

Н.Е. Кувшинов

инженер научно-исслед. лаборатории «ФХПЭ»

И.З. Багаутдинов

младший научный сотрудник научно-исслед. лаборатор. госбюджетных НИР

Казанский государственный энергетический университет

г. Казань, Российская Федерация

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА ОБРАЗУЮЩИХСЯ В ПРОЦЕССАХ АДИАБАТНОГО РАСШИРЕНИЯ КАПЕЛЬНЫХ ЖИДКОСТЕЙ

Аннотация

В экспериментах измерялись: расход вскипающей воды, параметры потока P_0 и T_0 , импульс тяги, создаваемый при истечении струи, а также проводилась фоторегистрация потока, за срезом канала. Продолжительность одного режима в опытах с H_2O зависела от начальных параметров воды и составляла 30÷90 с.

Ключевые слова

Параметры потока P_0 и T_0 , расход вскипающей воды, струя, фоторегистрация потока, роторегистрация

В экспериментах производилось измерение среднего массового и объемного расходов.

Средний массовый расход жидкости через рабочий участок определялся весовым способом (по разнице залитой и оставшейся массе воды в баке и времени истечения, определяемом электронным секундомером). Абсолютные погрешности измерения массы $\Delta M=5$ гр., измерения времени $\Delta \tau=0,2$ с.

$$G_m = \frac{M_0 - M}{\tau};$$

где M_0 – масса залитой в бак воды, M – масса воды, оставшейся в баке после срабатывания отсечного клапана.

Регистрация объемного расхода через экспериментальные участки производилась с помощью турбинного датчика расхода ТДР. Расстояние между ТДР и ближайшим гидравлическим сопротивлением превышало 12-ть калибров. В экспериментальном стенде использовался датчик ТДР7-1-1. Датчик расхода перед опытами тарировался на воде. В тарировочных опытах вода проходила через гидравлический тракт стенда и сливалась в контрольную емкость, объемом $0,1$ м³. Время заполнения контрольной емкости измерялось секундомером. Абсолютная погрешность измерения времени составляла $\Delta \tau=0,2$ с. Частота вращения турбинного датчика расхода измерялась электронным мультиметром В7-68, с классом точности 0,05. По результатам тарировок для определения объемного расхода было получено уравнение:

$$Q = (-20,100 + 3,243v) * 10^{-4}$$

Здесь объемный расход Q в м³/с, частота v в Гц.

Массовое значение расхода определялось по известным из опытов объемному расходу Q , плотности жидкости $\rho=\rho(P,T)$. Параметры жидкости P и T , измерялись за ТДР.

Избыточное давление внутри расходных баков и на рабочем участке измерялось образцовыми манометрами. Класс точности манометров 0,5. В опытах применялись манометры с пределами измерения от 0,1 до 5 МПа.

Распределение статического давления в тракте исследуемых сопел определялось с помощью отверстий отбора давления диаметром 0,8 мм. Для регистрации давления использовались образцовые манометры с классами точности 0,5, которые устанавливались на манометрический щит. Показания приборов снимались роторегистрации путем поочередного контроля в стационарном режиме всех измерительных линий.

Измерение температуры производилось с помощью термопар ТХА (К). Термопары помещались в термометрическую гильзу диаметром 3 мм с

толщиной стенок 0,5 мм. В опытах температура измерялась внутри двух рабочих баках в трех сечениях по высоте расходных баков: внизу, в середине и вверху. Погрешность измерения температуры $\Delta T=0,3$ °С.

Перед экспериментами термопары тарировались с помощью термостата ТС-24. Температура жидкости в термостате измерялась образцовыми лабораторными ртутными термометрами расширения ТЛ-4, с ценой деления 0,1 °С в диапазоне 0-100 °С. Холодные спаи термостатировались в сосуде Дьюара со льдом. ЭДС термопар регистрировалась непрерывно электронным цифровым вольтметром В7-65/4 с классом точности 0,05, и одновременно платой АЦП, через которую записывалась в память ПЭВМ. Функциональная зависимость ЭДС от температуры, получена путем обработки тарировочных данных, методом наименьших квадратов имеет вид:

$$T = 2,114 + 23,688 * U$$

Здесь температура T в °С, напряжение U в мВ.

Для измерения импульса тяги был использован тензометрический датчик. Датчик состоит из чувствительного элемента от датчика давления типа “Сапфир”, термостатированного усилителя и стабилизированного блока питания. Импульс реактивной тяги воспринимался чувствительным элементом, деформация которого с помощью тензорезистора преобразовывалась в токовый сигнал. Сигнал тензопреобразователя усиливался и поступал на вход интерфейса. Питание усилителя обеспечивалось стабилизированным блоком питания. Тензометрический датчик тарировался с помощью образцовых гирь. Зависимость напряжения тензометрического датчика от импульса тяги в диапазоне от 0÷60 Н имеет вид прямой линии и описывается уравнением:

$$R = -1,08157 + 5,19571 * U$$

Здесь тяга R в Н, напряжение U в мВ.

