



Лапенко Т. Г.

Дудников А. А.

*Полтавская
государственная
аграрная академия*

УДК 621.9

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ ИЗНАШИВАНИЯ МЕТОДОМ ПОДОБИЯ

Рассмотрены некоторые аспекты определения закономерностей изнашивания методом подобия.

Some aspects of definition of legitimacies of wear process by a similarity method are considered.

Вследствие многообразия видов трения трущихся поверхностей, как по взаимосвязи различных факторов, так и по особенности протекающих физических и химических процессов их исследования, как правило, проводят методом моделирования, используя при этом моделирующие установки. Экспериментальные исследования, проводимые на моделях, позволяют установить достоверность полученных закономерностей процесса изнашивания. Проведение эксперимента в реальных условиях связано с большой трудоёмкостью и сложностью выявления характера внутренних связей процесса трения. Например, весьма сложно определить влияние скорости движения зерноуборочного комбайна и времени его работы на величину износа дисков копачей. Проведение таких экспериментов на почвенном канале позволяет значительно быстрее выявить эти закономерности. Поэтому весьма целесообразным по нашему мнению является использование специальных моделей, которые позволяют проводить исследование различных процессов в определенных аспектах. Теория поверхностного изнашивания, а также имеющиеся данные эксплуатационных испытаний позволяют создавать как экспериментальные установки, так и методологию проводимых исследований по выявлению закономерностей в различных технологических процессах.

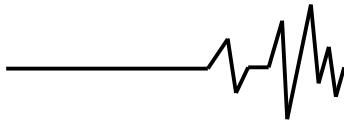
Базой проведения научных опытов и получения экспериментальных данных является теория моделирования подобия. Теоретические решения в ряде случаев позволяют определить лишь качественные связи между различными параметрами.

Например, влияние амплитуды колебания рабочего инструмента на величину упрочнения обрабатываемой поверхности при вибрационном нагружении. Однако, при анализе ряда более сложных видов изнашивания не представляется возможным получить достаточно общих математических закономерностей. В этой связи проблема изнашивания различных трущихся поверхностей в различных эксплуатационных условиях может найти свое разрешение через применение теории подобия, которая базируется на следующих основных постулатах:

1. Необходимым и достаточным условием подобия является подобие условий однозначности и равенство определяющих критериев подобия исследуемого явления.

2. Зависимость между переменными, характеризующими то или иное явление, может быть представлена как зависимость между критериями подобия [1].

Теория внешнего трения (адгезионно – деформационная) даёт представление о главных действующих факторах и позволяет описать основные закономерности процесса трения, сопровождаемого целым комплексом явлений: взаимодействием контактирующих поверхностей, физико-химическим изменением поверхностных слоёв пар трения, изнашиванием поверхностей [2]. Все перечисленные явления, происходящие на поверхностях трущихся тел, и приводящие к изменению физико-механических свойств материалов в местах контакта, затрудняют получение полного математического описания основных процессов, влияющих на интенсивность изнашивания материала



деталей. Ввиду отсутствия исходных зависимостей, содержащих связи всех основных влияющих факторов, при моделировании процесса можно использовать анализ размерностей физических параметров, характеризующих изнашивание поверхностей деталей. Анализ размерностей исходных параметров может быть применён при физической сложности характера явления и недостаточной изученности основных закономерностей, не позволяющих получить математическое описание процесса.

При определении закономерностей при трении следует учитывать температурные изменения материала трущихся поверхностей. Теплообмен между поверхностями тел и окружающей средой может быть выражен зависимостью:

$$-\lambda \left(\frac{dt}{du} \right) = \alpha (t_1 - t_c), \quad (1)$$

где α – коэффициент теплообмена; t_1 и t_c – соответственно температура тела и окружающей среды.

В процессе трения контактируемых поверхностей происходит нежелательное явление – выделение тепла, которое зависит от многих факторов: вида поверхности, скорости их перемещения, смазки и её подводом и др. По закону Стефана – Больцмана можно записать:

$$\frac{dt}{d\tau} = \varepsilon \sigma F \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_c}{100} \right)^4 \right], \quad (2)$$

где $\varepsilon \sigma$ – приведенный коэффициент выделения тепла; T_1 и T_c – абсолютные температуры.

