

УДК 621.6.07

## МОДЕРНИЗАЦИЯ ПНЕВМОСИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ ОПТИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ ДИАГНОСТИКИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПУТЕЙ

© 2015 В.А. Клементьев, Е.И. Куркин, В.О. Садыкова

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева  
(национальный исследовательский университет)

Поступила в редакцию 07.04.2015

Проведена модернизация пневмосистемы низкого давления защиты оптических датчиков диагностики железнодорожных путей скоростного электропоезда Siemens Velaro RUS. Разработана методика расчета потерь давления в пневмосистеме с учетом местных значений чисел Рейнольдса. Оценена эффективность проведенной модернизации - потери давления снизились в 1,78 раза по сравнению с исходным вариантом.

*Ключевые слова:* электропоезд, Velaro RUS, диагностика путей, пневмосистема, потери давления.

### 1. ВВЕДЕНИЕ

При проектировании и эксплуатации высоко- скоростных железнодорожных магистралей актуальным является вопрос диагностики ее состояния для получения всей необходимой и достаточной информации для недопущения перехода инфраструктуры в опасное состояние, негативно влияющее на реализацию перевозочного процесса [1]. При этом система диагностики должна учитывать специфику организации высокоскоростного движения. Одним из основных требований к системе диагностики путей становится минимизация влияния процесса диагностики на перевозочный процесс. Такая минимизация может быть достигнута за счет высоких скоростей мобильных средств диагностики (в том числе и включения средств диагностики в типовые подвижные составы), обеспечением комплексности диагностики и ее всепогодности [1].

Контактные датчики для определения ширины рельсовой колеи очень чувствительны к проходу стрелок – требуется ограничение скорости до 40 км/ч, что снижает скорость измерения, а также общую скорость движения поездов (вагон-путеизмеритель движется в общей сетке движения поездов) [2]. Для определения геометрических параметров рельсовой колеи (бокового и вертикального износов, ширины колеи и положения контактного рельса) хорошо применим оптоэлектронный метод лазерного профилирования, позволяющий комплексно с минимальным количеством датчиков и с достаточной точностью

*Клементьев Василий Анатольевич, старший преподаватель кафедры конструкции и проектирования летательных аппаратов. E-mail: vasily.klementiev@mail.ru*  
*Куркин Евгений Игоревич, кандидат технических наук, ассистент кафедры конструкции и проектирования летательных аппаратов. E-mail: eugene.kurkin@mail.ru*  
*Садыкова Владислава Олеговна, студентка института авиационной техники. E-mail: sadykova-vlada@rambler.ru*

проводить измерения большого количества параметров [2, 3].

Использование оптоэлектронного метода лазерного профилирования для определения геометрических параметров рельсовой колеи на высокой скорости подвижного состава требует решения задачи защиты оптических датчиков от загрязнений. Одним из способов защиты от загрязнений является струйная защита датчиков путем обдува их элементов струями воздуха. Для организации такого обдува требуется наличие пневмосистемы. В работе проведены расчеты и сравнение потерь давления в пневмомагистрали низкого давления защиты датчиков оптических диагностики путей скоростного электропоезда Velaro RUS «Сапсан» (рис. 1).

### 2. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Обеспечение высоких скоростей обдува датчиков, компактности и экономичности установки нагнетания воздуха требует минимизации гидравлического сопротивления пневмосистемы.

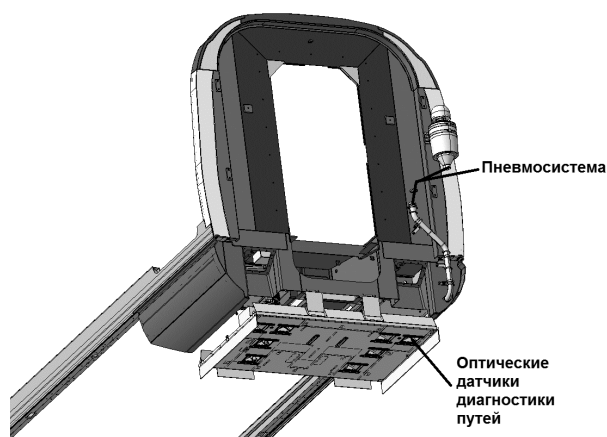


Рис. 1. Расположение пневмосистемы защиты оптических датчиков диагностики путей в составе вагона высокоскоростного поезда

