



**ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ФОРМЫ ТРУБКИ ПИТО-ПРАНДТЛЯ НА  
ПОЛУЧАЕМЫЕ ЗНАЧЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКОГО НАПОРА ПОТОКА  
STUDY OF THE INFLUENCE OF THE PITOT-PRANDTL TUBE SHAPE ON  
THE OBTAINED VALUES OF THE DYNAMIC FLOW PRESSURE**

**Батухтин Андрей Геннадьевич**, д.т.н., доцент кафедры valera\_rud\_99@mail.ru

**Басс Максим Станиславович**, к.т.н., заведующий кафедрой  
valera\_rud\_99@mail.ru

**Кобылкин Михаил Владимирович**, к.т.н., доцент кафедры  
valera\_rud\_99@mail.ru

**Батухтин Сергей Геннадьевич**, к.т.н., доцент кафедры valera\_rud\_99@mail.ru

**Рудой Валерий Игоревич**, аспирант valera\_rud\_99@mail.ru

**Batukhtin Andrey Gennadievich**, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor  
of the Department valera\_rud\_99@mail.ru

**Maxim Stanislavovich Bass**, Ph.D., Head of the Department

**Mikhail Vladimirovich Kobylkin**, Ph.D., Associate Professor of the Department

**Batukhtin Sergey Gennadievich**, Ph.D., Associate Professor of the Department

Valery I. Rudoy, PhD student

**Аннотация:** Трубки Пито-Прандтля являются достаточно распространенным прибором, позволяющим определять динамический напор потока вещества в

трубе и, соответственно, скорость потока. В данной статье приводится результат экспериментального изучения влияния формы трубки Пито-Прандтля на получаемые профили динамического напора потока воздуха в трубе. Изучены получаемые данные с 4 различных вариаций формы трубки Пито-Прандтля на различных скоростях потока, а так же приведено сравнение с показаниями скорости, полученных при помощи анемометра.

**Abstract:** Pitot-Prandtl tubes are quite a common device for determining the dynamic head of a substance flow in a tube and, consequently, the flow velocity. This paper presents the result of an experimental study of the effect of the shape of a Pitot-Prandtl tube on the resulting profiles of the dynamic head of air flow in a tube. The obtained data from 4 different variations of the Pitot-Prandtl tube shape are studied, and a comparison with the velocity readings obtained with an anemometer is given.

**Ключевые слова:** Трубка Пито-Прандтля, динамический напор, статический напор, полное давление, скорость потока, объемный расход.

**Keywords:** Pitot-Prandtl tube, dynamic head, static head, total pressure, flow velocity, volume flow rate.

В условиях эксплуатации различных промышленных, авиационных и энергетических агрегатов возникает необходимость произвести замеры скорости движения среды по трубопроводам или газоходам [1]. В таком случае возможно применение различных устройств и приспособлений. Одним из них является трубка Пито-Прандтля. Данное устройство позволяет получать значения динамического и статического напора движущейся по каналу среды, и тем самым получать данные, необходимые для расчета скорости потока [2]. Так же данное устройство применяется и в лабораторных исследованиях связанных с аэродинамикой потоков воздуха [3,4].

Однако точность и объективность замеров при помощи данного устройства может быть не всегда точной. Для применения данного типа устройств необходимо производить их тарирование на образцовом стенде. В результате

## Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral"

таких опытных исследований получают поправочные коэффициенты для применения в расчетах [5]. Это вызвано тем, что конструктивные особенности каждой трубки очень сильно влияют на результаты измерения. Данное влияние можно отобразить путем проведения эксперимента с различными по конструкции трубками Пито-Прандтля.

Для экспериментального изучения был собран стенд, включающий в себя напорный вентилятор и прямой участок пластиковой трубы внутренним диаметром 50 мм. Длина трубы составляет более 10 диаметров трубы, что обеспечивает стабилизацию потока от источника до места замера. Схематично стенд изображен на рисунке 1.



Рисунок 1 – Схема стенда для проведения эксперимента

В качестве испытуемых трубок Пито-Прандтля были изготовлены методом полимерной 3D печати образцы, совмещающие в одном корпусе измерения полного и статического напора, с различными вариантами оформления отверстия забора статического напора, а именно:

- I) с плоской поверхностью вокруг отверстия, расположенного параллельно линиям тока (рисунок 2);
- II) с плоской поверхностью, имеющей фаски под углом 45 градусов, вокруг отверстия, расположенного параллельно линиям тока (рисунок 3);
- III) со сферической поверхностью вокруг отверстия, расположенного параллельно линиям тока (рисунок 4);
- IV) с расположенным отверстием замера симметрично отверстию замера полного напора (рисунок 5).

