

системе сталь 18ХГТ/сталь 18ХГТ был проведен ряд испытаний на контактно-механическую усталость. Полученные данные показаны на рисунок 2. Для трансмиссионного масла (см. рисунок 2, а) получили, что при действии сжимающих циклических напряжений ($\sigma_a < 0$) величина сближения осей уменьшается на ~27 % по сравнению с испытанием на трение качения ($\sigma_a = 0$); при действии растягивающих циклических напряжений ($\sigma_a > 0$) величина сближения осей увеличивается на ~23 % по сравнению с испытанием на трение качения ($\sigma_a = 0$). Величина коэффициента сопротивления качению для всех трех типов испытаний уменьшается. При этом его значение в трибофатических системах выше аналогичного коэффициента сопротивления качению в паре трения. В частности, при $F_N = 1000$ Н в трибофатической системе при $\sigma_a = 500$ МПа коэффициент сопротивления качению $f_c = 0,096$; при $\sigma_a = -500$ МПа $f_c = 0,095$; а для пары трения при $\sigma_a = 0$ $f_c = 0,094$. При графитовой смазке (рисунок 2, б) наблюдаются те же закономерности, что и у предыдущего масла, за исключением того, что величина сближения осей уменьшается в 2 раза, а значения коэффициента сопротивления качению – приблизительно в 1,5 раза. Это связано с лучшими свойствами данной консистентной графитовой смазки, которые оказывают положительное влияние на изменение характеристики трения и изнашивания испытуемой трибофатической системы.

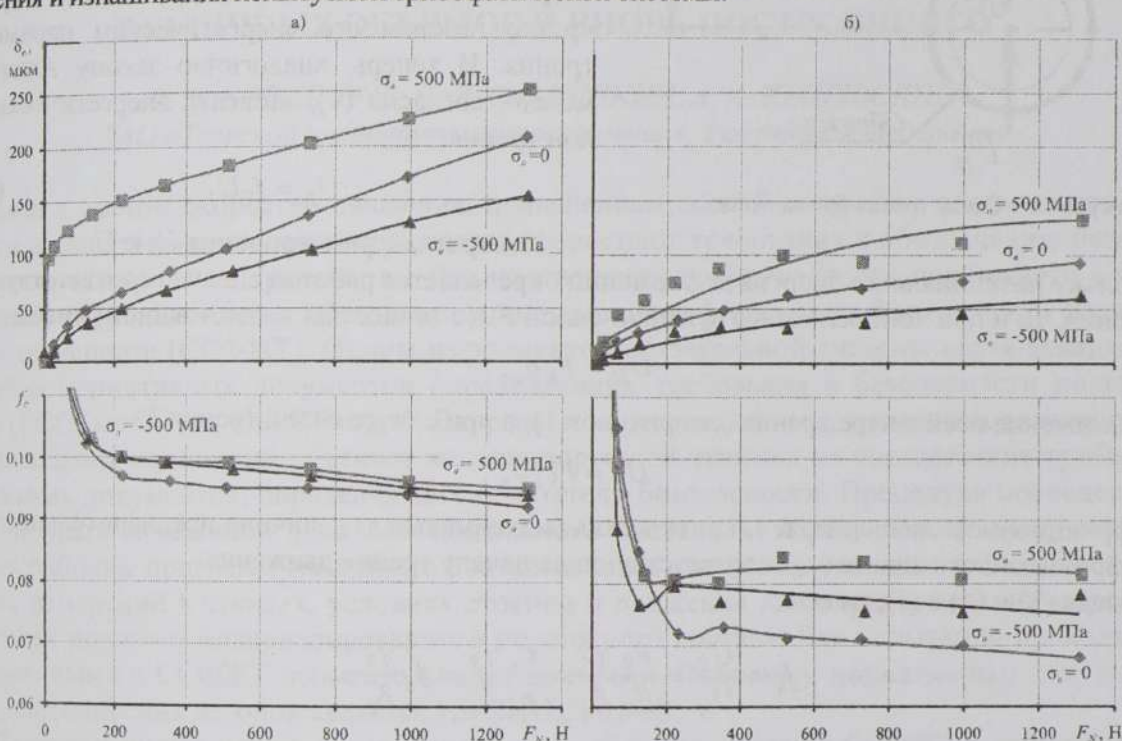


Рисунок 2 – Зависимости сближения осей и коэффициента сопротивления качению от величины контактной нагрузки при использовании трансмиссионного масла (а) и графитовой смазки (б)

Полученные результаты позволяют ставить и решать задачу регулирования долговечности и надежности различных узлов машин и оборудования путем рационального подбора: степени проскальзывания, вида смазочного материала (консистенция, вязкость, температурный диапазон работы), способа его подачи в зону трения, величины и знака действующих циклических напряжений в трибофатических системах.

