6. Centner. R. (1964). Final report on development of adaptive control techniques for a numerically controlled millin machine. Technical Documentary Report ML-TDR-64-279
7. Kulchitskiy A.A., Fedorova E.R. Optical inspection of solids of revolution by means of nontelecentric optics IOP Conference Series: Materials Science and Engineering . 2019. Т. 378. С. 012062.
8. Потапов А.И., Кульчицкий А.А., Смородинский Я.Г., Смирнов А.Г. Оценка погрешности системы контроля геометрии токопроводящих стержней, для электролизеров с самообжигающимся анодом / Дефектоскопия. 2020. № 3. С. 58-64.
9. Грановский Г. И., Грановский В. Г. Резание металлов: Учебник для машиностр. и приборостр. спец. вузов.— М.: Высш. шк., 1985,—304 с.
10. Abukhshim, N.A.; Mativenga, P.T.; Sheikh, M.A. Investigation of heat partition in high speed turning of high strength alloy steel. Int. J. Mach. Tools Manuf. 2005, 45, 1687–1695.
11. Никонов А.В. К вопросу о влиянии вертикальной рефракции на результаты тригонометрического нивелирования короткими лучами// Вестник СГГА. - 2014. - Вып. 1 (25). - С. 12-26.
12. Martin, Jacob A.; Gross, Kevin C. Estimating index of refraction from polarimetric hyperspectral imaging measurements, Optics Express 2016, 24(16) 17928-17940

Коновалов П.Ю.

Повышение сцепных свойств локомотивов на основе непрерывной дозированной подачи песка в зону контакта колеса с рельсом

*Ростовский государственный университет путей сообщения
(Россия, Ростов-на-Дону)*

doi: 10.18411/lj-10-2020-48

idsp: lj-10-2020-48

Аннотация

В статье рассматриваются вопросы, связанные с улучшением работы системы пескоподдачи локомотива на основе внедрения принципа непрерывного дозирования песка.

Ключевые слова: локомотив, сцепные свойства, система пескоподдачи, пневматический вентиль, сервопривод.

Abstract

The article discusses issues related to improving the operation of the locomotive sand feeding system based on the introduction of the principle of continuous sand dosing.

Key words: locomotive, adhesion properties, sand supply system, pneumatic valve, servo drive.

Возникновение сил тяги и торможения, реализуемых железнодорожным подвижным составом, непосредственно связано со сцеплением колес с рельсами, которое обусловлено фрикционным взаимодействием в зоне их контакта и зависит от целого ряда факторов: микро- и макроструктуры рельсовой и бандажной стали, шероховатости опорных поверхностей, динамикой рельсовых экипажей и пути и др.

С целью прогнозирования показателей динамических качеств железнодорожного подвижного состава [1, 2, 3, 4, 5] и его сцепных свойств [6, 7, 8] широко используются методы натурных испытаний [9], математического [10, 11, 12, 13, 14] и физического [15, 16] моделирования.

Неравномерность вертикальных нагрузок на колесные пары обычно оценивают при помощи коэффициента использования сцепного веса [6]

$$\beta_K = \frac{\Pi_{\min}}{\Pi},$$

где Π – расчетная вертикальная нагрузка колесной пары;

$\Pi_{\min}$ – вертикальная нагрузка наиболее разгруженной колесной пары.

Данный коэффициент, как известно, показывает, какую долю от теоретически возможной силы тяги может в действительности реализовать электровоз. Значения этого коэффициента зависят от расположения и способа подвешивания тяговых двигателей, конструкции рессорного подвешивания и тяговых устройств. На электровозах со шкворневыми устройствами (ВЛ10, ВЛ10У, ВЛ80С, ВЛ80Т и др.) установлены специальные противоразгрузочные устройства (ПРУ), что позволяет повысить коэффициент β_e от величины 0,842 до 0,932. На электровозе ВЛ85, благодаря применению наклонных тяг, необходимость в ПРУ отпала, поскольку $\beta_e = 0,94$. К сожалению, проведенная модернизация системы крепления наклонных тяг на современных отечественных грузовых электровозах 2ЭС4К ДОНЧАК и 2ЭС5К ЕРМАК привела к некоторому снижению достигнутого ранее уровня значений коэффициента использования сцепного веса, что повышает требования к противобоксовочным и пескоподающим системам этих электровозов.

