

С. П. Трофимов, доц., канд. техн. Наук;
С. С. Гайдук, доц., канд. техн. наук (БГТУ, г. Минск)

МЕТОДИКИ НАЗНАЧЕНИЯ ТОЧЕК ЗАМЕРА ПАРАМЕТРОВ ПОТОКА ВОЗДУХА В ТРУБОПРОВОДЕ

В процессе проведения исследовательских и пусконаладочных работ систем аспирации и пневмотранспорта (САП) измельченной древесины (ИД) и других сыпучих материалов должны быть осуществлены замеры параметров воздушного потока в трубопроводах с определением средних значений скорости и расхода воздуха. В условиях турбулентности и непостоянства скорости в поперечном сечении воздуховода необходимо соблюдение правил и методик выбора точек замера, которые обеспечат достаточную достоверность и точность полученных результатов.

Объектом рассмотрения являются методики и правила определения скорости и расхода воздуха в трубопроводах САП при выполнении научных исследований, лабораторных работ в учебном процессе подготовки специалистов, а также в процессе эксплуатации установок на предприятиях.

Были проведены поиск и анализ данных отечественных и зарубежных источников информации, в рассматриваемой предметной области [1–5]. Они указывают на неоднозначность правил и методик, применительно к решению научно-исследовательских и практических задач, связанных с проектированием и эксплуатацией САП.

Скорость воздушного потока v в условиях турбулентности непостоянна во времени и поперечном сечении воздуховода. У стенок прямолинейного участка трубы, в пограничном слое, она характеризуется минимальным значением в средней зоне – максимальным $v_{\text{макс}}$ (рис. 1). При проведении проектных расчетов систем аспирации и пневмотранспорта оперируют средним значением потоковой скорости в поперечном сечении трубы, не оговаривая это особо.

Количество n и рекомендуемое местоположение точек замера обычно устанавливается в зависимости от диаметра трубы d . Например, согласно [1], при выборе точек замера поперечное сечение воздуховода САП разбивается на четное число равновеликих по площади колец, которое возрастает с увеличением d . На рис. 1 приведен пример размещения точек замера при диаметре труб равном 125–150 мм.

Расстояние a_i от стенки трубы до каждой i -той точек замера определяется по формуле (1).

$$a_i = d \left(1 - \sqrt{1 - (2i - 1) / n} \right) / 2, \quad (1)$$

где d – диаметр трубы, мм; i – порядковый номер точки; n – число точек.

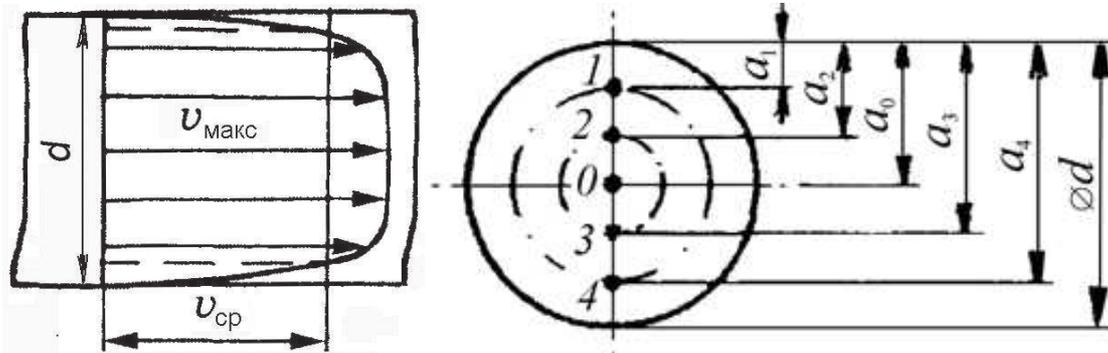


Рисунок 1 – Изменение скорости воздушного потока в поперечном сечении трубы и схема расположения точек замера параметров при $d = 125\text{--}150$ мм и $n = 4$

Замер динамического давления и скорости производится в одном или двух взаимно перпендикулярных диаметрах в n точках, исключая нулевую на середине диаметра (расстояние $a_0 = d/2$).

На основе результатов измерения динамического давления H_d в n точках поперечного сечения трубы определяются:

- среднее квадратичное значение динамического давления [1]:

$$H_{d, \text{ср}} = \left((\sqrt{H_{d1}} + \sqrt{H_{d2}} + \dots + \sqrt{H_{dn}}) / n \right)^2, \quad (2)$$

- средняя скорость воздушного потока

$$v_{\text{ср}} = \sqrt{2H_{d, \text{ср}} / \rho} \quad (3)$$

- объемный расход воздуха

$$Q = v_{\text{ср}} (60\pi d^2 / 4). \quad (4)$$

Отличающаяся от предыдущей [1] методика определения количества и расположения точек замера параметров воздушного потока предусмотрена ГОСТ 12.2.018 [2]. Координаты точек измерения давлений и скоростей в воздуховодах цилиндрического сечения согласно этому стандарту принимаются по схеме рис. 2.