Диаметр погружаемой трубки составляет 6 мм, диаметр отверстий для замеров напора 2 мм. Для контроля глубины погружения на трубки нанесена разметочная линия по высоте трубки с отсечками по 1 мм.

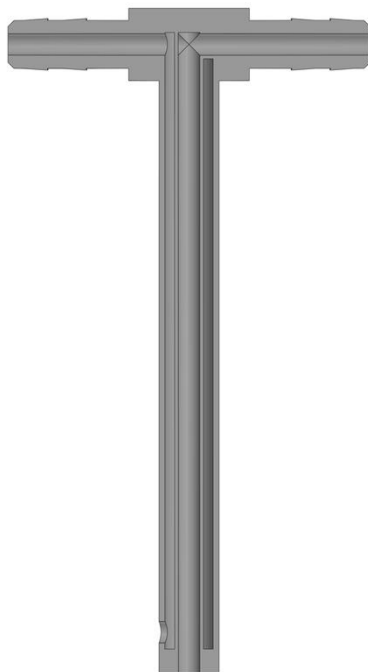


Рисунок 2 – Трубка Пито-Прандтля с плоской поверхностью вокруг отверстия статического напора, образец I, разрез

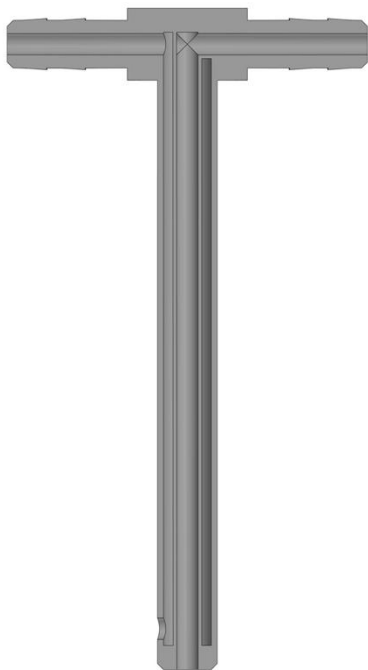


Рисунок 3 – Трубка Пито-Прандтля с плоской поверхностью вокруг отверстия статического напора и фасками, образец II, разрез

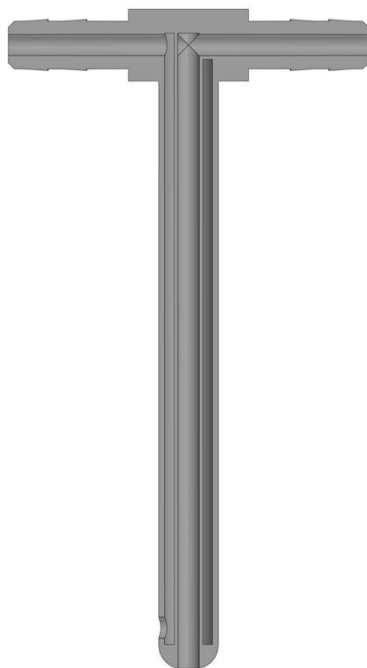


Рисунок 4 – Трубка Пито-Прандтля со сферической поверхностью вокруг отверстия статического напора, образец III, разрез

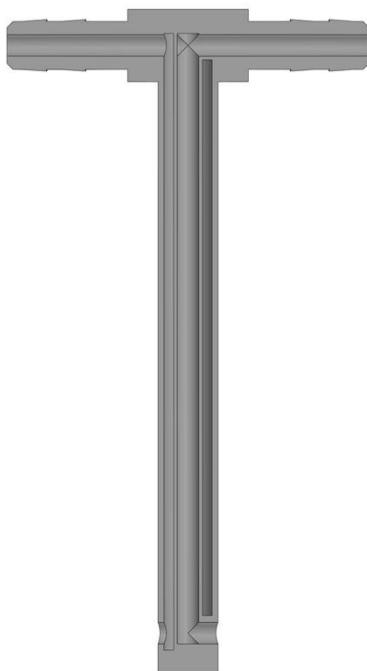


Рисунок 5 – Трубка Пито-Прандтля с расположенным отверстием замера статического напора симметрично отверстию замера полного напора, образец IV, разрез

Опыт проводился на различных мощностях напорного вентилятора. Для замера и построения линии распределения динамического напора и впоследствии скорости, были выбраны следующие точки замера:

## Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral"

- 1) 1 мм от стенки трубы, то есть первая возможная точка замера, с учетом диаметра отверстия замера напора, после погружения;
- 2) 5 мм от стенки трубы, после погружения;
- 3) 10 мм от стенки трубы, после погружения;
- 4) 15 мм от стенки трубы, после погружения;
- 5) 20 мм от стенки трубы, после погружения;
- 6) 25 мм от стенки трубы, после погружения, то есть центр потока.

