

УДК 681.121.4+681.121.8(035)

М.С. ЛУРЬЕ, д.т.н., профессор (СибГТУ)

О.М. ЛУРЬЕ, к.т.н., доцент (СибГТУ)

А.С. ФРОЛОВ, к.т.н., доцент (СибГТУ)

г. Красноярск

ПОГРУЖНЫЕ ВИХРЕВЫЕ РАСХОДОМЕРЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ В ВОДОЕМАХ

Экологические проблемы, связанные с производственной деятельностью промышленных предприятий невозможно решить без осуществления мониторинга их сточных вод, одной из составляющих которого является строгий учет их объема.

Для измерения количества сточных вод необходимо соответствующие расходоизмерительное оборудование: расходомеры и водосчетчики.

Как известно, потребление свежей воды и соответственно количество стоков на многих предприятиях во много раз превосходит объем выпуска продукции. Поскольку в основном все производства промышленных отраслей многотонажные, то расходы сточных вод могут измеряться десятками, и тысячами тонн воды в час.

Поэтому важной метрологической особенностью расходомеров и водосчетчиков является возможность измерения расхода в трубопроводах средних и больших диаметров.

Поскольку, стоки производственных предприятий могут нести в себе большое количество взвешенных частиц и химических веществ, то приборы для измерения их расхода должны быть работоспособны в загрязненных и агрессивных жидкостях. Такие приборы в системе мониторинга сточных вод позволяют четко и оперативно выделять техногенное воздействие стоков.

В последние годы в отечественной практике широкое распространение получили вихревые расходомеры и счетчики количества жидкостей. В некоторых областях, их доля более чем в два раза превышает долю приборов всех других типов вместе взятых [1].

Вихревыми расходомерами называют приборы, основанные на измерении частоты колебаний, возникающих в потоке в процессе вихреобразования или колебания струи [2]. Расходомеры такого вида одновременно являются и счетчиками.

В принципе работы такого расходомера лежит физическое явление, заключающееся в том, что за любым телом, обтекаемым потоком жидкости или газом, образуется вихревая дорожка, называемая «дорожкой

Кармана». Тело, помещенное в поток для целей вихреобразования, называется телом обтекания (в дальнейшем ТО). В качестве такового чаще всего используются тела в виде цилиндров, пластинок, лопаток и т.д.

Известно, что частота вихреобразования в первом приближении с определенной точностью пропорциональна скорости потока. Поэтому измерение последней сводится здесь к измерению частоты вихреобразования с помощью приемников-преобразователей вихревых колебаний.

Широкое применение вихревых приборов, которое наблюдается в последние годы, объясняется тем, что они весьма просты конструктивно. В них отсутствуют вращающиеся части в потоке жидкости. Загрязнение, коррозия и эрозия элементов на процесс вихреобразования влияют очень мало, поэтому при правильном выборе преобразователя вихревых колебаний в выходной сигнал данные приборы могут служить для измерения расхода загрязненных, агрессивных и абразивных жидкостей. Вихревых расходомеры и счетчики имеют линейную шкалу в широком диапазоне измерений и их показания не зависят от температуры и давления.

Расход воды, измеренный по прибору определяется по выражению [1]:

$$Q = 3600 \cdot S \frac{d}{Sh} f, \quad (1)$$

где S - поперечное сечение трубопровода в месте установки, м²;

d - характерный размер тела обтекания, например, диаметр для цилиндра, м;