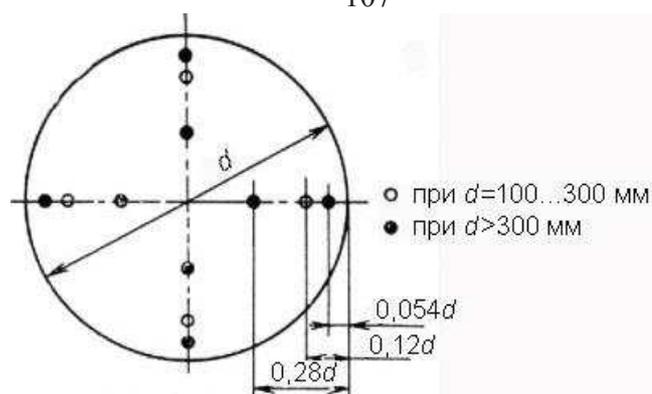


Рисунок 2 – Координаты точек замера параметров воздушного потока в поперечном сечении круглых труб диаметром d , [2]

Динамическое давление p_d (кПа) средней скорости движения воздуха определяют по измеренным в z точках (рис. 2) величинам динамических давлений p_{di} по формуле

$$p_d = \left(\left(\sum_{i=1}^z p_{di}^{0,5} \right) / z \right)^{0,5} . \quad (5)$$

Средняя скорость движения воздуха v_m в мерном сечении (рис. 2) при плотности воздуха ρ (кг/м³) определится по формуле

$$v_m = (2p_d / \rho)^{0,5} . \quad (6)$$

Объемный расход воздуха L (м³/с) с учетом площади поперечного сечения трубы F (м²) определяют по формуле

$$L = Fv_m . \quad (7)$$

В СТБ 17.08.05-02 приведена другая методика определения количества, местоположения точек замера параметров воздушных потоков и обработки опытных данных. Для газоходов круглого сечения диаметром 500 мм и менее точки измерения располагаются на одной измерительной оси, при диаметре больше 500 мм – на двух перпендикулярных осях пересекающихся в центре измерительного сечения (рис. 3). Расстояние a от внутренней стенки газохода до каждой точки измерений определяется по формуле (8), при этом первая точка должна располагаться не ближе 50 мм от стенки.

$$a_i = k_i d 10^{-2}, \quad (8)$$

где a_i – расстояние до i точки измерения; k_i – коэффициент, определяемый по табл. Б стандарта; D – внутренний диаметр газохода.

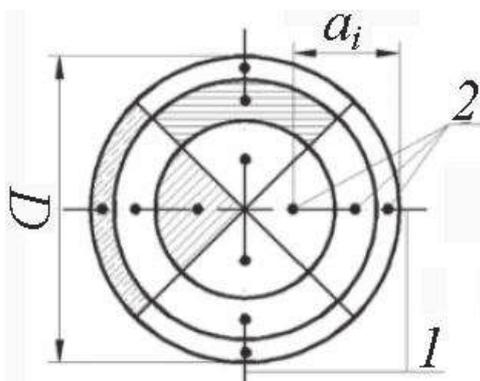


Рисунок 3 – Точки измерения скорости для $n=12$ (заштрихованные участки имеют равные площади: 1 – измерительные оси; 2 – точки измерения)

Примером зарубежных источников информации, которые были рассмотрены по теме методики измерения параметров работы САП в деревообработке, являются [4, 5]. Они отражают нормативную базу стран ЕС.

Проведенный анализ говорит о противоречивости, недостаточной адаптации методик применительно к условиям САП и необходимости их совершенствования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Святков, С.Н. Пневматический транспорт измельченной древесины / С.Н. Святков. – М.: Лесная пром-сть, 1966. – 320 с.
2. Система стандартов безопасности труда. Системы вентиляционные. Методы аэродинамических испытаний: ГОСТ 12.3.018–79. Минск: Госстандарт, 2001. – 12 с.
3. Охрана окружающей среды и природопользование. Атмосферный воздух. Методы определения скорости и расхода газов, поступающих в атмосферный воздух от стационарных источников выбросов. СТБ 17.08.05-02-2016. Минск: РУП «Бел НИЦ «Экология». – 24 с.
4. Lachenmayr, G. Energietechnik für Holzindustrie / G. Lachenmayr, H. Kreimes. – Rosenheim: Eigenverlag Prof. Dr. G. Lachenmayr, 2009. – 471 s.
5. VDI Richtlinie 2640. Netzmessungen in Strömungsquerschnitten. Allgemeine Richtlinien und mathematische Grundlagen.