

УДК 621.43

А. А. Дудников, А. И. Беловод, А. Г. Пасюта, А. А. Келемеш

Полтавская государственная аграрная академия

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ИЗНАШИВАНИЯ РЕЖУЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ
ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ МАШИН***Создана математическая модель динамики изнашивания режущих элементов почвообрабатывающих машин с целью разработки эффективной технологии их восстановления.**Ключевые слова:* изнашивание, режущий элемент, долговечность, технология восстановления.*Форм. 12. Лит. 2.*

А. А. Дудніков, А. І. Беловод, А. Г. Пасюта, А. А. Келемеш

**МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІКИ ЗНОШУВАННЯ РІЗУЧИХ ЕЛЕМЕНТІВ
ГРУНТООБРОБНИХ МАШИН***Створено математичну модель динаміки зношування ріжучих елементів ґрунтообробних машин з метою розробки ефективної технології їх відновлення.**Ключові слова:* зношування, ріжучий елемент, довговічність, технологія відновлення.

A. A. Dudnikov, A. I. Belovod, A. G. Pasyuta, A. A. Kelemesh

**MODELING THE DYNAMICS OF THE CUTTING ELEMENT WEARTILLAGE
MACHINES***A mathematical model of the dynamics of wear of the cutting elements of tillers in order to develop effective technologies for their recovery.**Keywords:* wear, cutting element, durability, technology recovery.

Техническое состояние рабочих органов почвообрабатывающих машин оказывает значительное влияние на урожайность сельскохозяйственных культур. Как правило, они подвержены интенсивному абразивному изнашиванию. К таким деталям относятся стрелчатые лапы культиваторов.

При восстановлении указанных деталей необходимо обеспечить их качество на уровне новых и выше. При этом нужно достигнуть улучшения геометрии посадочных и опорных мест, повышения твердости и износостойкости рабочих поверхностей, что может быть обеспечено разработкой и применением прогрессивных технологий, позволяющих значительно повысить качественные показатели восстанавливаемых деталей сельскохозяйственных машин [1].

Для разработки эффективной технологии восстановления режущих элементов почвообрабатывающих машин была разработана методика моделирования динамики их абразивного изнашивания.

Основными этапами построения математической модели являлись:

1. Накопление и обработка базы данных по действующим основным технологическим процессам восстановления.
2. Определение и оценка влияния основных факторов на происходящие процессы при эксплуатации деталей в условиях абразивной среды.
3. Моделирование развития процессов, протекающих в поверхностных рабочих слоях лап культиватора.

Трение и изнашивание поверхностей рабочих органов почвообрабатывающих машин является случайным процессом, обусловленным изменением геометрических размеров и формы режущих элементов, износ которых можно описать дифференциальным уравнением [2].

$$\frac{dU}{dt} = \varphi(U, t) + \psi(U, t)\xi(t), \quad (1)$$

где $U(t) = \frac{u(t)}{u_{np}}$ – функция относительного износа; $u(t)$ – текущий износ; u_{np} –

предельный износ; $\varphi(U, t)$ и $\psi(U, t)$ – функции характеризующие интенсивность изнашивания; $\xi(t)$ – случайная составляющая; t – продолжительность изнашивания.

Случайный процесс изнашивания оценивается вероятностью, которая в общем виде удовлетворяет интегральному уравнению Фоккера-Планка-Колмогорова:

$$\frac{\partial \omega}{\partial t} = -\frac{\partial a(U, t)\omega}{\partial U} + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 b(U, t)\omega}{\partial U^2}, \quad (2)$$

где $a(U, t)$, $b(U, t)$ – соответственно коэффициенты, описывающие среднюю скорость случайного процесса изнашивания и характеризующие скорость изменения условной дисперсии этого процесса.