Опыт эксплуатации подвижного состава показывает, что исправное состояние песочниц на локомотиве, их безотказная работа и умелое использование, дающие возможность предупреждать и устранять избыточное проскальзывание тяговых колес относительно рельсов, являются важнейшим условием для успешного вождения поездов с максимальной реализацией сцепных свойств тяговых единиц и одним из решающих факторов бесперебойной работы железных дорог. В этом смысле, пескоподача является одной из важнейших систем на локомотивах, а песок – столь же необходимым материалом, как смазка в узлах трения, без которой невозможна их нормальная работа.

В качестве примера, рассмотрим пескоподающую систему тележки электровоза 2ЭС5К, представленную на рисунке 1. Она реализует импульсную подачу песка и состоит из следующих элементов: кран разобщительный шаровый КН19 и КН20; клапан электропневматический У11 и У12; ниппель диаметром 5 мм ДР1 и ДР2; форсунка песочница ФП1-ФП4; рукав подсыпной внутренним диаметром 32 мм РУ12-РУ15.

Рисунок 1. Система пескоподачи тележки электровоза 2ЭС5К:
КП1 и КП2 – первая и вторая колесные пары электровоза

Наиболее ответственным элементом систем пескоподачи, отвечающим за дозирование количества песка, подаваемого в зону контакта колеса с рельсом, является форсунка песочницы. Несмотря на множественные попытки модернизации существующих и разработки новых конструкций форсунок, по-прежнему они имеют ряд конструктивных особенностей, которые приводят к частичному или полному отказу в работе системы пескоподачи. Так, например, все известные конструкции серийно выпускаемых форсунок песочниц для штатных пескоподающих систем

локомотивов, имеют игольчатый регулировочный болт, для осуществления настройки интенсивности подачи количества песка. Такая конструкция не позволяет осуществить раздельное регулирование скорости истечения песковоздушной смеси и расхода песка.

С целью повышения сцепных свойств локомотивов предлагается модернизация пневматической системы пескоподачи, основанная на принципе непрерывного дозирования песка, согласно рисунку 2.

Рисунок 2. Реализация принципа непрерывного дозирования песка в модернизированной пневматической системе пескоподачи

1 – корпус форсунки; 2 – ниппель; 3 – пробка; 4 – ускорительное сопло; 5, 7 – горловина; 6 – крышка с уплотнением; 8 – подсыпной рукав; 9 – сопло с калибровочными отверстиями; 10 – регулировочный винт с игольчатым наконечником; 11 – контргайка;

A – разделительная воздушная камера; B, D – воздушная камера; C – рыхлительный канал; E – смесительная камера; F – рыхлительная камера; S – полость, заполняемая частицами песка

Как следует из рисунка 2, предлагаемая модернизация типовой пневматической системы пескоподачи состоит в установке путем врезки в трубу со сжатым воздухом, поступающим под давлением до 0,9 МПа из питательной магистрали, пневматического вентиля с сервоприводом – дресселирующего устройства, управляющего непрерывным дозированием песковоздушной смеси. Регулировка количества подаваемой смеси осуществляется системой управления на основе алгоритмов «нечеткой» логики путем задания угла поворота сервопривода. Входными переменными для системы управления являются параметры фактических условий эксплуатации: скорость движения локомотива, погодные-климатические факторы, продолжительность времени работы системы распознавания избыточного скольжения колес с рельсами, сила тока тяговых двигателей и др.

Таким образом, в данной работе предложен вариант модернизации пневматической системы пескоподачи локомотива.

1. Волков, И.В. Прогнозирование динамических характеристик подвижного состава на основе математического моделирования / И.В. Волков: монография. – Ростов н/Д: Изд-во СКНЦ ВШ, 2000. – 136 с.

