

**СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ РАСЧЕТА КОЭФФИЦИЕНТА
ТРЕНИЯ В ВОЗДУХОВОДАХ СИСТЕМ АСПИРАЦИИ**

При проектировании систем аспирации производится расчет потерь давления в воздуховодах с учетом коэффициента сопротивления трения воздушного потока о внутренние стенки трубы на основе методик и формул, которые разрабатывали и совершенствовали ученые (Блазиус, Никурадзе, Рейнольдс, Блесс, Альтшуль и другие) на протяжении десятков лет.

В отраслевых проектных организациях и учебных заведениях нашей страны для определения коэффициента потерь давления в прямых стальных тонкостенных круглых фальцованных прямошовных воздуховодах систем аспирации измельченной древесины возможны разные подходы и нередко еще используется простая формула Блесса [1].

$$\lambda = 0,0125 + \frac{0,0011}{d}, \quad (1)$$

на основе ее вычисляется безразмерный коэффициент потерь давления на одном метре длины прямой трубы определенного материала и диаметра без учета скорости воздушного потока

$$\frac{\lambda}{d} = \frac{0,0125 + \frac{0,0011}{d}}{d}, \quad (2)$$

где d – внутренний диаметр трубы, м.

Расчет потерь давления в круглых трубах постоянного сечения осуществляется по формуле Дарси-Вейсбаха

$$H = \frac{\lambda}{d} l \frac{\rho v^2}{2}, \quad (3)$$

где λ – безразмерный опытный или вычисляемый коэффициент гидравлического трения воздушного потока в трубе; l – длина трубы, м; ρ – плотность воздуха, кг/м³; v – скорость воздушного потока, м/с.

Коэффициент λ/d зависит от шероховатости внутренних стенок воздуховодов, которая может изменяться по отношению к исходному состоянию материала труб в процессе эксплуатации (шлифование транспортируемым материалом, коррозия в периоды хранения или отключения системы аспирации при высокой влажности среды и другие

виды воздействий).

На основе результатов анализа информации о проведенных исследованиях [1] были сделаны выводы о возможности применения формулы Блесса для расчета λ/d с незначительной погрешностью в пределах скоростей потока 15–20 м/с и, с допустимыми отклонениями значений коэффициента трения, в более широком диапазоне – 15–25 м/с. В качестве условия применимости формулы (1) были принята средняя абсолютная шероховатость внутренних стенок труб – $D = 0,1$ мм, наличия продольных и поперечных фальце тонкостенных стальных труб.

Определенный интерес представляет сопоставление значений коэффициентов сопротивления трения воздушных потоков в прямых стальных тонкостенных трубах при использовании различных известных и распространенных подходов в области теории гидравлики.

При определении коэффициента трения воздушного потока о стенки труб λ с учетом числа Рейнольдса скорости и некоторых других параметров условиях турбулентности используется формула [2]

$$\lambda = 0,11 \left(\frac{K_s}{d} + \frac{68}{\text{Re}} \right)^{0,25}, \quad (4)$$

где K_s – абсолютная эквивалентная шероховатость внутренней поверхности трубы, для воздуховодов из оцинкованной тонколистовой стали при стандартной плотности воздуха $\rho = 1,2$ кг/м³ принимается $K_s = 0,1$ мм; Re – число Рейнольдса.

Расчет числа Рейнольдса осуществляется по формуле [2, 3, 4, 5]

$$\text{Re} = \frac{vd \cdot 10^6}{14,9}, \quad (5)$$

где v – средняя скорость воздушного потока в трубе, м/с.

Для определения коэффициента трения воздушного потока λ при применении круглых труб с различной степенью шероховатости может быть использована формула [1] Прандтля-Никурадзе

$$\lambda = \frac{1}{2 \lg \left(\frac{3,7}{\Delta} \right)^2}, \quad (6)$$

где D – шероховатость внутренних стенок воздуховодов, мм.

При $\text{Re} < 10^5$ (ста тысяч) может быть применена формула Блазиуса

$$\lambda = \frac{0,316}{\sqrt[4]{\text{Re}}}. \quad (7)$$

Для указанных вариантов рассмотрена степень различия результатов расчета λ/d в зависимости от применяемых формул для трех

диаметров труб d и определенного диапазона скоростей воздушных потоков. Результаты анализа отражены на графике, рис. 1.

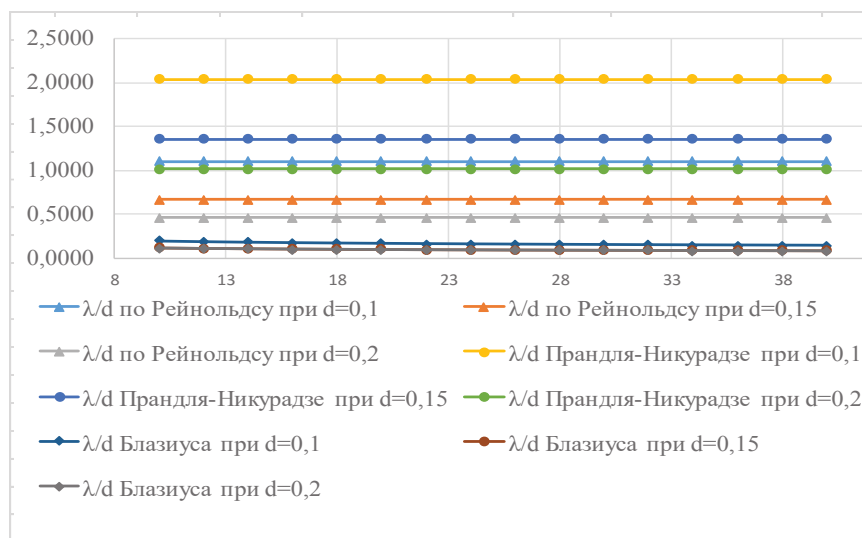


Рисунок 1 – Отношение λ/d вычисленное по различным формулам

В зависимости от формул для расчета отношения λ/d результаты расчетов могут отличаться в несколько раз при одинаковых условиях, что требует проведения дополнительных аналитических исследований. Технический регламент установившейся практики [5] предлагает использовать коэффициент потерь давления на 1 метре воздуховода $1/d$ с учетом числа Рейнольдса и скорости воздушного потока.

ЛИТЕРАТУРА

1. Святков, С.Н. Пневмотранспорт измельченной древесины / С.Н. Святков. – М.: Лесная пром-сть, 1966. – 320 с.
2. Александров, А.Н. Пневмотранспорт и пылеулавливающие сооружения на деревообрабатывающих предприятиях / А.Н. Александров, Г.Ф. Козориз. – М.: Лесная пром-сть, 1988. – 248 с.
3. Воскресенский, В.Е. Системы пневмотранспорта, пылеулавливания и вентиляции на деревообрабатывающих предприятиях. Теория и практика. Т. 1. Аспирационные и транспортные пневмосистемы / В. Е. Воскресенский. – СПб.: Политехника, 2008. – 430 с.
4. Lachenmayr, G. Energy technology for wood industry / G. Lachenmayr, H. Kreimes. – Rosenheim: Eigenverlag Prof. Dr. G. Lachenmayr, 2009. – 471 p.
5. ТКП 510–2014. Системы пневмотранспорта и аспирации в деревообрабатывающем производстве, включая производство древесных топливных гранул (пеллет) и древесных брикетов. Нормы проектирования / С.П.Трофимов, П.И. Дячек. – Минск: концерн «Беллесбум-пром», 2014 – 78 с.