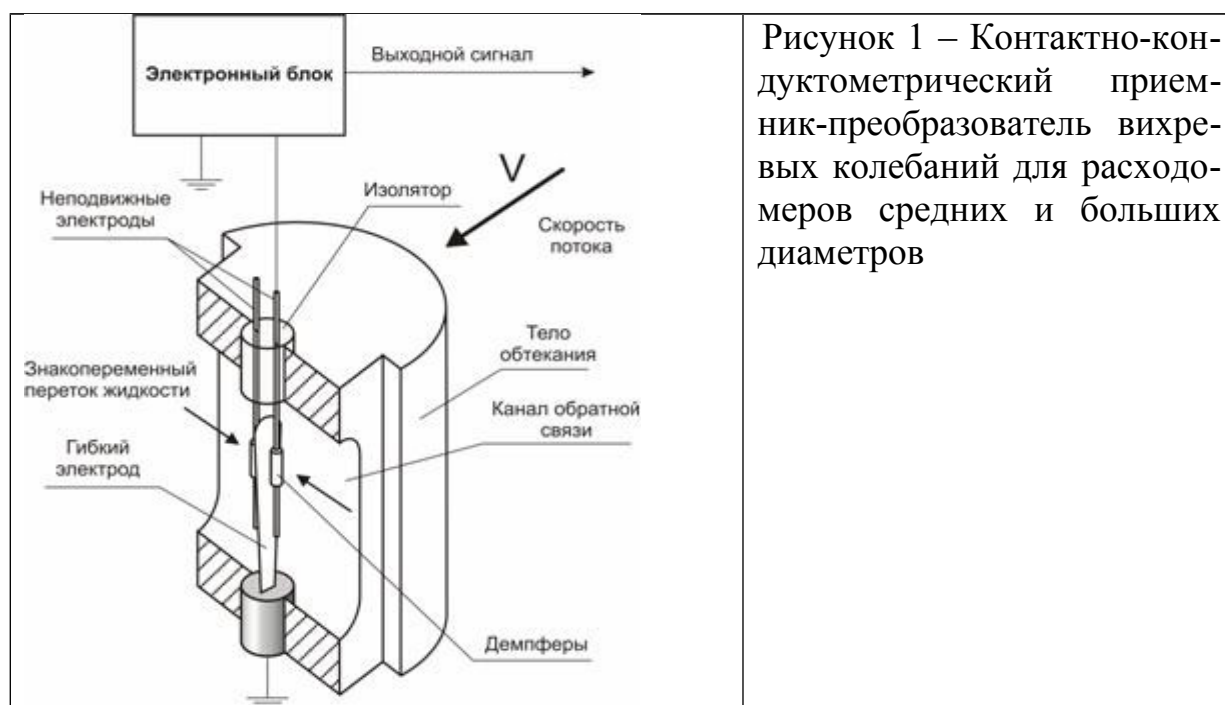
Sh - число Струхала (гидродинамическая постоянная, зависящая от формы поперечного сечения тела обтекания), например, для тела обтекания цилиндрической формы равная 0,21;

f - частота вихреобразования, Гц.

Наибольшее влияние на характеристики вихревых приборов оказывает вид приемника-преобразователя вихревых колебаний (ППВК), преобразующий эти колебания в электрический сигнал. Такие устройства весьма разнообразны. Анализ существующих ППВК показывает, что наилучшими показателями по величине сигнала обладают ППВК с несколькими преобразованиями энергии.

Первый патент России на погружной расходомер с данным типом ППВК был получен в 1993 г. [3], а затем и ряд других на вихревые расходомеры с различными вариантами использования этого ППВК, в том числе для малоразмерных расходомеров.

Принципиальное устройство одного из вариантов рабочей конструкции данного ППВК изображено на рисунке 1.



Размещение преобразователя полностью внутри тела обтекания надежно защищает его от повреждения механическими частицами. Знакопеременный переток жидкости, присутствующий в канале обратной связи, препятствует засорению электродов. Малые амплитуды колебаний гибкого электрода обеспечивают большой ресурс работы преобразователя.

Для приборов больших диаметров весьма актуальным является снижение массы и стоимости. Большого эффекта на данном пути можно достичь, отказавшись от корпуса, в котором крепится преобразователь расхода. Если такой путь для других приборов проблематичен, то для вихревых, он вполне достижим. В этом случае роль корпуса играет сам рабочий трубопровод или канал, в котором течет жидкость, как показано на рисунке 2. Такие приборы называют погружными.

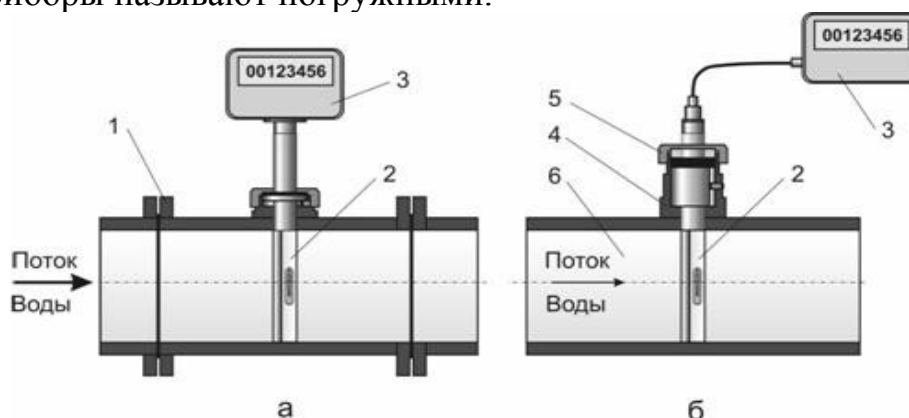


Рисунок 2 – Обычный (а) и погружной (б) варианты вихревого расходомера

На рисунке 2 обозначено: 1 – корпус прибора с фланцами; 2 – тело обтекания; 3 – электронный блок; 4 – стакан для крепления тела обтекания; 5 – герметизирующая гайка; 6 – рабочий трубопровод

Процесс вихреобразования возникает и в открытом канале, поэтому, зная поперечное сечение потока легко определить его расход (рисунок 3).