УДК 620.178.162, 620.178.169

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ КОЭФФИЦИЕНТА ТРЕНИЯ

В. В. КОМИССАРОВ, Л. А. СОСНОВСКИЙ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В литературе неоднократно высказывалось мнение, что коэффициент трения (как и закон трения) имеет энергетическое содержание [1, 2]. Однако, по имеющимся сведениям, оно до сих пор не было формализовано. Ниже делается попытка восполнить этот пробел. Рассмотрим, например, энергетическую постановку в узле с трением качения (рисунок 1).

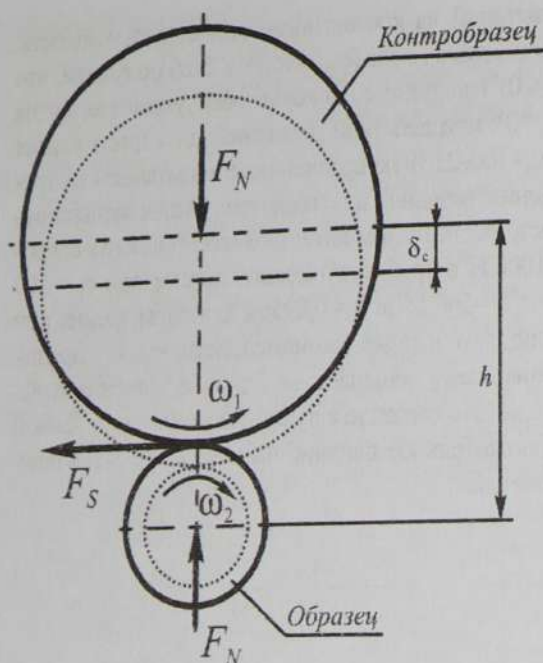


Рисунок 1 – Схема трения при качении

Пусть U_N есть потенциальная энергия (статической) деформации, обусловленная контактной нагрузкой F_N ; для краткости будем ее называть контактной энергией. И пусть U_S – это энергия, необходимая для того, чтобы вызвать трение движения; будем кратко называть ее фрикционной энергией. Нетрудно видеть, что U_S есть энергетический аналог силы трения F_S . Тогда введем соотношение

$$\frac{U_S}{U_N} = f_E = \text{const}, \quad (1)$$

где величина f_E имеет смысл параметра преобразования энергии при трении. Иначе говоря, f_E есть энергетический аналог коэффициента трения; кратко назовем его энергетическим параметром трения. И теперь, аналогично закону Амонтона, можно, согласно (1), записать энергетический закон трения:

$$U_S = f_E U_N. \quad (2)$$

Конкретизируем величины U_S и U_N .

Поскольку потенциальная энергия деформации определяется работой силы на соответствующем перемещении, то и при контактном нагружении силой F_N (с точностью до постоянной) имеем

$$U_N = F_N \delta_c, \quad (3)$$

где δ_c – сближение осей в паре трения (см. рисунок 1), а при сдвиге силой трения F_S –

$$U_S = F_S \gamma_S, \quad (4)$$

где γ_S – фрикционное смещение, т. е. критическая (максимальная) величина предварительного смещения – фрикционного сдвига (γ_S), соответствующая началу трения движения.

Учитывая (3) и (4) в (1), имеем

$$f_E = \frac{U_S}{U_N} = \frac{F_S \gamma_S}{F_N \delta_c} = \frac{\tau_w \gamma_S}{p_a \delta_c} = f_S \frac{\gamma_S}{\delta_c}, \quad (5)$$

или

$$f_S = f_E \frac{\delta_c}{\gamma_S}. \quad (6)$$

А энергетический закон трения (2) по аналогии с законом Амонтона записывается в форме

$$(F_S \gamma_S) = f_E (F_N \delta_c), \quad (7)$$

откуда

$$F_S = \left(f_E \frac{\delta_c}{\gamma_S} \right) F_N. \quad (8)$$

Из (5)–(7) видно, что и сила, и коэффициент трения в законе Амонтона отличается от их энергетических аналогов соответствующим соотношением двух параметров – сближения осей (δ_c) и фрикционного сдвига (γ_S).