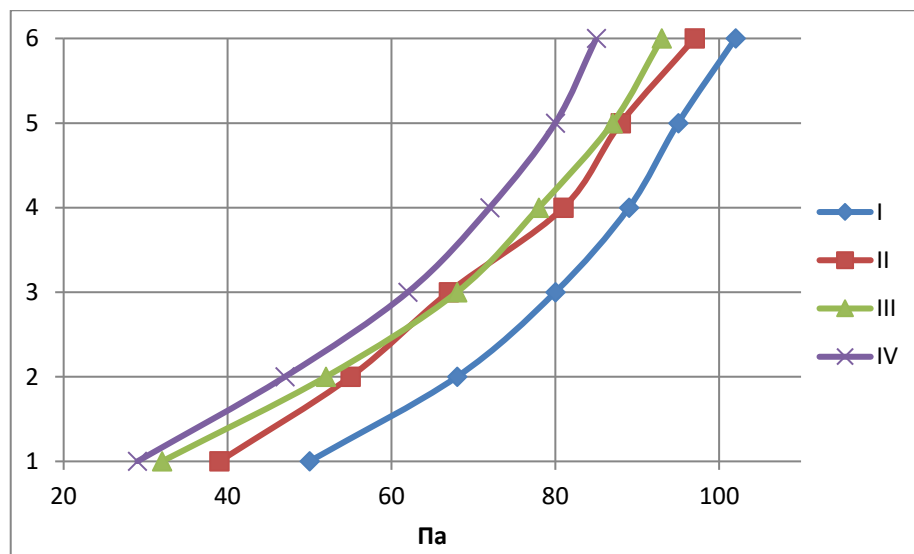
Указанные точки замера соответствуют расположению центра отверстия замера полного напора. Измерения разности давлений в полном и статическом напорах выполнялось при помощи цифрового дифференциального манометра Testo. В тех же точках так же проводился замер скорости потока при помощи анемометра АМ-70. Результаты измерения перепада давления на различных режимах мощности представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты замеров динамического давления различными вариантами исполнения трубки Пито-Прандтля

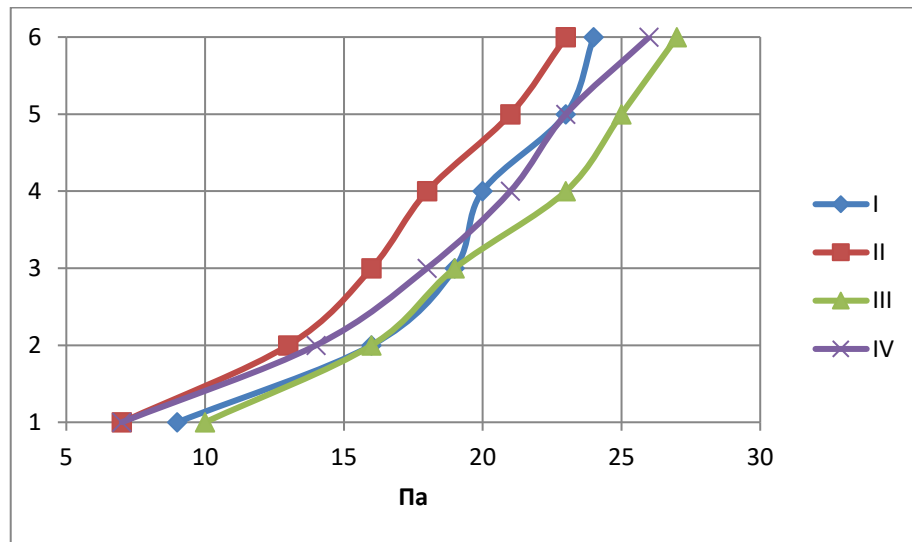
Точка замера	Перепад давления на образце, Па			
	I	II	III	IV
Мощность вентилятора – 100%				
1	50	39	32	29
2	68	55	52	47
3	80	67	68	62
4	89	81	78	72
5	95	88	87	80
6	102	97	93	85
Мощность вентилятора – 60%				
1	9	7	10	7
2	16	13	16	14
3	19	16	19	18
4	20	18	23	21
5	23	21	25	23
6	24	23	27	26
Мощность вентилятора – 40%				

