

УДК 621.9-621.98

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИЗНОСА РАБОЧИХ ЭЛЕМЕНТОВ МАШИН

Дудников А.А., к.т.н.,

Беловод А.И., к.т.н.,

Лапенко Т.Г. к.т.н.

*Полтавская государственная аграрная академия*

Тел. (05322) 2-29-81

Кившик А.П., к.т.н.

*Полтавский Облагроснаб*

Тел. (0532) 50-91-91

**Аннотация** - приводятся теоретические зависимости, позволяющие определять износы контактирующих поверхностей деталей машин в процессе их эксплуатации.

**Ключевые слова** - износ, деформация, поверхность трения, удельное давления, рабочие органы, процесс упрочнения.

*Постановка проблемы.* Многие элементы машин изнашиваются при взаимодействии с твердой средой (телом). В этом случае необходимо производить оценку износа рабочей поверхности элемента машины, учитывая основные воздействия внешней среды, определяющие интенсивность этого процесса и распределение износа по поверхности трения.

Для этих деталей характерным является: формирование внешних воздействий на основании динамики работы рассматриваемого механизма с учетом соприкосновения средой поверхностей трения; влияние самого износа на изменение условий контакта. Примером таких элементов могут служить рабочие органы: почвообрабатывающих и посадочных машин, свеклоуборочной техники, шнеки для подачи сыпучих смесей и др. Указанные элементы, как правило, работают в тяжелых условиях и, как правило, определяют надежность работы агрегата или машины.

*Анализ последних исследований.* При расчете износа этих поверхностей может быть применен методический подход, когда исходная закономерность изнашивания материала детали распространяется на поверхность трения. Следует при этом учитывать специфику кинематических и силовых факторов, характерных для данного типа

машин, а также технологический процесс упрочнения рабочих поверхностей деталей.

*Формулирование целей статьи.* Изучение износа указанных поверхностей деталей требует проведения специальных исследований.

*Основная часть.* При определении износа следует учитывать как условия касания контактируемой со средой поверхности детали, так и деформацию поверхностных слоев материала деталей в процессе их эксплуатации.

Нельзя не отметить, что выявление характера распределения давления и деформаций в местах контакта является одной из основных задач.

Классические задачи для малых площадей контакта (теория Герца-Беляева) разработаны достаточно подробно. Однако случай, когда начальный контакт происходит по значительной поверхности и значительную роль играют контактные деформации, а не деформация материала деталей, не имеет пока законченного решения.

Условия касания поверхности позволяет получить дополнительное уравнение при расчете износа, если считать, что касание происходит по всей номинальной поверхности и основную роль играет деформация микронеровностей в зоне контакта.

При совместном учете контактных деформаций и износа условия касания могут быть выражены следующими уравнениями:

- при известном направлении сближения контактируемых тел

$$\Delta_{1-2} = \frac{(\dot{E}_1 + \dot{E}_2) + (\delta_1 + \delta_2)}{\dot{n} \cos \alpha}; \quad (1)$$

- при самоустановке поверхностей

$$(\dot{E}_1 + \dot{E}_2) + (\delta_1 + \delta_2) = \Delta_1 \left(1 - \frac{l}{l_0}\right) + \Delta_1 \frac{l}{l_0}, \quad (2)$$

где  $\Delta_{1-2}$ ,  $\Delta_1$  и  $\Delta_2$  - величины взаимного сближения деталей с учетом деформации и износа поверхностей;  $\dot{E}_1$  и  $\dot{E}_2$  - линейный износ деталей в данной точке, измеренный по нормали к поверхности трения;  $\alpha$  - угол между нормалью к поверхности трения и направлением возможного сближения деталей;  $l$  и  $l_0$  - соответственно нормальная и действительная длина контакта поверхности деталей.

При решении контактной задачи необходимо знать как исходные закономерности изнашивания материалов, так и законы деформации поверхностных слоев. Во многих случаях зависимость контактного перемещения  $\delta$  от давления  $p$  на поверхности выражается степенной функцией [1]:

$$\delta = \lambda \cdot p^n, \quad (3)$$

где  $\lambda$  и  $n$  – константы, зависящие от геометрии поверхности и свойств материалов.

