

МЕТОДИКА МОДЕЛЬНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ДВИЖИТЕЛЕЙ БСП

Лукиенко Л.В

Ключевые слова: модельные испытания, критерии подобия, машина трения, роликовые образцы, трение и износ.

Аннотация. В работе показано, что в условиях рыночного хозяйства исследования изнашивания движителей БСП очистных комбайнов можно проводить, используя модельный эксперимент, который позволяет за меньший срок и с меньшими затратами определить закономерности массового изнашивания контактирующих элементов движителя. В статье представлен методический подход к выбору критериев подобия для испытания на машине трения роликовых образцов, моделирующих процесс работы элементов движителя БСП очистного комбайна.

METHODOLOGY OF MODEL EXPERIMENTAL STUDIES OF RACK AND PINION CHS

Lukienko L.V.

Keywords: model tests, similarity criteria, friction machine, roller samples, friction and wear.

Abstract. It is shown that in the conditions of market economy, studies of the wear of the CHS of shearer loaders can be carried out using a model experiment, which allows for a shorter period and at a lower cost to determine the patterns of mass wear of the contacting elements of the mover. The article presents a methodological approach to the selection of similarity criteria for testing roller samples on a friction machine that simulate the operation of the elements of the CHS mover of a shearer loader.

Важным вопросом при прогнозировании ресурса БСП зубчато-реечного типа очистных комбайнов является обоснованное определение интенсивностей изнашивания материалов элементов зацепления. Решение этого вопроса может быть осуществлено либо на основе анализа опыта эксплуатации подобных систем, что требует значительных затрат времени и вложения средств, либо по результатам экспериментальных исследований.

В этой области накоплен значительный опыт [1-4], анализ которого показал, что весьма перспективным является применение ускоренных модельных испытаний на машинах трения образцов, моделирующих работу объектов исследования. Достоинство подобного вида исследований состоит в относительно низких затратах на их проведение, а также возможности, используя более простые модельные образцы и применяя теорию подобия, получить достоверные результаты в лабораторных условиях. При этом сокращаются сроки испытания в 2...5 раз и снижаются затраты на них в 3...10 раз.

Сокращение длительности испытаний может быть достигнуто: за счет форсирования нагрузки P (используется при испытании узлов с большими удельными нагрузками на контакте); за счет форсирования скорости $V_{ск}$ (используется при испытаниях тяжело нагруженных узлов трения); при

форсировании нагрузки и скорости (рекомендуется для промежуточных вариантов нагрузок и скоростей).

Проведённый анализ применяемых для этой цели испытательных машин показал, что наиболее подходящей в данном случае является машина трения СМЦ-2, предназначенная для испытания материалов при механическом изнашивании в условиях трения качения при нормальных температурах.

При моделировании работы зубчато-реечной передачи с использованием роликовых аналогов на машине СМЦ-2 необходимо соблюдать условия подобия работы модели реальному узлу: геометрическое подобие, подобие деформаций и напряжений, подобие материала, подобие твердостей, подобие температурных полей, подобие пути трения, подобие трения качения с проскальзыванием. Только в этом случае можно получить достоверные результаты испытаний. Недостаточный учет особенностей работы движителя при моделировании может привести к возникновению значительных погрешностей.

Рассмотрим получение масштабных коэффициентов подобия μ при моделировании с форсированием скорости с заниженной нагрузкой на контакте. При этом должно выполняться условие:

$$\mu_L = 1 / \mu_F, \quad (1)$$

где μ_L – масштабный коэффициент подобия пути трения; μ_F – масштабный коэффициент подобия деформаций и напряжений.

а) Геометрическое подобие:

$$\left(\frac{b_k}{a_{w2p}} \right)_o = \mu_\Gamma \left(\frac{b_o}{a_{12}} \right)_m, \quad (2)$$

где b_k – ширина зубчатого венца колеса; b_o – ширина образцов; a_{w2p} – межосевое расстояние в реальной паре; a_{12} – межосевое расстояние между образцом и контртелом; μ_Γ – масштабный коэффициент геометрического подобия.

б) Подобие деформаций и напряжений:

$$\left(\frac{\sigma_k \cdot (\rho_1 \rho_2) / (\rho_1 + \rho_2)}{(E_1 E_2) / (E_1 + E_2)} \right)_o = \mu_F \left(\frac{\sigma_k \cdot (\rho_1 \rho_2) / (\rho_1 + \rho_2)}{(E_1 E_2) / (E_1 + E_2)} \right)_m, \quad (3)$$

где σ_k – нормальное напряжение в зоне контакта.

Напряжение на контакте в движителе определяется следующим образом:

$$\sigma_k = 190 \sqrt{\frac{F_n}{b_k (\rho_1 \rho_2) / (\rho_1 + \rho_2)}}, \quad (4)$$

где F_n – нормальное усилие в зацеплении.