2. Волков, И.В. Улучшение динамических характеристик шестиосной секции электровоза при движении в кривых участках пути / И.В. Волков, В.Г. Рубан, Ю.П. Булавин [и др.] // Тенденции развития науки и образования. – 2020. – № 58-2. – С. 61-66.
 3. Авторское свидетельство SU 1009892 A1, 07.04.1983. Заявка № 3251480 от 20.02.1981. Успокоитель колебаний транспортного средства / И.В. Волков, Т.А. Тиболов. – 2 с.
 4. Ворон, О.А. К вопросу выбора ходовых частей для перспективного изотермического подвижного состава / О.А. Ворон, Ю.П. Булавин, И.В. Волков // Вестник РГУПС. – 2018. – № 4 (72). – С. 63-70.
 5. Волков, И.В. Прогнозирование динамических характеристик перспективного рефрижераторного подвижного состава / И.В. Волков, Ю.П. Булавин, Е.А. Булавина // Международный конгресс «Механика и трибология транспортных систем». – Ростов н/Д: РГУПС, 2003. – С. 205-206.
 6. Волков, И.В. Применение пакета MathCAD при расчете механической части локомотивов / И.В. Волков, В.Г. Рубан, А.М. Матва, Р.Х. Уразильдеев: учебное пособие. – Ростов н/Д: РГУПС, 2000. – 64 с.
 7. Волков, И.В. Преобразование зависимостей расчетного коэффициента сцепления электровозов от скорости / И.В. Волков // Актуальные проблемы развития железнодорожного транспорта и подготовки специалистов: тезисы докладов научно-техн. конференции. – Ростов н/Д: РГУПС, 1998. – С. 178-179.
 8. Волков, И.В. Вопросы прогнозирования и особенности реализации сцепных свойств тягового подвижного состава: монография / И.В. Волков, Ю.П. Булавин, П.Ю. Коновалов. – Ростов н/Д: РГУПС, 2007. – 110 с.
 9. Волков, И.В. К вопросу о повышении достоверности динамических характеристик перспективного изотермического подвижного состава / И.В. Волков, О.А. Ворон, Ю.П. Булавин [и др.] // Инженерный вестник Дона. – 2017. – № 4 (47). – С. 108. URL: <http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2017/4504>.
 10. Ворон, О.А. Моделирование колебаний вагона с тележками КВЗ-И2 и текстропным приводом подвагонного генератора / О.А. Ворон, Ю.П. Булавин, И.В. Волков // Вестник РГУПС. – 2016. – № 3 (63). – С. 14-22.
 11. Булавин, Ю.П. Динамические процессы в механической части привода вагонного генератора: монография / Ю.П. Булавин, И.В. Волков. – Ростов н/Д: РГУПС, 2007. – 135 с.
 12. Волков, И.В. Динамическая модель деформируемого кузова рельсового экипажа / И.В. Волков, Ю.П. Булавин // Вестник РГУПС. – 2017. – № 1(65). – С. 47-54.
 13. Волков, И.В. Применение метода прогонки для исследования упругих колебаний кузовов подвижного состава / И.В. Волков // Межвузовский тематический сборник трудов «Некоторые проблемы высокоскоростного наземного транспорта». – Ростов н/Д: РИИЖТ, 1980. – С. 20-24.
 14. Волков, И.В. Применение метода Монте-Карло для анализа сцепных свойств электровозов на основе погодно-климатических данных / И.В. Волков, П.Ю. Коновалов // Вестник РГУПС. – 2012. – № 2 (46). – С. 57-66.
 15. Волков, И.В. К вопросу прогнозирования уровня сцепления колес локомотивов с рельсами, находящимися в различных климатических условиях / И.В. Волков, Ю.М. Лужнов, С.А. Кондратенко // Вестник Всесоюзного научно-исследовательского института железнодорожного транспорта. – М.: Транспорт, 1991. – № 7. – С. 42-44.
 16. Патент на изобретение RU 2075057 C1, 10.03.1997. Заявка № 5014268/28 от 08.07.1991. Способ определения коэффициента сцепления колеса с рельсом / Ю.М. Лужнов, С.А. Кондратенко, Ю.А. Евдокимов, Н.В. Дымов, В.М. Алексенко, А.М. Матва, И.В. Волков. – 7 с.
-