Рассмотрим решение контактной задачи определения износа и деформации дисков поверхностей при линейных законах изнашивания. Применим условие касания для дисков поверхностей при одновременном действии контактных деформаций и износа.

Поскольку изношенные и деформированные поверхности должны совпадать, обеспечивая контакт, то для любой точки поверхности трения можно записать:

$$(\dot{E}_1 + \dot{E}_2) + (\delta_1 + \delta_2) \Delta = const. \quad (4)$$

С учетом законов деформаций и законов изнашивания получаем следующую зависимость:

$$(\lambda_1 + \lambda_2)p + (K_1 + K_2)2\pi n r t p = const, \quad (5)$$

где  $K_1$  и  $K_2$  – определяемые в производственных условиях коэффициенты, когда известны условия работы машины;  $p$  – давление на поверхности контакта;  $\rho$  – текущий радиус поверхности.

После дифференцирования уравнения (5), учитывая, что  $p$  является функцией  $\rho$ , получаем:

$$(\lambda_1 + \lambda_2) \frac{dp}{d\rho} + 2\pi n t (K_1 + K_2) \cdot \left( \rho \frac{dp}{d\rho} + p \right) = 0. \quad (6)$$

Обозначим величины, не зависящие от  $p$  и  $\rho$  через  $B$ :

$$B = \frac{\lambda_1 + \lambda_2}{2\pi n (K_1 + K_2) t}. \quad (7)$$

Интегрируя уравнения (6), получим зависимость давления от радиуса  $\rho$ :

$$p = \frac{C}{B + \rho}. \quad (8)$$

Постоянная  $C$  может быть определена из уравнения статики:

$$P = \int_S p \rho \cos \alpha dS, \quad (9)$$

где  $P$  – высшая сила;  $S$  – поверхность трения.

Подставляя в уравнение (9) значение  $p$  и произведя интегрирование, получаем:

$$C = \frac{P}{2\pi \left( R - r - B \ln \frac{B + R}{B + r} \right)}, \quad (10)$$

где  $R$  и  $r$  – соответственно наружный и внутренний радиус диска.

Решая совместно уравнение (9) и (10) получаем:

$$p = \frac{P}{2\pi \left( R - r - B \ln \frac{B + R}{B + r} \right)} \cdot \frac{1}{B + \rho}. \quad (11)$$

Данная зависимость позволяет находить удельное давление в зоне контакта поверхностей деталей.

*Выводы.* Из данного выражения вытекает, что при  $B = 0$  ( $t = \infty$ ) перераспределение статического давления в динамическое длится весьма долго. При  $B = \infty$  ( $t = 0$ ) второй сомножитель превращается в нуль, т.е.  $p$  не зависимо от  $\rho$  и в этом случае имеет место статистическое давление, обеспечивающее снижение величины износа контактируемых поверхностей.

#### Литература

1. Левина З.М. Контактная жесткость машин / З.М.Левина., Д.Н. Решетов - М.: Машиностроение, 1991. – 264 с.
2. Поверхностная прочность материалов при трении /под ред. Б.И. Костецкого. – К.: Техника, 1976. – 291с.
3. Сулима А.М. Поверхностный слой и эксплуатационные свойства деталей машин / А.М. Сулима, В.А. Шулов, Ю.Д. Ягодкин – М.: Машиностроение, 1988. – 240 с.

## ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ЗНОСУ РОБОЧИХ ЕЛЕМЕНТІВ МАШИН

А.А. Дудников, О.І. Біловод, Т.Г. Лапенко, О.П.Кившик

**Анотація** - приводяться теоретичні залежності, що дозволяють визначати знос контактуючих поверхонь деталей машин в процесі їх експлуатації.

## THEORETICAL ASPECTS OF TEARING DOWN OF WORKERS ELEMENTS OF MACHINES

A.Dudnikov, A.Belovod, T.Lapenko, O.Kivshik

### *Summary*

**Theoretical dependences over, which allow to determine tearing down of contacting surfaces of details of machines in the process of their exploitation, are Brought.**