

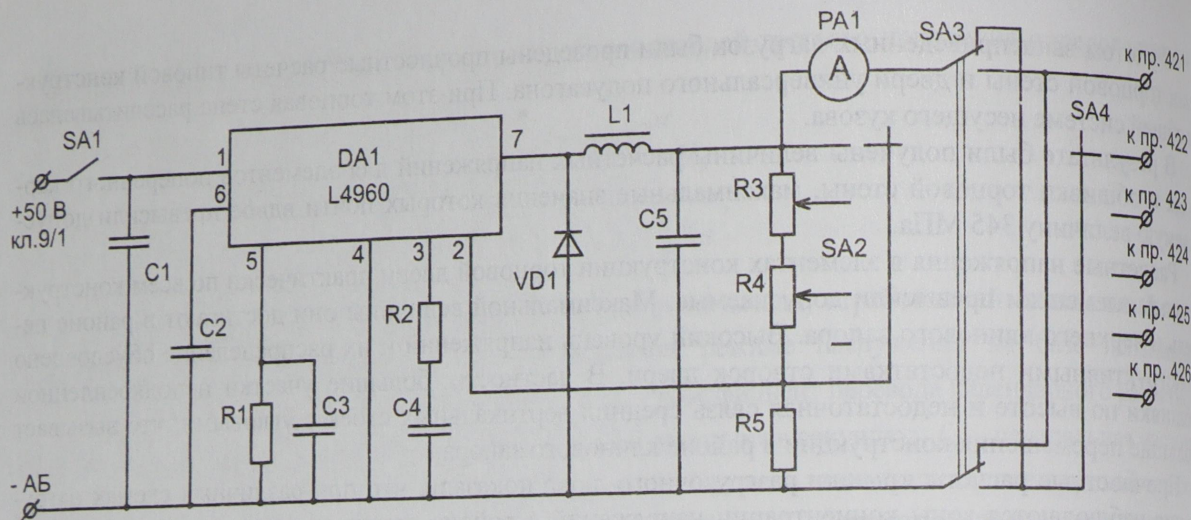


Рисунок 1 – Принципиальная схема источника питания для проверки исправности БДС, ББ и РОП

На вход устройства подается постоянное напряжение 50 В от аккумуляторной батареи («+» от клеммы 9/1, «-» от любой минусовой клеммы в правой высоковольтной камере). Выход устройства, при помощи зажимов типа «крокодил» подключаем к вспомогательным контактам поездных контакторов со стороны проводов 421–426. Для проверки РБЗ вручную подклиниваем якорь реле РУ16 во включенном состоянии.

При помощи переключателя SA2 выбираем величину напряжения на выходе из устройства. Например, для проверки РБЗ устанавливаем напряжение равным 5 В. Последовательно переключая переключатель SA4, проверяем различные группы диодов блока диодов сравнения. Работоспособность соответствующей цепи контролируется по показаниям амперметра PA1 и включению РБЗ. С помощью переключателя SA3 меняем полярность подключения устройства к блоку диодов сравнения и путем переключения SA4 проверяем работу остальных диодов БДС. Аналогично, устанавливая с помощью переключателя SA2 величину напряжения 10, 15 и 25 В на выходе из устройства, проверяем включение РБ1, РБ2 и РОП соответственно. Величины напряжений взяты с запасом от 2 до 3 В для надежного срабатывания проверяемых катушек реле.

УДК 625.031.1

БЕЗОПАСНОСТЬ ДВИЖЕНИЯ И НАДЕЖНОСТЬ СИЛОВОЙ СИСТЕМЫ ТОРМОЗ / КОЛЕСО / РЕЛЬС

Л. А. СОСНОВСКИЙ

Белорусский государственный университет транспорта

Взаимодействие колеса и рельса является физической основой движения поездов по железным дорогам. Именно оно во многом определяет безопасность, а также такие важнейшие технико-экономические показатели, как масса и скорость движения поездов. По оценкам разных авторов, потери, обусловленные изнашиванием в системе колесо / рельс, составляют от 10 до 30 % расходов на тягу поездов топливно-энергетических ресурсов. В 80-х годах XX века ежегодно из пути преждевременно изымалось по дефектам контактно-усталостного происхождения около 100 тыс. штук рельсов, так что потери только на их замену составляли свыше 250 млн рублей в год. Дополнительные потери состояли в том, что из эксплуатации уходило примерно 65 тыс. т рельсовой стали ежегодно, и восполнение ее – острая «металлургическая проблема». Заметим еще: отказ системы колесо / рельс есть, по существу, прекращение функционирования железнодорожного транспорта – со всеми вытекающими отсюда последствиями.