Конструкция пневмосистемы определяется условиями ее трассировки внутри вагона. Пневмосистема состоит из всасывающей и напорной магистралей, между которыми помещен вихревой насос (рис. 2). Исходная пневмосистема защиты датчиков электропоезда Velaro RUS «Сапсан» состоит из трубопроводов различного диаметра (57 и 77 мм), что приводит к наличию дополнительных местных сопротивлений в местах их стыка. Для снижения гидравлического сопротивления рассмотрим возможность ее модернизации путем применения труб постоянного диаметра. Эффект от проведенной модернизации оценим путем сравнения гидравлических сопротивлений исходного и модернизированного вариантов.

### 3. РАСЧЕТ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ПОТЕРЬ В ПНЕВМОСИСТЕМЕ

Для определения потерь давления всасывающие и напорные магистрали разбиты на линейные участки и местные сопротивления (рис. 3). В первом (исходном) варианте схемы пневмосистемы (рис. 3а) ряд участков трубопровода ( $\zeta_8, \zeta_{10}, \zeta_{12}, \zeta_{14}, \zeta_{29}$ ) имеет на 25% сниженный диаметр по сравнению с остальными участками трубопровода. Во модернизированном варианте схемы пневмосистемы (рис. 3б) все диаметры трубопровода одинаковы и равны 77 мм.

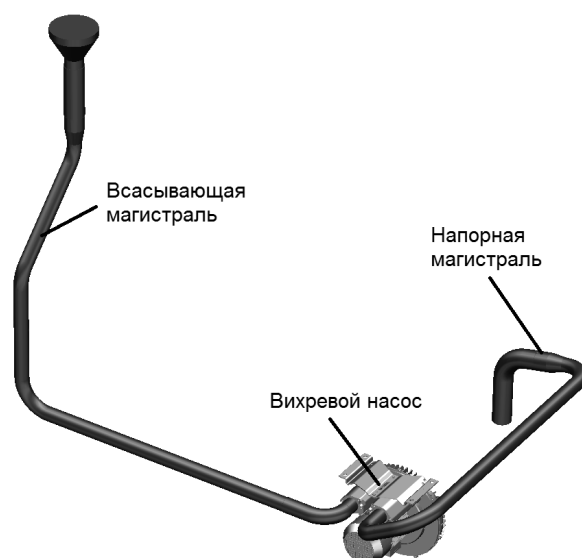


Рис. 2. Трехмерная геометрическая модель исходной конструкции пневмосистемы

Потери давления в трубах определяются из уравнения Вейсбаха [4]. Потери давления в местных сопротивлениях определялись через коэффициенты местных сопротивлений. В магистрали присутствуют следующие виды местных сопротивлений: внезапное сужение (в первой схеме:  $\zeta_5, \zeta_{18}, \zeta_{20}, \zeta_{26}$ ; во второй схеме:  $\zeta_5, \zeta_{17}, \zeta_{19}, \zeta_{24}$ ), внезапное расширение (в первой схеме:  $\zeta_3,$