Точка замера	Перепад давления на образце, Па			
	I	II	III	IV
1	4	3	2	4
2	11	9	9	7
3	14	12	13	13
4	15	14	15	15
5	16	15	18	16
6	19	18	21	18

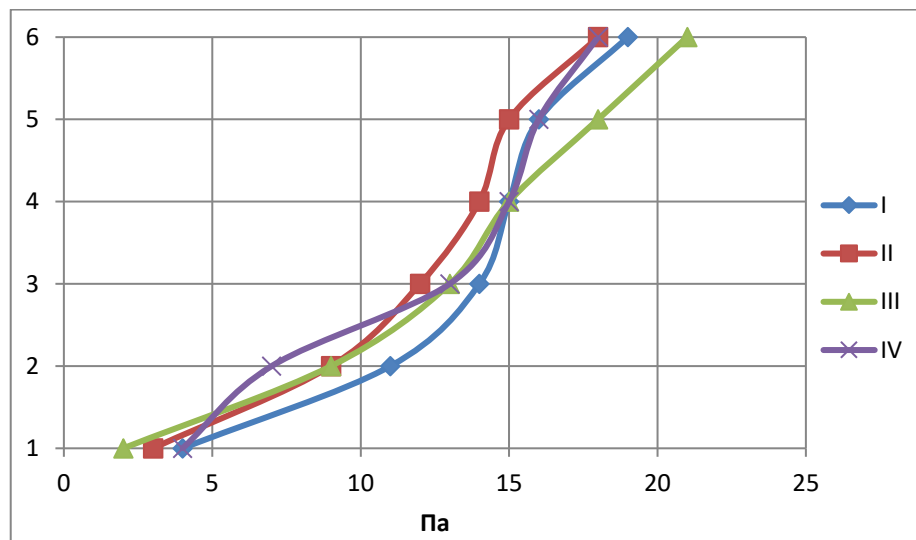
Как видно из таблицы, результаты замеров различными трубками отличаются, для наглядного отображения отличий построены профили динамических напоров по трубе от стенки до центра при различных режимах работы вентилятора (Рис. 6).



а) 100% мощности вентилятора



б) 60% мощности вентилятора



в) 40% мощности вентилятора

Рисунок 6 – Профиль динамических напоров потока

Так как трубка Пито-Прандтля предназначена для измерения скорости потока, то необходимо зная динамический напор произвести расчет скорости потока без поправочных коэффициентов по формуле:

$$U = \sqrt{\frac{2 \cdot p_{\text{дин}}}{\rho}}, \text{ где } U \text{ – скорость потока, м/с;}$$

$p_{\text{дин}}$  – динамический напор, Па;

$\rho$  – плотность, кг/м<sup>3</sup>, принимаем для воздуха при +20°C, равной 1,2.



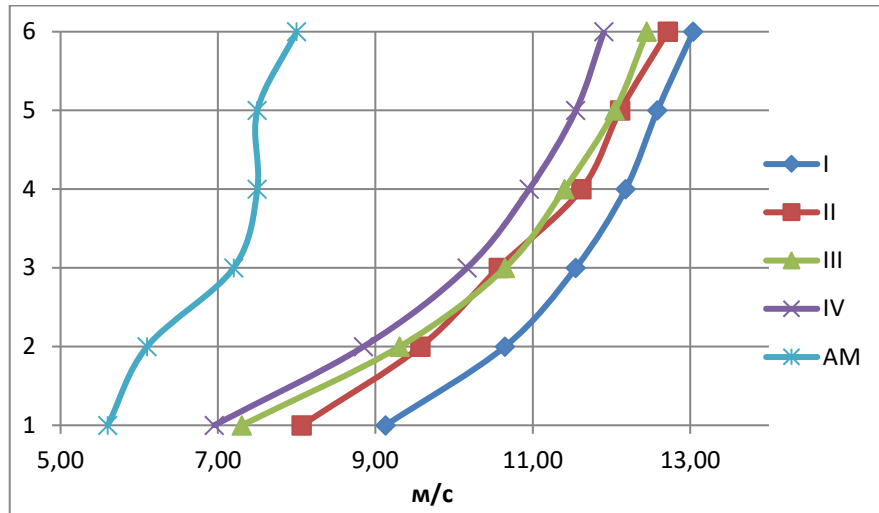
## Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral"

Результаты расчетов приведены в таблице 2. Так же в этой таблице приведены данные замеров скорости при помощи анемометра АМ-70, который можно считать образцовым прибором в данном эксперименте.

