

Расходомеры переменного перепада давления в настоящее время продолжают оставаться популярными средствами измерения расхода жидких и газообразных сред[1,2]. Однако, наряду с большим количеством достоинств они обладают рядом недостатков, одним из которых является чувствительность статических характеристик их первичных преобразователей (сопел, диафрагм и напорных трубок) к трансформации кинематической структуры контролируемых потоков, происходящей под воздействием различных возмущений, таких как неизотермичность и турбулизация потока[3], шероховатость стенок канала, геометрия сужающего устройства и т.п. [4]. Установление и учет влияния каждого из перечисленных возмущающих воздействий на коэффициент истечения сужающего устройства в отдельности или в совокупности представляет значительный практический интерес. В данной работе рассмотрено влияние шероховатости рабочей поверхности расходомерного сопла на его коэффициент истечения. Согласно положениям теории пограничного слоя коэффициент истечения расходомерного сопла может быть представлена выражением [5] , (1) где δ - толщина вытеснения пограничного слоя в горловине сопла, отнесенная к местному значению радиуса. Параметр может быть представлен как произведение δ^* , где δ^* - относительная толщина пограничного слоя. Изменение состояния поверхности проточной части расходомерного сопла, которое проявляется в увеличении ее шероховатости в процессе эксплуатации, вызывает деформацию кинематической структуры потока в контролируемом сечении, изменение местного значения коэффициента трения и параметра δ^* , входящих в выражение (1). Это, естественно, влечет за собой изменение величины коэффициента истечения α , и оказывает влияние на результат измерения расхода по методу переменного перепада давления. Расчет коэффициента трения с учетом воздействия на поток шероховатости стенок канала можно произвести по алгоритму, предложенному в работе[6]: $\lambda = \frac{64}{Re}$, (2) $\lambda = \frac{0.3164}{Re^{0.25}}$, (3) $\lambda = \frac{0.44}{Re^{0.2}}$. Численную реализацию произведенного алгоритма удобно производить следующим образом: задается значением локального коэффициента трения λ , характерного для «стандартных» условий обтекания, в нулевом приближении, вычислив его по формуле: (4) Затем по (2) определяем величины N , δ^* , и в первом приближении. Процесс итерации повторяем до выполнения условия: $\delta^* < \delta^*_{max}$. По (2) в той же последовательности вычисляется коэффициент трения λ , характерный для течения в канале, поверхность которого имеет вполне определенную, заданную параметром k шероховатость. Нулевое приближенное значение может быть вычислено также по формуле (4). Вычисляется функция α , учитывающая влияние шероховатости на величину локального коэффициента трения в контрольном сечении расходомерного сопла. Далее, для определения действительного значения коэффициента истечения определяется параметр β , входящий в уравнение (1). И затем определяется коэффициент α . На графиках рис. 1, 2 показана зависимость

коэффициента истечения сопла от изменения параметра шероховатости k для трех различных значениях критерия Re (10^4 , 10^5 , 10^6). Коэффициент истечения представлен в виде отношения его к «стандартной» величине k_{std} , т.е. к коэффициенту истечения для случая гидравлически гладкого режима обтекания стенок сопла при прочих одинаковых условиях. Рис. 1 - Зависимость коэффициента истечения сопла от шероховатости проточной части (График на рис.1 свидетельствует о том, что даже весьма незначительное изменение шероховатости (от k_{std} до $k_{std} \cdot 10^{-3}$) при числах $Re > 10^4$ приводит к ощутимым изменениям величины коэффициента истечения. При значении параметра $k_{std} \cdot 10^{-3}$ и $Re = 10^4$ отклонение от стандартного аналога может составить 2,0%, а при $Re = 10^5$ такой же уровень шероховатости поверхности проточной части сопла приводит к отклонению величины α на 5 %. На такие же величины изменится и погрешность в измерении расхода, если не учитывать при определении α указанного воздействия. На другом графике рис. 2 показано влияние на величину α шероховатости, изменяющейся в более широких пределах. Предельное значение параметра k_{std} , принятое при расчетах, соответствует состоянию поверхности новых цельнотянутых стальных труб. Как видно, из графика, изменение параметра k от 0 (гидравлически гладкий режим) до k_{std} при $Re = 10^4$ приводит к изменению величины коэффициента истечения на 15%, при $Re = 10^5$ на 5,5%, а при $Re = 10^6$ на 2,5 %. Рис. 2 - Относительное изменение коэффициента истечения расходомерного сопла под влиянием изменяющейся относительной шероховатости его рабочей поверхности. При проектировании и эксплуатации образцовых средств измерения с этим фактом, очевидно нельзя не считаться.