

УДК 621.6.07

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТЕРЬ ДАВЛЕНИЯ В ПНЕВМОМАГИСТРАЛИ СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ ОПТИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ ДИАГНОСТИКИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПУТЕЙ

Садыкова В. О., Клементьев В. А., Куркин Е. И.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика
С. П. Королёва (национальный исследовательский университет), г. Самара

С целью предотвращения перехода инфраструктуры железнодорожных путей в опасное состояние актуальным является вопрос их диагностики. При этом система диагностики должна учитывать специфику организации высокоскоростного движения. Минимизация влияния процесса диагностики на перевозочный процесс может быть достигнута за счёт высоких скоростей мобильных средств диагностики (в том числе и включения средств диагностики в типовые подвижные составы), а также обеспечением комплексности диагностики и её всепогодности.

Оптоэлектронный метод лазерного профилирования успешно применим для определения геометрических параметров рельсовой колеи (бокового и вертикального износов, ширины колеи и положения контактного рельса). Использование этого метода для определения геометрических параметров рельсовой колеи на высокой скорости подвижного состава требует решения задачи защиты оптических датчиков от загрязнений. Струйная защита датчиков путем обдува их элементов струями воздуха является одним из способов защиты от загрязнений. Для организации такого обдува требуется наличие пневмосистемы.

Обеспечение высоких скоростей обдува датчиков, компактности и экономичности установки нагнетания воздуха требует минимизации гидравлического сопротивления пневмосистемы. В данной работе рассматривается вопрос гидравлического расчёта параметров пневмосистемы защиты датчиков измерения путей, а также производится сравнение двух вариантов пневмосистемы при диаметре проходного сечения 57 мм и 77 мм для поиска способов снижения её гидравлического сопротивления.

Для определения потерь давления всасывающие и напорные магистрали разбиты на линейные участки и местные сопротивления.

Потери давления в трубах (Па) определяются по формуле:

$$P_{Li} = \zeta_{Li} \cdot q_i,$$

где $\rho = 1,293 \text{ кг/м}^3$ – плотность воздуха; $q_i = 0,5 \cdot \rho \cdot V_i^2$ – скоростной напор, Па; $V_i = Q \cdot S_i^{-1}$ – средняя скорость воздуха в магистрали на i -ом участке, м/с; Q – расход воздуха в магистрали; $S_i = 0,25 \cdot \pi d_i^2$ – площадь поперечного сечения i -го участка магистрали, м^2 ; d_i – диаметр i -го участка магистрали, м; $\zeta_{Li} = \lambda_{Ti} \cdot \frac{l_i}{d_i}$ – безразмерный коэффициент сопротивления i -го участка магистрали; $\lambda_{Ti} = \frac{0,3164}{\sqrt[4]{\text{Re}_i}}$ – безразмерный коэффициент удельного сопротивления трения на i -ом участке магистрали; $\text{Re}_i = \frac{V_i \cdot d_i}{\nu}$ – число Рейнольдса на i -ом участке магистрали; $\nu = 1,5 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2/\text{с}$ – кинематическая вязкость воздуха.

Расчёты выполнялись в программе Matcad 2001.

Потери давления в местных сопротивлениях определялись через коэффициенты местных сопротивлений. В магистрали присутствуют следующие виды местных сопротивлений: внезапное сужение, внезапное расширение, местное сопротивление поворота.

Коэффициенты местных сопротивлений внезапных сужений:

$$\zeta_i = \left[1 - \left(\frac{d_{i+1}}{d_{i-1}} \right)^2 \right].$$

Коэффициенты местных сопротивлений внезапных расширений:

$$\zeta_i = \left[1 - \left(\frac{d_{i-1}}{d_{i+1}} \right)^2 \right]^2.$$

Коэффициенты местного сопротивления поворотов определялись из формулы:

$$\zeta_i = 0,051 + 0,19 \cdot \frac{d_{i+1}}{R_i},$$

где d_{i+1} – диаметр трубопровода в местах поворота, м; R_i – радиусгиба.

Для увеличения диаметров трубопровода используются диффузоры. Коэффициент сопротивления диффузора рассчитывался по формуле:

$$\zeta_i = \frac{\lambda_{T(i+1)}}{8 \sin \frac{\alpha_i}{2}} \cdot \left(1 - \frac{1}{n_i^2} \right) + k \cdot \left(1 - \frac{1}{n_i} \right)^2,$$

где α_i – половина угла раскрытия диффузора; n_i – степень раскрытия диффузора;

$$k = 3,2 \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha_i}{2} \cdot \sqrt[4]{\operatorname{tg} \frac{\alpha_i}{2}}.$$

Для уменьшения диаметра используются конфузторы. Коэффициент сопротивления конфузора рассчитывался по формуле:

$$\zeta_i = \frac{\lambda_{\pi}}{8 \sin \frac{\alpha_i}{2}} \cdot \left(1 - \frac{1}{n_i^2} \right),$$

где $\frac{\alpha_i}{2}$ – половина угла сужения конфузора; n_i – степень сужения конфузора.

Проведены расчёты и сравнение потерь давления в пневмомагистрали низкого давления высокоскоростного электропоезда Velaro RUS при двух вариантах основных диаметров проходного сечения – 57 мм и 77 мм – при расходе воздуха 400 м³/час. В случае основного диаметра 57 мм общие потери давления составляют 2838 Па. В случае основного диаметра 77 мм общие потери давления составляют 1598 Па. Вариант пневмомагистрали с основным диаметром проходного сечения 77 мм имеет в 1,78 раз меньшие потери давления и поэтому является предпочтительным. Это обеспечивается увеличением проходного сечения отдельных участков, исключением ряда местных сопротивлений типа конфузоров и диффузоров и увеличением радиусовгиба.