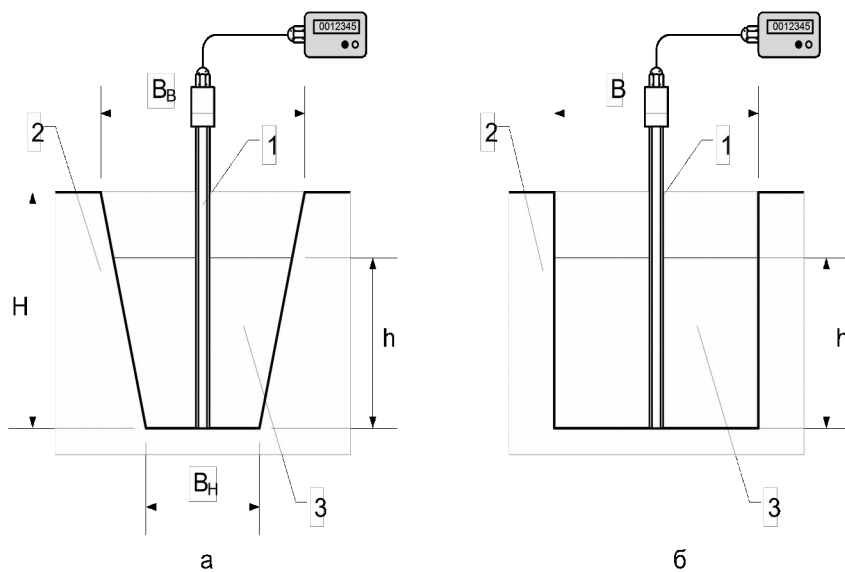
Для каналов трапецеидальной формы (рисунок 3,а) расход будет равен

$$Q = 3600 \frac{df}{Sh} \left(B_B H y + \frac{B_B - B_H}{2H} H y^2 \right), \quad (2)$$

где B_B и B_H - наибольшая и наименьшая ширина канала, соответственно;

H - глубина канала;

H_y - текущая высота уровня жидкости в канале.



1 – погружной расходомер; 2 – стенки канала; 3 – поток жидкости

Рисунок 3 – Измерение расхода в открытых каналах

Для прямоугольного канала (рисунок 3,б), когда $B_B = B_H = B$, имеем

$$Q = 3600 d \frac{B}{Sh} H y f. \quad (3)$$

Отсутствие внешнего корпуса позволяет осуществлять беспроточную поверку погружных расходомеров на любые диаметры трубопровода с помощью стенда, который имитирует вихреобразование.

Простота устройства и высокая надежность преобразователя, большой выходной сигнал, позволили использовать данный КК ППВК в промышленных сериях приборов. Вначале он использовался в погружных счетчиках-расходомерах типа СХВВ, (номер Госреестра №13752-93), которые выпускались серийно с 1995 по 1999 годы. Сейчас данный преобразователь применяется в погружном счетчике холодной и горячей воды «Фотон», (номер Госреестра № 18441-99), который серийно выпускается с 1999 г. и может устанавливаться на трубопроводы диаметром от 80 до 1200 мм.

В связи с этим представленные погружные вихревые расходомеры предназначенные для мониторинга сточных вод позволят не только улучшить экологическую обстановку вблизи предприятий путем достоверного их учета но и принять меры к ресурсосбережению конкретного предприятия.

Список литературы:

1. Лурье, М.С. Погружные вихревые расходомеры для мониторинга сточных вод / М.С. Лурье, О.М. Лурье, А.С. Фролов // Вода: Химия и экология, 2014. – № 2(67). – С. 108–113.
2. Кремлевский П. П. Расходомеры и счетчики количества. / П. П. Кремлевский. Л.: Машиностроение, 1989. – 701 с.
3. Пат. 2000547 РФ / Лурье М.С., Плотников С.М., Волынкин В.Н. Вихревой расходомер. Заявлено 24.02.1992. Опубликовано 24.02.1992. Бюл. № 33-36. Приоритет 07.09.1993.