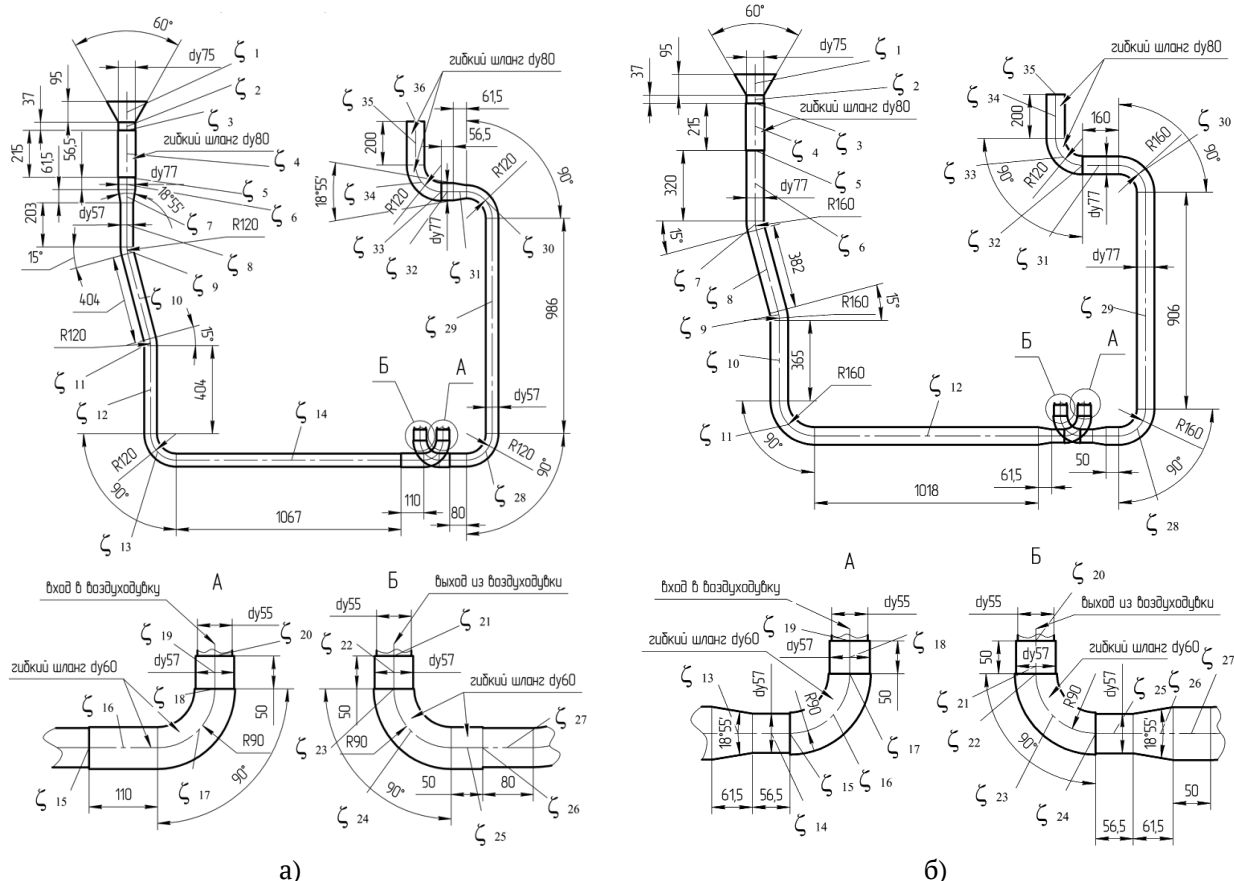


Рис. 3. Схема пневмосистемы  
а – исходный вариант, б – модернизированный вариант

**Таблица 1.** Гидравлические потери в пневмомагистрале системы защиты оптических датчиков электропоезда Velaro RUS

Участок магистрали	Исходный вариант	Модернизированный вариант
Потери в трубах		
-до насоса	769	222
-после насоса	408	140
-всего	1177	362
Потери в местных сопротивлениях		
-до насоса	589	405
-после насоса	1072	831
-всего	1661	1236
Общие потери		
-до воздуходувки	1358	627
-после воздуходувки	1480	970
-всего	2838	1598