В последнее десятилетие XX века реальной угрозой для железных дорог России стал колесно-рельсовый вирус; так образно называют проблему износа гребней колесных пар и рельсов.

Анализ показал: проблеме сверхинтенсивного бокового износа рельсов в кривых на дорогах России – более 15 лет, однако, несмотря на значительные средства, затрачиваемые на ее решение, ос-

новые причины явления до сих пор не определены. Исследования, проведенные в последние 30–40 лет, внесли существенные дополнения в понимание физической сущности взаимодействия системы колесо / рельс. Однако и до настоящего времени нет полной ясности в физике процесса взаимодействия между бандажами колес и головкой рельсов.

К началу XXI века сложились два различных подхода к оценке работоспособности системы колесо / рельс. Согласно традиционной точке зрения, колесо / рельс – механическая система (рисунок 1, а). Прочности рассматривают железнодорожный рельс как балку, которая работает на усталость при действии пространственной системы сил. Естественно, что эксплуатационная надежность (долговечность) рельса оценивается ими по специфическому критерию – усталостному разрушению (F – от франц. *Fatigue* – усталость). В таком случае схема расчета сопротивления усталости рельса как элемента конструкции имеет, в первом приближении, вид

$$\sigma \rightarrow N(\sigma) \xrightarrow{\sigma_{-1}} F(\sigma, \sigma_{-1}, N_{\sigma}), \quad (1)$$

где σ – циклические напряжения, $N(\sigma) = N_{\sigma}$ – усталостная долговечность, σ_{-1} – предел выносливости.

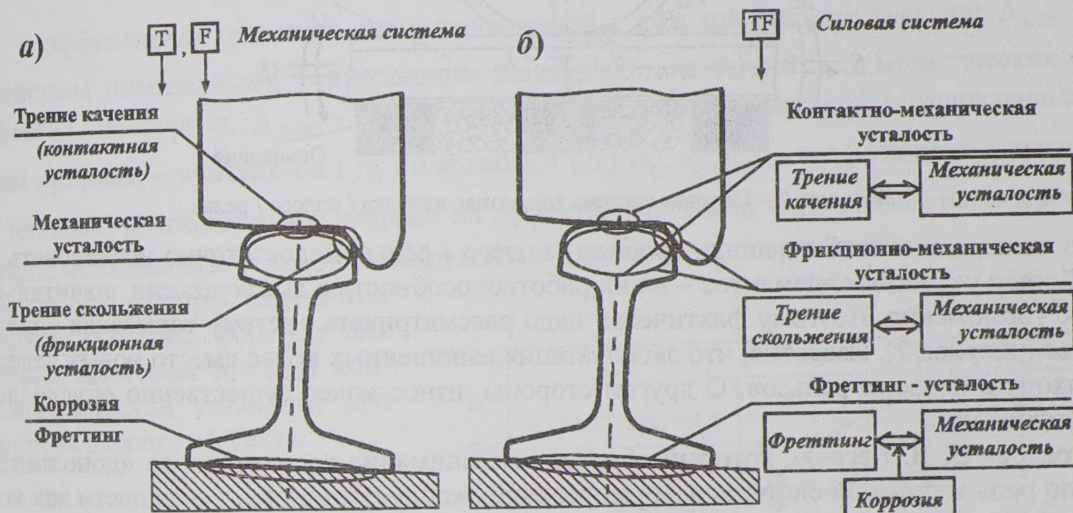


Рисунок 1 – Анализ системы колесо / рельс: традиционный подход (а) и подход с позиций трибофатики (б)

А трибологи представляют рельс как одну из деталей узла трения (колесо / рельс). Естественно, что эксплуатационная надежность (долговечность) рельса оценивается ими по другому специфическому критерию – износу (T – от греч. *Tribology* – трибология). В этом случае схема расчета износостойкости рельса как одного из тел пары трения имеет, в первом приближении, вид

$$p \rightarrow N(p) \xrightarrow{p_f} I(p) \xrightarrow{p_f} F(p, p_f, N_p, I_p), \quad (2)$$

где p – контактное давление, $N(p) = N_p$ – долговечность по критерию износостойкости, p_f – предельное контактное давление (предел контактной усталости), $I(p) = I_p$ – интенсивность изнашивания при действии p .

И ясно, что оценки (1) и (2) существенно различны для одного и того же рельса.