в) Подобие материала: реальные детали и испытуемые образцы должны быть изготовлены из одного и того же материала.

г) Подобие твердостей: $(HB_1 / HB_2)_o = \mu_{HB} (HB_1 / HB_2)_m, \quad (5)$

где HB_1, HB_2 – твердости материалов соответственно реального объекта и модели, μ_{HB} – масштабный коэффициент подобия твердостей.

$$д) \text{ Подобие температурных полей: } \left(\frac{\alpha}{\lambda} \cdot b_K \right)_O = \mu_T \left(\frac{\alpha}{\lambda} \cdot b_O \right)_M, \quad (6)$$

где α – коэффициент теплоотдачи; λ – коэффициент теплопроводности; b_K – ширина зубчатого венца колеса; b_O – ширина образцов, μ_T – масштабный коэффициент подобия температурных полей.

Указанный критерий соблюдается автоматически при соблюдении подобия материала и твердостей.

$$е) \text{ Подобие пути трения: } \left(\frac{V_K \cdot t_K}{L_{mp}} \right)_O = \mu_L \left(\frac{V_H \cdot t_K}{L_{mp}} \right)_M, \quad (7)$$

где V_K – линейная скорость на контакте; t_K – время контакта; L_{mp} – путь трения.

ж) Подобие трения качения с проскальзыванием:

$$\left(\frac{\Theta_{СК}}{f} \right)_O = \mu_{СК} \left(\frac{\Theta_{СК}}{f} \right)_M, \quad (8)$$

где $\Theta_{СК}$ – коэффициент проскальзывания в паре; f – коэффициент трения в зацеплении, $\mu_{СК}$ – масштабный коэффициент подобия трения качения с проскальзыванием.

Значения масштабных коэффициентов подобия, использованных в настоящей работе, представлены в таблице 1. Указанные коэффициенты могут иметь и иные значения, однако при их расчете необходимо учитывать базовые параметры и возможные режимы работы машины трения СМЦ-2.

Табл. 1. Масштабные коэффициенты подобия

μ_Γ	μ_F	μ_M	μ_{HB}	μ_T	μ_L	$\mu_{СК}$
2,143	17,5	1	1	1	0,0571	1

Методика определения интенсивностей механического изнашивания материалов состоит в следующем. По истечении определенного времени испытания на СМЦ-2 в режиме сухого трения определяется массовый износ образцов Δh_m . Для каждого образца указанная величина различна и зависит от его материала и вида обработки. От массового износа далее следует перейти к линейному износу, воспользовавшись зависимостью:

$$\Delta h_l = \frac{\sqrt{m_{исх}} - \sqrt{m_{исх} - \Delta h_m}}{\sqrt{\pi \cdot b \cdot \rho}}, \quad (9)$$

где $m_{исх}$ – масса образца до испытания; b – ширина образца; ρ – плотность материала образца.

Полученная величина линейного износа (глубина изношенного слоя) отличается от реальной, свойственной существующему движителю. Для её нахождения следует воспользоваться масштабным коэффициентом μ_Γ :

$$\Delta h_{lp} = \mu_{\Gamma} \cdot \Delta h_l. \quad (10)$$

Интенсивность изнашивания при известной Δh_{lp} будет определяться зависимостью:

$$J = \frac{\Delta h_{lp}}{2\pi \cdot r \cdot N}, \quad (11)$$

где r – радиус кривизны контактирующей поверхности образца; N – количество оборотов, выполненных образцом за время испытания.

Список литературы

1. Методика расчётной оценки износостойкости поверхностей трения деталей машин. – М.: Изд-во стандартов, 1979. – 100 с.
2. Браун Э.Д., Евдокимов Ю.А., Чичинадзе А.В. Моделирование трения и изнашивания в машинах. – М.: Машиностроение, 1982. – 191 с.
3. Бусленко Н.П. Моделирование сложных систем. – М.: Наука, 1978. – 400с.

References

1. Method of calculating the wear resistance of the friction surfaces of machine parts. – М.: Publ. House of Standards, 1979. – 100 p.
2. Brown E.D., Evdokimov Yu.A., Chichinadze A.V. Modeling of friction and wear in machines. – М.: Mechanical Engineering, 1982. – 191 p.
3. Buslenko N.P. Modeling of complex systems. – М.: Science, 1978. – 400 p.

<p>Лукиенко Леонид Викторович – доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой, Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н.Толстого, Тула, Россия, lukienko_lv@mail.ru</p>	<p>Lukienko Leonid Viktorovich – doctor of technical sciences, associate professor, head of the department, Tula state pedagogical university named after L. N. Tolstoy, Tula, Russia, lukienko_lv@mail.ru</p>
--	---

Received 19.12.2020