Плотность распределения долговечности в данном случае определяется величиной износа однородного процесса Маркова:

$$f(t) = \int_0^\infty g(t)\gamma(t-t_0)dt, \quad (3)$$

где $g(t)$ – плотность распределения вероятности сечения исследуемого процесса допустимым значением износа; $\gamma(t-t_0)$ – плотность распределения начальной стадии процесса изнашивания:

$$g(t) = -\frac{\partial}{\partial t} \int_{-\infty}^i (U_0, t_0, U, t). \quad (4)$$

Совместное решение уравнений (2) и (4) позволяет определить закон распределения.

Поскольку долговечность режущего элемента определяется, прежде всего, величиной износа, то для определения закона распределения, допускаем, что изменение его среднего значения и дисперсии может быть описано зависимостью:

$$\frac{dU}{dt} = I_1 + I_2 \xi(t), \quad (5)$$

где I_1 , I_2 – постоянные величины, характеризующие интенсивность случайной составляющей процесса изнашивания.

Величина износа элемента рабочей поверхности режущего элемента может быть определена:

$$\Delta u(\Delta t) = u\left(\frac{S}{t_1}\right) - u\left(\frac{S}{t_2}\right), \quad (6)$$

где $u\left(\frac{S}{t_1}\right)$, $u\left(\frac{S}{t_2}\right)$ – соответственно случайные функции, характеризующие износ

элемента поверхности в момент времени t_1 и t_2 ; $\Delta t = t_1 - t_2$ – продолжительность изнашивания; S – путь трения.

Математическое ожидание и дисперсия при этом будут равны:

$$M_u = M\left[u\left(\frac{S}{t_1}\right)\right] - M\left[u\left(\frac{S}{t_2}\right)\right]; \quad (7)$$

$$\sigma_u^2 = \sigma^2\left[u\left(\frac{S}{t_1}\right)\right] + \sigma^2\left[u\left(\frac{S}{t_2}\right)\right]. \quad (8)$$

Учитывая уравнения (7) и (8), можно получить выражения коэффициентов уравнения (2):

$$a(U, t) = \frac{M\left[u\left(\frac{S}{t_1}\right)\right] - M\left[u\left(\frac{S}{t_2}\right)\right]}{(t_2 - t_1)\Delta u_0^2}; \quad (9)$$

$$b(U, t) = \frac{\sigma^2 \left[u \left(\frac{S}{t_1} \right) \right] + \sigma^2 \left[u \left(\frac{S}{t_2} \right) \right]}{(t_2 - t_1) \Delta u_0^2}, \quad (10)$$

где Δu_0 – условный предельный износ, который выбирается с таким расчётом, чтобы между функциями $u \left(\frac{S}{t_1} \right), u \left(\frac{S}{t_2} \right)$ не было бы корреляционной связи.

После подстановки выражения (9) и (10) в уравнение (2), а также с учетом уравнений (3) – (5) находим значение вероятности величины износа:

$$f_u(t) = \frac{1}{I_2 t \sqrt{2\pi t}} \exp \left[-\frac{1 - I_1 t^2}{2 I_2^2 t^2} \right], \quad (11)$$

$$\text{где} \quad I_1 = \frac{M_u}{\Delta t \Delta u_0}; \quad I_2 = \frac{1}{\Delta u_0} \cdot \frac{\sigma_u}{\sqrt{\Delta t}} \quad (12)$$

Таким образом полученные математические уравнения свидетельствуют, что изменение долговечности режущего элемента рабочего органа подчиняется закону нормального распределения, исходя из модели износа по Маркову.

1. Дудніков А. А. Проектування технологічних процесів сервісних підприємств / А. А. Дудніков, П. В. Писаренко, О. І. Біловод та ін. – Вінниця: Наукова Думка, 2011. – 400 с.
2. Костецкий Б. И. Марковская модель износа и прогнозирования долговечности изнашиваемых деталей / Б. И. Костецкий, В. П. Стрельников, В. Г. Таций // Проблемы трения и изнашивания. Вып.10. – К.: Техника, 1976. – С. 10–15.

Стаття прийнята до друку 20.03.2015.