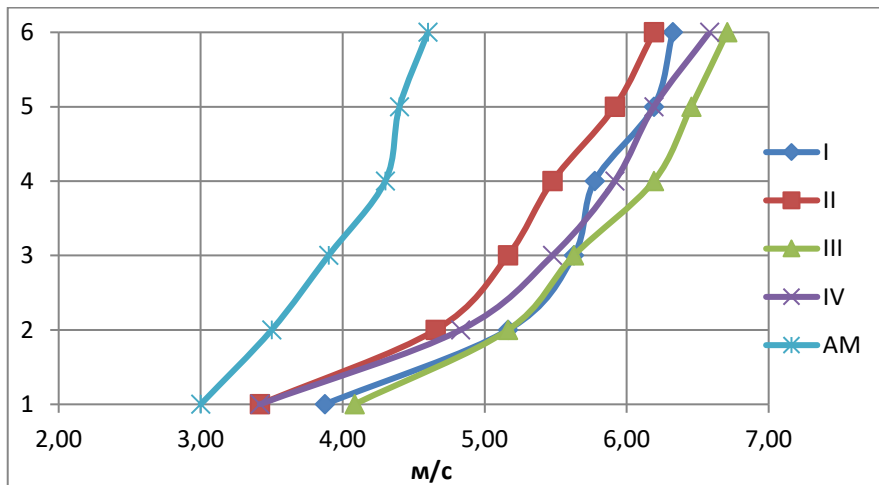
Таблица 2 – Результат расчета скоростей

Точка замера	Скорость с образца, м/с				Скорость с АМ-70, м/с
	I	II	III	IV	
Мощность вентилятора – 100%					
1	9,13	8,06	7,30	6,95	5,60
2	10,65	9,57	9,31	8,85	6,10
3	11,55	10,57	10,65	10,17	7,20
4	12,18	11,62	11,40	10,95	7,50
5	12,58	12,11	12,04	11,55	7,50
6	13,04	12,71	12,45	11,90	8,00
Мощность вентилятора – 60%					
1	3,87	3,42	4,08	3,42	3,00
2	5,16	4,65	5,16	4,83	3,50
3	5,63	5,16	5,63	5,48	3,90
4	5,77	5,48	6,19	5,92	4,30
5	6,19	5,92	6,45	6,19	4,40
6	6,32	6,19	6,71	6,58	4,60
Мощность вентилятора – 40%					
1	2,58	2,24	1,83	2,58	3,10
2	4,28	3,87	3,87	3,42	3,60
3	4,83	4,47	4,65	4,65	4,00
4	5,00	4,83	5,00	5,00	4,10
5	5,16	5,00	5,48	5,16	4,30
6	5,63	5,48	5,92	5,48	4,50

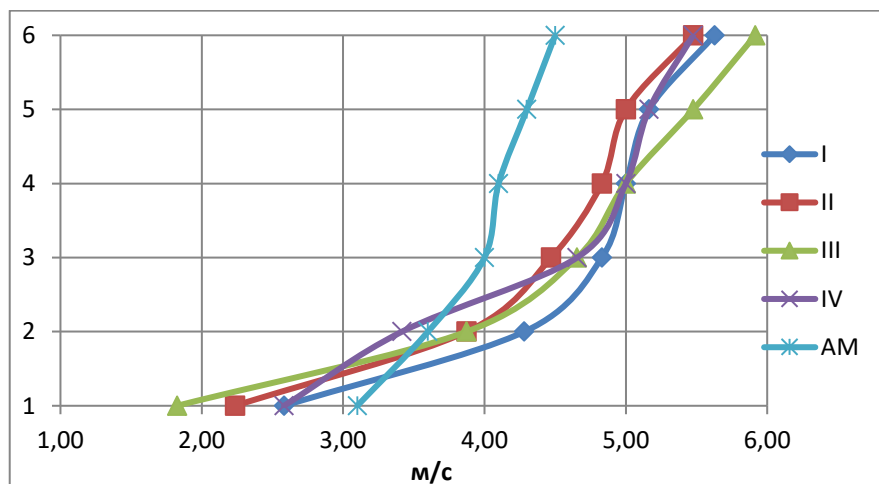
На рисунке 7 приведены профили скоростей от края стенки до центра трубы с учетом профиля скорости от анемометра.