Характер разрушения фрикционных связей, возникающих при трении, зависит от геометрических, механических и физико-химических факторов.

Полное подобие модели реальному объекту выполняется, если процессы относятся к одному классу физических явлений, подчиняются одним закономерностям и характеризуются одинаковыми физическими параметрами.

Критерий термодинамического подобия, связывающий в уравнении состояния плотность, давление и температуру, вытекает из соотношения типа Ван-дер-Ваальса [3]:

$$(p + \alpha_1 \rho^2)(V - b) = RT, \quad (3)$$

где p – давление; α_1 – коэффициент; ρ – плотность; $V = 1/\rho$; b – минимальный

свободный объем; R – газовая постоянная; T – абсолютная температура.

Если физический процесс описывается системой уравнений и заданными граничными условиями, то значения параметров в условиях однозначности являются независимыми переменными и определяют протекание данного явления. Теория подобия позволяет использовать структурный анализ исходных уравнений, описывающих изучаемое явление, как при разработке методики проведения экспериментов, так и при обобщении их результатов. В свою очередь, полученные экспериментальные исследования на модели, позволяют уточнить исходную модель, поставить и решить необходимую теоретическую задачу.

В реальных условиях, вследствие сложных дополнительных связей, результаты экспериментов трудно или невозможно обобщить на основе только стандартных условий. Возникает необходимость нахождения дополнительных критериев. В зависимости от изучаемых процессов необходимо использовать критерии подобия, обладающие наибольшей информативностью о механизме явления, и позволяющие получить на их основе расчетные зависимости.

Поскольку большинство пар трения работают в условиях смазки, то теоретической основой постановки экспериментальных исследований является контактно – гидродинамическая теория смазки, исходными уравнениями для которой являются:

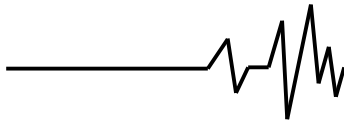
$$1. \frac{\partial \rho}{\partial x} = 6\eta(v_1 + v_2) \frac{h - h_{\min}}{h^2}; \quad (4)$$

$$2. h = h_0 + \frac{x^2 - x_0^2}{2R_{np}} - \frac{2}{\pi} \left(\frac{1 - \mu_1^2}{E_1} + \frac{1 - \mu_2^2}{E_2} \right) x$$

$$x \int_{-\infty}^{\infty} \rho(\xi) \ln \left| \frac{\xi - x}{\xi - x_0} \right| d\xi; \quad (5)$$

$$3. \rho c v \frac{\partial t}{\partial x} = \lambda \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} + \eta \left(\frac{\partial v}{\partial y} \right)^2, \quad (6)$$

где η – вязкость смазочного материала; ρ – давление; v_1 и v_2 – окружные скорости; h – зазор; h_{\min} – минимальный зазор; R_{np} – приведенный радиус кривизны; E_1 и E_2 – модули упругости материала тел; μ_1 и μ_2 – коэффициенты Пуассона материала тел; ρ, c, λ – соответственно плотность, удельная теплоемкость и теплопроводность; x, y –



координаты масляной плёнки; ξ -
дополнительная переменная.

Данные зависимости позволяют проводить экспериментальные исследования по изучению процесса изнашивания различных материалов в условиях смазки для катящихся со скольжением тел. Применение метода подобия при определении интенсивности изнашивания позволяет сократить время выявления закономерностей износа и повысить достоверность проводимых исследований.

Литература

1. Костицкий Б.Н. Фундаментальные основы поверхностной прочности материалов при трении. – К.: Знание, 1980. – 26с.
2. Галин Л.А. Контактные задачи теории упругости и вязко – упругости. – М.: Наука, 1980. – 302с.
3. Кутателадзе С.С. Анализ подобия в теплофизике. – Новосибирск.: Наука, 1982. – 280с.