Таким образом, дается формулировка закона (2) преобразования потенциальной энергии деформации при трении: фрикционная энергия деформации при трении пропорциональна энергии контактной. Другими словами, соотношение (1) фрикционной и контактной энергий деформации в паре трения есть величина постоянная, равная энергетическому параметру трения. Наконец, из (5) и (6) следует что

$$f_E \delta_c = f_S \gamma_S = q. \quad (9)$$

Это означает, что для пары трения силовая (Амонтонова) и энергетическая формулировки основного закона имеют следующее общее содержание: произведение характеристики трения (f_B или f_S) на соответствующее смещение (δ_c или γ_S) есть величина постоянная; ее можно назвать эквивалентом трения(q).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Сосновский, Л. А. Механика износоусталостного повреждения / Л.А. Сосновский. – Гомель : БелГУТ, 2007. – 434 с.
- 2 Мышкин, Н. К. Трибология. Принципы и приложения / Н.К. Мышкин, М.И. Петраковец. – ИММС НАНБ, 2002. – 304 с.

УДК 620.4.018

ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННОГО ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ В СИСТЕМЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА, ПРОШЕДШЕГО РЕМОНТЫ РАЗЛИЧНЫХ ОБЪЕМОВ И ВНОВЬ ПОСТРОЕННОГО

С. Д. КОРШУНОВ, С. Л. САМОШКИН, А. А. ЮХНЕВСКИЙ
ЗАО «Тверской институт вагоностроения», Российская Федерация

В связи с ростом скоростей движения, повышением осевой нагрузки и увеличением интенсивности использования подвижного состава возрастают требования к обеспечению безопасности на железнодорожном транспорте. Для подтверждения безопасности подвижного состава в РФ создана и функционирует обязательная система сертификации на Федеральном железнодорожном транспорте (ССФЖТ). Одним из элементов обязательной системы сертификации является набор нормативных документов определяющих требования к безопасности подвижного состава (ГОСТы, ОСТы, НБ ЖТ и др.). Вторым, и не менее важным, элементом является процедура проведения испытаний объектов железнодорожной техники на соответствие требованиям нормативных документов, определяющих показатели безопасности. Процедура проведения сертификационных испытаний (допуска подвижного состава к эксплуатации) предусматривает создание рабочих программ-методик, в соответствии с которыми выполняется комплекс необходимых измерений в стендах, условиях стоянки и движения для определения нормированных показателей нового и модернизированного подвижного состава. Все испытания проводятся аккредитованными в ССФЖТ испытательными центрами. Основным нормативным документом в РФ для пассажирских вагонов является НБ ЖТ ЦЛ 01-98.

В «Тверском институте вагоностроения», который аккредитован в ССФЖТ в качестве испытательного центра (ИЦ), разработана и функционирует процедура испытаний, которая позволяет оценить требования безопасности, предъявляемые к подвижному составу, дать предложения по его допуску к эксплуатации и включает следующие виды испытаний:

- механические прочностные при статическом действии нормативных испытательных нагрузок и при соударениях;
- ходовые динамические и тормозные с конструкционными скоростями движения;
- электротехнические по оценке электробезопасности;
- противопожарные;
- общесистемные (габарит, поколесное взвешивание и пр.);
- испытания различных систем и узлов вагона.

Для каждого вида испытаний разработана, опробована и аттестована рабочая программа-методика испытательного центра. Основой этих методик являются типовые методики (СТ) ССФЖТ, руководящие документы МПС или ОАО «РЖД», а также ГОСТы или ОСТы, содержащие методические указания по вопросам проведения испытаний.

В основу аппаратно-машинного комплекса для проведения указанных испытаний положен принцип унификации средств измерений за счет использования серийных регистрирующих, усиливающих и преобразующих приборов и испытательного оборудования. Для обеспечения проведения комплексных прочностных, динамических и тормозных испытаний пассажирских и грузовых вагонов институт обладает мощной экспериментальной базой и квалифицированным персоналом.