис. 5 Влияние длины прямого участка трубопровода между местным сопротивлением и преобразователем на погрешность определения расхода

в пределах заявленной метрологии, т.е. наличие двух местных сопротивлений – внезапного сужения непосредственно на входе и внезапного расширения непосредственно на выходе преобразователя с внезапным изменением до 30 % площади поперечного сечения канала не сказывается на погрешности преобразователя.

Созданный предприятием электромагнитный преобразователь обладает достаточно широким динамическим диапазоном и экспериментально проверенными главными ожидаемыми от электромагнитных преобразователей достоинствами – отсутствием влияния температуры измеряемой среды и местных сопротивлений на метрологические характеристики. Предприятием в настоящее время производятся преобразователи практически всего ряда типоразмеров диаметров условного прохода от 20 до 150 мм. Преобразователи разделены на три класса А1, А2 и Б, отличающиеся динамическим диапазоном (500:1 для классов А1 и А2 и 250:1 для класса Б) и границами областей по расходу с

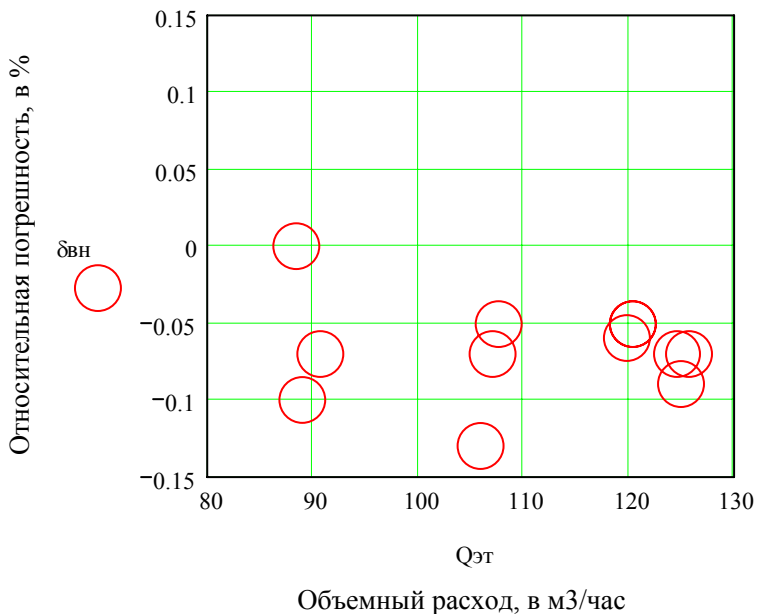


Рис. 6 Характеристика преобразователя МФ-2.2-Б.65, установленного в трубопроводе Ду 80 мм без переходных участков

фиксированными пределами допустимой относительной погрешности. Выпускаются также преобразователи в реверсивном исполнении.

В настоящее время предприятие предлагает потребителю преобразователи электромагнитные и вихревые.

Электромагнитные преобразователи производства ЗАО НПО «Промприбор» в сравнении с вихревыми обладают существенно более широким динамическим диапазоном и практически отсутствием гидравлического сопротивления, что является заметным преимуществом. Однако обязательность наличия внешнего источника электрической энергии ограничивает их использование в условиях российской конкретики. Опасно – в сырых, а то и подтопленных подвалах жилых домов и других зданий и сооружений, невозможно – на объектах, удаленных от источников электроэнергии и т.п.

Для таких объектов предприятием предлагаются преобразователи вихревого типа. Вихревые – при их заметно более узком диапазоне, имеют свои преимущества – определенность в работе – либо работают,



либо нет, стабильность метрологических характеристик во времени и главное преимущество – автономное питание, т.е. возможна установка вдали от источников электроэнергии и в тех же сырых или полувлажных подвалах.

Выбирать потребителю.

#### Литература:

1. А.С. Анчишкин, А.Л. Горохов, В.А. Магала, А.Л. Манин. Опыт ЗАО НПО «Промприбор» по созданию преобразователей расхода для работы в широком диапазоне изменения температур измеряемой среды. Коммерческий учет энергоносителей.»Материалы 19-й Международной научно-практической конференции. 20-22 апреля 2004 Санкт-Петербург, 2004.
2. А.С. Анчишкин, А.Л. Горохов, В.А. Магала, А.Л. Манин. Опыт создания и эксплуатации преобразователей расхода, выпускаемых ЗАО НПО «Промприбор». Совершенствование измерений расхода, регулирование и коммерческий учет энергоносителей. Материалы 3го Международного научно-практического форума двух конференций: 18-й-«Коммерческий учет энергоносителей» и 13-й-«Совершенствование измерений расхода жидкости, газа и пара». 2-4 декабря 2003, Санкт-Петербург, 2003 г.
3. Магала В.А., Манин А.Л. О «российском выборе» типа преобразователя. «Коммерческий учет энергоносителей» Материалы 26й международной научно-практической конференции 20-22 ноября 2007 года. Санкт Петербург 2007 г.
4. Магала В.А., Манин А.Л. О небалансе расходов в закрытых системах теплоснабжения. Материалы 26й международной научно-практической конференции 20-22 ноября 2007 года. Санкт Петербург 2007 г.
5. П.П. Кремлевский «Расходомеры и счетчики количества вещества» Справочник. Книга вторая. Политехника Санкт-Петербург 2004.

6. И.Е. Идельчик «Справочник по гидравлическим сопротивлениям» Издание второе, переработанное и дополненное. Москва «Машиностроение», 1975.

Авторы:

**Горохов Андрей Львович**, генеральный директор ЗАО НПО «Промприбор»  
т/ф (4842) 550-248, 556-581

**Магала Владимир Александрович**, заместитель директора ЗАО НПО «Промприбор», к.т.н.  
т/ф (4842) 550-258, 556- 583

**Манин Андрей Львович**, заместитель генерального директора ЗАО НПО «Промприбор».  
т/ф (4842) 550-248, 550-438

**ЗАО НПО «Промприбор»**  
248001, г. Калуга, ул. Складская, 4