Статическая погрешность измерения импульса реактивной тяги $\Delta R=0,05$ Н. Тензометрический датчик неподвижно закрепляется на раме установки на одной оси с рабочим участком. Регистрация показаний импульса реактивной тяги производилась непрерывно в течение всего времени истечения жидкости из расходных баков.

Во время проведения эксперимента проводилась фоторегистрация двухфазной струи за срезом канала при различных начальных параметрах потока. Для этого использовались цифровые фотокамеры экспозиции.

Список использованной литературы:

1. Гортышов Ю.Ф., Гайсин Ф.М., Тонконог В.Г. Теплофизический эксперимент и исследования в потоках газа и плазмы. // Казанский гос. техн. ун-т им. А. Н. Туполева. Казань, 2005.
2. Тонконог В.Г., Арсланова С.Н. Охлаждение низкокипящих жидкостей и получение шугообразных сред. // Известия Российской академии наук. Энергетика. - 2001. - № 3. - С. 89.
3. Лаптев А.Г., Афанасьев Е.П., Фарахов М.И. Повышение надежности и эффективности тепло- и массообменных установок за счет очистки теплоносителей от вредных примесей. // Энергетика Татарстана. - 2016. - № 2 (42). - С. 45-48.
4. Лаптев А.Г., Лаптева Е.А. Модели и расчет коэффициентов турбулентной вязкости и перемешивания в жидкой фазе барботажного слоя. // Вода: химия и экология. - 2014. - № 11 (77). - С. 42-47.
5. Kopylov A.M., Ivshin I.V., Safin A.R., Misbakhov R.S., Gibadullin R.R. Assessment, calculation and choice of design data for reversible reciprocating electric machine. // International Journal of Applied Engineering Research. - 2015. - Т. 10. № 12. - С. 31449-31462.
6. Литвиненко Р.С., Павлов П.П., Гуреев В.М., Мисбахов Р.Ш. Оценка технического уровня сложных систем на этапе разработки. // Вестник машиностроения. - 2015. - № 6. - С. 35-39.

© Кувшинов Н.Е., Багаутдинов И.З., 2016

Н.Е. Кувшинов

инженер научно-исслед. лаборатории «ФХПЭ»

И.З. Багаудинов

младший научный сотрудник научно-исслед. лаборатор. госбюджетных НИР

Казанский государственный энергетический университет

г. Казань, Российская Федерация

ПОГРЕШНОСТЬ ИЗМЕРЕНИЙ ЭКСПЕРИМЕНТА ОБРАЗУЮЩИХСЯ В ПРОЦЕССАХ АДИАБАТНОГО РАСШИРЕНИЯ

Аннотация

Достоверность конечных результатов экспериментального исследования истечения вскипающих жидкостей в соплах и каналах зависит от погрешности измеряемых параметров и методики обработки опытных данных.

Ключевые слова

сопла Лавалья, цилиндрические каналы, струя, роторегистрации

Принималось, что погрешности измеряемых величин распределены по нормальному закону. Поскольку значения величин определялись в большинстве случаев по результатам многократных измерений, исключались грубые погрешности, после введения поправок для исключения систематических погрешностей за результат измерений принималось среднее арифметическое результатов измерений:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n x_i, \quad (1)$$

где x_i - результат i -ого наблюдения.

Среднее квадратичное отклонение результата наблюдений оценивалось по формуле:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}, \quad (2)$$

Доверительные границы погрешности результата измерений устанавливались следующим образом:

$$I_p = (\bar{x} - \varepsilon, \bar{x} + \varepsilon), \quad (3)$$

где I_p -доверительный интервал, $\varepsilon = t_p \left(\frac{\sigma}{\sqrt{n}} \right)$ - погрешность измерений, t_p -коэффициент Стьюдента

при доверительной вероятности $P=0,95$ и числе результатов измерений n .

Относительная погрешность результата наблюдений оценивалась:

$$\delta_f = \frac{\varepsilon_s}{x} \cdot 100\%, \quad (4)$$

Обработка косвенных измерений проводилась в соответствии с методикой. Для каждой серии измерений величин, входящих в определение искомой величины, проводилась обработка по формулам (3-5). В соответствии с видом функциональных связей определялись выражения для абсолютной и относительной погрешностей искомой величины.

Границы доверительного интервала для результата косвенного измерения вычислялись: