

Таблица 1 – Напряжения от действия ударных нагрузок и воздействия груза в момент загрузки вагона

В мегапаскалях

Номер тензорезистора	Загрузка	Сила удара, кН							
		1125	1645	2183	2105	2307	2569	2487	2727
5	29,1	106,2	182,9	170,8	186,2	130,0	154,7	132,8	154,4
14	37,7	42,3	88,2	65,6	75,3	119,1	167,2	173,3	182,8
27	-40,2	68,7	81,2	98,8	109,5	121,4	93,3	106,6	133,5
28	21,0	103,3	134,0	164,6	179,1	179,1	172,7	176,4	163,3
29	13,4	96,4	100,2	138,6	143,0	139,8	117,0	115,2	132,8
30	19,5	87,0	138,4	161,8	172,1	184,0	195,5	199,3	194,0
31	6,6	70,9	72,8	103,4	103,1	106,1	88,3	82,9	97,5
32	30,4	89,4	147,4	199,0	195,5	226,5	214,1	235,0	290,8
33	33,0	99,2	198,7	227,7	234,8	223,3	231,9	250,1	253,3

При проведении испытаний по сбросу с клиньев регистрировались амплитудные значения напряжений, а также коэффициент вертикальной динамики подрессоренных частей вагона-самосвала $k_{дв}$.

После окончания всего цикла натурных испытаний специалистами ОНИЛ «ТТОРЕПС» был произведен заключительный осмотр вагона-самосвала, по результатам которого неисправности и повреждения выявлены не были.

Обработав весь массив данных, полученных в ходе испытаний, можно выделить следующие результаты.

1 Получены максимальные значения напряжений при статических испытаниях по I и III расчетным режимам. Максимальные напряжения по I режиму при растяжении – 269,4 МПа на хребтовой балке в консольной части вагона, при сжатии – 227,1 МПа на хребтовой балке в консольной части вагона. Максимальные напряжения по III режиму при растяжении – 153,5 МПа на хребтовой балке в консольной части вагона, при сжатии – 81,2 МПа на хребтовой балке в консольной части вагона.

2 При испытаниях на соударение получены максимальные напряжения при различных силах соударения в диапазоне от 1000 до 2700 кН. Данные по результатам испытаний без учета квазистатической составляющей представлены в таблице 1.

3 Получены наибольшие и наименьшие напряжения в момент сброса вагона с клиньев. Коэффициент динамики подрессоренных частей вагона – 0,66.

Список литературы

1 **Boiko, A.** Assessment of remaining resource of tank wagons with expired life time: Summary of Doctoral Dissertation: Engineering sciences / A. Boiko // Riga Technical University. – Riga, 2013. – 39 p.

2 **Афанаськов, П. М.** Несущая способность кузова вагона-самосвала для перевозки сыпучих грузов после длительной эксплуатации / П. М. Афанаськов // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2020. – № 4 (68). – С. 202–210.

3 Нормы для расчета и проектирования новых вагонов-самосвалов (думпкаров) колеи 1520 мм. – М. : ВНИИВ, 1986. – 155 с.

УДК 620.178.16

КЛАССИЧЕСКИЙ ЗАКОН ТРЕНИЯ И ЕГО МОДИФИКАЦИЯ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К СИСТЕМЕ КОЛЕСО/РЕЛЬС

В. В. КОМИССАРОВ, Е. С. ТАРАНОВА

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Трения качения (ведущий процесс для силовой системы колесо/рельс) является физической основой движения поездов по железным дорогам. В этой связи повреждения наблюдаемые в данной системе связывают исключительно с действием контактной нагрузки, что отражено в классической формулировке закона трения: сила трения (F_S) прямо пропорциональна контактной нагрузке (F_N):

$$F_s = fF_N, \quad (1)$$

где f – коэффициент трения.

Таким образом, традиционный подход к определению коэффициента трения

$$f(p) = F_s / F_N = \tau_w / p, \quad (2)$$

где τ_w – удельная сила трения; p – контактное давление.

К настоящему времени в рамках механики износоусталостного повреждения [1, 2] показано, что циклические напряжения от изгиба наравне с контактной нагрузкой могут рассматриваться как управляющий параметр при изучении процессов трения и изнашивания в силовых системах типа колесо/рельс. Систематические исследования влияния циклических напряжений на изменение силы (и коэффициента) трения в данной системе до сих пор проведены не были. Полученные результаты, в частности, могли бы быть использованы при анализе причин колесно-рельсового вируса и эксплуатационных отказов рельсов, а также поиске мер эффективной борьбы с ними.

В рамках теоретического решения задачи предложена следующая расчетная оценка коэффициента трения в силовой системе:

$$f(p, \sigma) = F_s(p, \sigma) / F_N, \quad (3)$$

где σ – циклические напряжения от изгибной нагрузки.

Принципиальное отличие развиваемого подхода (3) от традиционного подхода (2) состоит в том, что для силовой системы типа колесо/рельс учитывается влияние циклических напряжений (σ) на изменение величины силы $F_s(\sigma)$ и коэффициента $f(p, \sigma)$ трения. Таким образом, закон трения в трибофатической системе гласит: в общем случае сила трения пропорциональна как контактной, так и объемной нагрузке, если последняя возбуждает циклические напряжения ($\pm\sigma$) в области контакта.

Результаты теоретических и экспериментальных исследований по изучению закономерностей влияния циклических напряжений на изменение коэффициента трения в силовой системе представлены соответственно на рисунках 1 и 2.

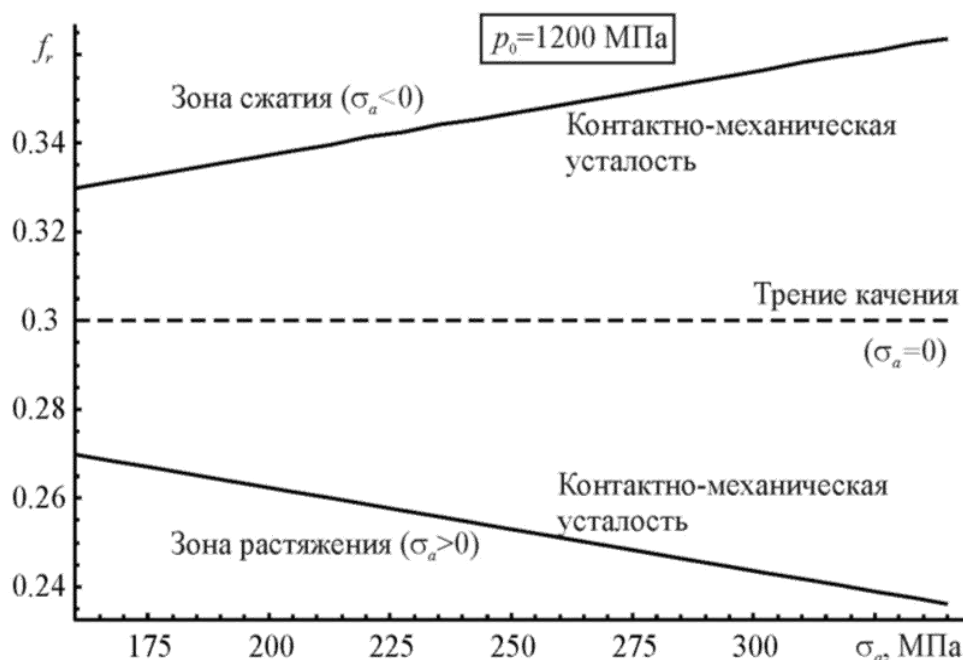


Рисунок 1 – Расчетная зависимость коэффициента трения в силовой системе от изгибных напряжений в области контакта