а) 100% мощности вентилятора



б) 60% мощности вентилятора



в) 40% мощности вентилятора

Рисунок 7 – Профиль скоростей потока

На основании проведенного экспериментального исследования можно сделать вывод о необходимости проведения калибровки и тарирования трубок Пито-Прандтля для их применения в реальных условиях. Аэродинамика потоков достаточно чувствительна к изменениям конструкции измеряющего устройства, и без правильной оценки результатов замера можно получить недостоверные данные.

#### Литература:

1. Швырев, Н. С. Трубка пито как мера скорости / Н. С. Швырев, И. А. Надвикова // Международный студенческий научный вестник. – 2016. – № 5-3. – С. 475.
2. Касилов В.Ф. Справочное пособие по гидрогазодинамике для теплоэнергетиков. – М.: Издательство МЭИ, 2000. – 272 с.
3. Патент № 2399783 С1 Российская Федерация, МПК F02К 9/96, G01М 15/00. Стенд для моделирования импульсного газотермодинамического воздействия высокотемпературного газа на элементы тепловой защиты конструкции : № 2009126130/06 : заявл. 09.07.2009 : опубл. 20.09.2010 / М. А. Багдасарьян, В. Г. Кобцев, В. И. Петрусев [и др.] ; заявитель Федеральное государственное унитарное предприятие "Московский институт теплотехники". – EDN HOCWVG.
4. Выступ в турбулентном пограничном слое / В. Н. Афанасьев, В. Л. Трифонов, С. И. Гетья, Д. Кон // Машиностроение и компьютерные технологии. – 2017. – № 10. – С. 13-35.
5. Анализ характера распределения основных параметров воздушного потока в воздуховодах / Н. Г. Кожевникова, Н. А. Шевкун, А. В. Драный [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2020. – № 161. – С. 282-289. – DOI 10.21515/1990-4665-161-022.

**References:**

1. Shvyrev, N. S. Pitot tube as a measure of speed / N. S. Shvyrev, I. A. Nadvikova // International Student Scientific Bulletin. – 2016. – No. 5-3. – p. 475.
2. Kasilov V.F. Reference guide on hydrogasodynamics for thermal power engineers. – M.: Publishing House of MEI, 2000. – 272 p.
3. Patent No. 2399783 C1 Russian Federation, IPC F02K 9/96, G01M 15/00. Stand for modeling the pulsed gas-thermodynamic effect of high-temperature gas on the elements of thermal protection of the structure : No. 2009126130/06 : application 09.07.2009 : publ. 20.09.2010 / M. A. Bagdasaryan, V. G. Kobtsev, V. I. Petrushev [et al.] ; applicant Federal State Unitary Enterprise "Moscow Institute of Thermal Engineering". – EDN HOCWMG.
4. Protrusion in a turbulent boundary layer / V. N. Afanasyev, V. L. Trifonov, S. I. Getya, D. Kon // Mechanical engineering and computer technologies. - 2017. – No. 10. – pp. 13-35.
5. Analysis of the nature of the distribution of the main parameters of the air flow in the ducts / N. G. Kozhevnikova, N. A. Shevkun, A.V. Draniy [et al.] // Polythematic network electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University. - 2020. – No. 161. – pp. 282-289. – DOI 10.21515/1990-4665-161-022.

**Работа выполнена в рамках** государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № 123102000012-2 Комплексное исследование аэродинамических характеристик плазменных систем термохимической подготовки топлива, соглашение № 075-03-2023-028/1 от 05.10.2023 г.).

© Батухтин А.Г., Басс М.С., Кобылкин М.В., Батухтин С.Г., Рудой В.И., 2023  
*Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral" №6/2023*

**Для цитирования:** Батухтин А.Г., Басс М.С., Кобылкин М.В., Батухтин С.Г., Рудой В.И. ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ФОРМЫ ТРУБКИ ПИТО-ПРАНДТЛЯ НА ПОЛУЧАЕМЫЕ ЗНАЧЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКОГО НАПОРА ПОТОКА // Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral" №6/2023