С позиций же трибофатики (TF) еще яснее: ни одна из этих оценок не может быть верной, поскольку в действительности рельс – один из элементов силовой системы (рисунок 1, б), и для него характерно комплексное – износоусталостное повреждение и разрушение. И тогда схема расчета сопротивления комплексному повреждению и разрушению имеет, в первом приближении, вид

$$(\sigma, p) \rightarrow N(\sigma, p) \xrightarrow{\sigma_{-1}(p)} I(\sigma, p) \xrightarrow{p_f(\sigma)} F[(\sigma, p, \sigma_{-1p}, p_{f\sigma}, N(\sigma, p), I(\sigma, p)), \Lambda_{\sigma/p}, T_{\Sigma}, \Lambda_{T/M}, D_{ch}], \quad (3)$$

где $\sigma_{-1}(p) = \sigma_{-1p}$ – предел выносливости, определяемый с учетом влияния контактного давления p ,
 $p_f(\sigma) = p_{f\sigma}$ – предел контактной усталости, определяемый с учетом влияния циклических напряжений σ ; $N(\sigma, p), I(\sigma, p)$ – долговечность и интенсивность изнашивания, обусловленные одновременным действием σ и p ; $\Lambda_{\sigma/p}$ – параметр взаимодействия повреждений, обусловленных контактными и изгибными напряжениями; T_{Σ} – интегральная температура, обусловленная всеми источниками тепла; $\Lambda_{T/m}$ – параметр взаимодействия повреждений, обусловленных тепловой и механическими нагрузками; D_{ch} – параметр, учитывающий коррозионно-химические процессы.

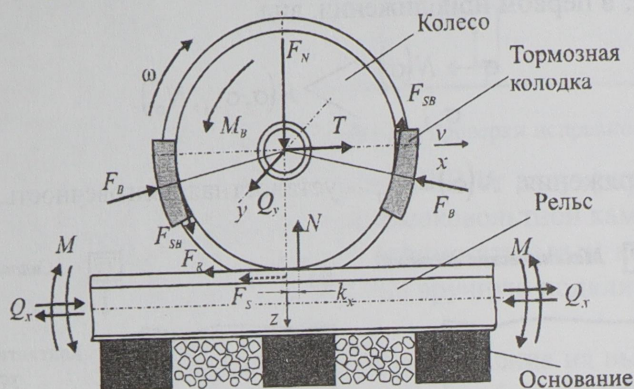


Рисунок 2 – Силовая система тормозная колодка / колесо / рельс

Анализ показывает: чтобы решить проблему колесо / рельс, недостаточно исследовать условия взаимодействия указанных элементов – на их работоспособность в эксплуатации значительно влияет процесс торможения. Поэтому фактически надо рассматривать систему тормозная колодка / колесо / рельс (рисунок 2). Известно, что эксплуатация изношенных колес вместо новых ведет к ускорению выхода и колес, и рельсов. С другой стороны, износ колес существенно обусловлен условиями торможения.

Я благодарен В. Я. Негрею, который обратил мое внимание на возможную «дополнительную» негативную роль тормозной системы в формировании эксплуатационной надежности как колес, так и рельсов; по существу, безопасность движения в большой степени обусловлена надежностью системы тормоз / колесо / рельс.

УДК 531.43.46+539.388.1+539.43; 625.143

ПРИМЕНЕНИЕ КРИТЕРИЕВ ТРИБОФАТИКИ ДЛЯ АНАЛИЗА МЕХАНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ РЕЛЬСОВОЙ СТАЛИ

Л. А. СОСНОВСКИЙ, А. А. КЕБИКОВ

Белорусский государственный университет транспорта

Система колесо/рельс есть физическая основа движения подвижного состава. Именно эта система во многом определяет безопасность функционирования железнодорожного транспорта.

Ранее разработаны критерий и методика анализа механического состояния рельса в зоне контакта с колесом в процессе эксплуатации, основанная на оценке отдельных характеристик сопротивления усталости рельсовой стали: предела выносливости при изгибе σ_{-1} и предела контактной усталости p_f . Таким образом, речь шла либо о сопротивлении усталости при изгибе, либо о сопротивлении контактной усталости. Но при эксплуатации системы колесо/рельс в зоне дорожки качения головки рельса циклические и контактные напряжения возбуждаются одновременно и в единой области. При этом работоспособность рельса лимитируется износом головки. Следовательно, возникает необходимость исследования влияния циклических напряжений (σ) на изменение характеристики сопротивления контактно-механической усталости ($p_{f\sigma}$).