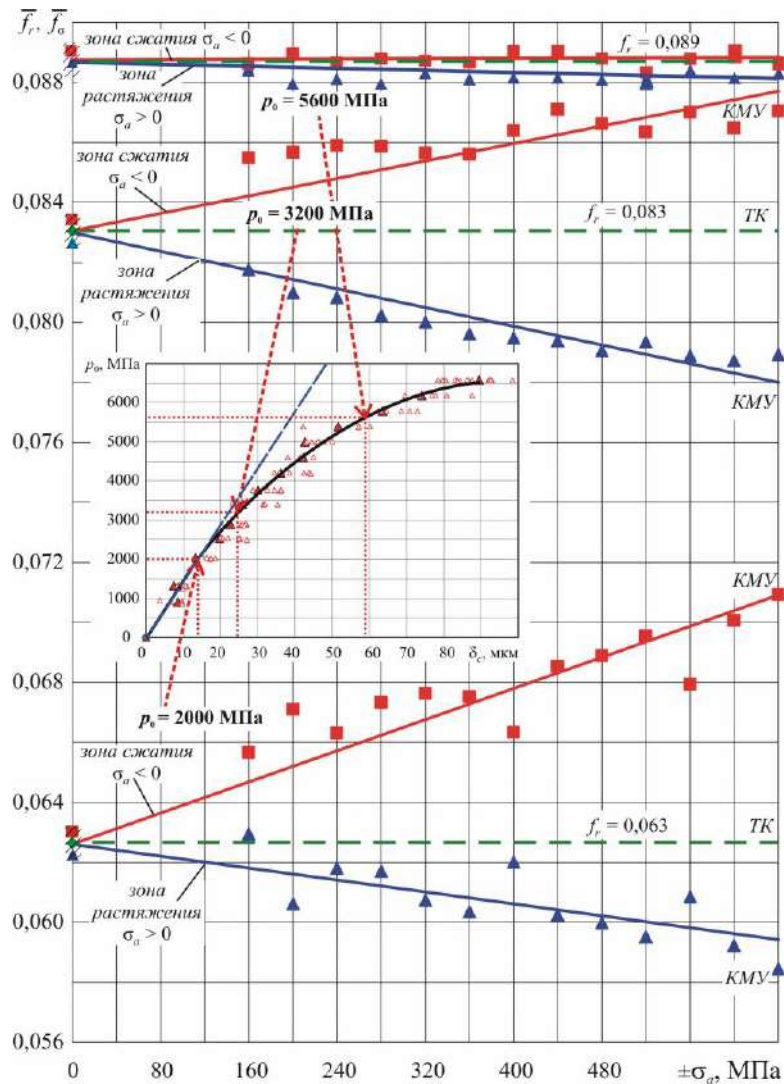


Рисунок 2 – Силовая система Ст18ХГТ/Ст18ХГТ: зависимость средних значений коэффициента сопротивления качению от амплитуды напряжений (пунктиром указано значение $\bar{f}_r = f(p)$ в паре трения)

Из полученных результатов следует, что в зависимости от условий трения может быть

$$f(p, \sigma) \cong f(p), \quad (4)$$

т. е. циклические напряжения могут как повышать, так и снижать коэффициент трения. При этом численные значения коэффициента трения могут изменяться на 5–66 % и более (в зависимости от условий испытаний). Показано, что расчетные оценки удовлетворительно соответствуют экспериментальным результатам как в качественном (закономерности), так и в количественном (численные значения) отношениях. Это позволяет ставить и решать задачу о рациональном управлении силой (коэффициентом) трения в силовой системе колесо/рельс. Тем самым задача управления износоусталостными повреждениями элементов системы становится более ясной и более содержательной, поскольку указывается важная роль изгибных напряжений в формировании колесно-рельсового вируса.

Список литературы

- 1 **Сосновский, Л. А.** Трение в трибофатической системе / Л. А. Сосновский, С. С. Щербаков, В. В. Комиссаров // Тр. VI Междунар. симпозиума по трибофатике (ISTF 2010), 25 окт. – 1 нояб. 2010 г., Минск (Беларусь) / редкол. : М. А. Журавков (пред.) [и др.]. – Минск : БГУ, 2010. – Т. 1. – С. 361–373.
- 2 **Сосновский, Л. А.** Закон трения: от трибологии к трибофатике. Сообщение 3. Экспериментальные исследования / Л. А. Сосновский // Механика машин, механизмов и материалов. – 2019. – № 4 (49). – С. 95–106.