$\zeta_{15}, \zeta_{21}, \zeta_{23}, \zeta_{33}, \zeta_{36}$ ; во второй схеме:  $\zeta_3, \zeta_{15}, \zeta_{20}, \zeta_{22}, \zeta_{32}, \zeta_{35}$ ), местное сопротивление поворота(в первой схеме:  $\zeta_9, \zeta_{11}, \zeta_{13}, \zeta_{17}, \zeta_{24}, \zeta_{28}, \zeta_{30}, \zeta_{34}$ ; во второй схеме:  $\zeta_7, \zeta_{11}, \zeta_{16}, \zeta_{23}, \zeta_{28}, \zeta_{30}, \zeta_{33}$ ). Для увеличения диаметров трубопровода используются диффузоры. В первом варианте пневмомагистрали с участками сниженного диаметра он встречаются на участке  $\zeta_{31}$ , а во втором варианте пневмомагистрали при равном диаметре всех трубопроводов на участке  $\zeta_{26}$ . Для уменьшения диаметра используются конфузоры. В первой схеме они встречаются на участках  $\zeta_{11}, \zeta_{77}$ , а во второй схеме на участках  $\zeta_{11}, \zeta_{13}$ . Коэффициенты местных сопротивлений вычислялись по формулам из [4, 5]. Следует отметить, что для расчета коэффициентов сопротивлений использовалось местное число Рейнольдса, определяемого по закону постоянства расхода.

С целью рассмотрения различных сочетаний диаметров проходных сечений с учетом местных чисел Рейнольдса для расчета гидравлических сопротивлений авторами разработана программа в системе Matcad. Проведены расчеты и сравнение потерь давления в пневмомагистрале низкого давления высокоскоростного электропоезда Velaro RUS при исходном и модернизированном вариантах пневмосистемы при расходе воздуха 400 м<sup>3</sup>/час (табл. 1).

#### 4. ВЫВОДЫ

В исходном варианте пневмосистемы общие потери давления составляют 2838 Па. В модернизированном варианте общие потери давления составляют 1598 Па. Снижение потерь давления обеспечивается увеличением проходного сечения отдельных участков, исключением ряда местных сопротивлений типа конфузор и диффузор и увеличением радиусовгиба. Достигнутое снижение потерь давления в 1,78 раза позволяет рекомендовать проведенную модернизацию пневмосистемы для практического применения.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Михалкин И.К., Симаков О.Б. Диагностика высокоскоростных магистралей // Евразия Вести. 2014. №6. С. 14-15.
2. Сас А.В., Рябиченко Р.Б., Воронин Н.Н. Оптоэлектронные измерения геометрических параметров нефтегазотранспортных систем // Труды РГУ Нефти и газа имени И.М. Губкина 2012. №1 (266) С. 86-94.
3. Ryabichenko R.B., Popov S.V., Smoleva O.S. CCD photonic system for rail width measurement// Photonics for Transportation. Prague. 1999. Vol. SPIE 3901. P. 39-46.
4. Некрасов Б.Б. Гидравлика и ее применение на летательных аппаратах/М.: Машиностроение, 1967. 368 с.
5. Идельчик И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям / М.: Машиностроение, 1992. 672 с.

#### MODERNIZATION OF PREUMATIC SYSTEM FOR RAILWAY DIAGNOSTICS OPTICAL SENSORS PROTECTION

© 2015 V.A. Klementiev, E.I. Kurkin, V.O. Sadykova

Samara State Aerospace University named after Academician S.P. Korolyov (National Research University)

Modernization of low pressure pneumatic system for railway diagnostics optical sensors protection of hi speed electric train Siemens Velaro RUS is proposed. The method of pressure loss calculation in the pneumatic system taking into account local Reynolds numbers is developed. The efficiency of the modernization is estimated - the pressure loss decreased 1.78 times in comparison with the original design. **Keywords:** train, Velaro RUS, railway diagnostic, pneumatic system, pressure loss.

Vasily Klementiev, Senior Lecturer at the Aircraft Construction and Design Department. E-mail: vasily.klementiev@mail.ru  
Evgeniy Kurkin, Candidate of Technics, Assistant of Aircraft Construction and Design Department. E-mail: eugene.kurkin@mail.ru  
Vladislava Sadykova, Student of Aviation Equipment Institute. E-mail: sadykova-vlada@rambler.ru