

**Литература**

1. Ишуткин В. Н. Технологическая надежность системы СПИД [Текст] / В. Н. Ишуткин. — М. : Машиностроение, 1973. — 128 с.
2. Черновол М. И. Упрочнение и восстановление деталей машин композиционными покрытиями [Текст] / М. И. Черновол. — К. : Вища школа, 1992. — 79 с.
3. Пинчук Л. С. Обработка металлов давлением [Текст] / Л. С. Пинчук, В. А. Струк, Н. К. Мышкин, А. И. Свириденко. — Мн. : Вышэйшая школа, 1986. — 461 с.
4. Серенсен С. В. Несущая способность и расчеты деталей машин на прочность [Текст] / С. В. Серенсен, В. П. Когаев, Р. М. Шнейдерович. — М. : Машиностроение, 1975. — 304 с.
5. Елизаветин М. А. Повышение надежности машин [Текст] / М. А. Елизаветин. — М. : Машиностроение, 1986. — 267 с.
6. Костецкий Б. И. Износостойкость металлов [Текст] / Б. И. Костецкий. — М. : Машиностроение, 1980. — 52 с.
7. Сологуб В. А. Износостойкость деталей из легированных сталей, упрочненных обкаткой роликами [Текст] / В. А. Сологуб, М. Я. Белкин. — М. : Машиностроение, 1984. — 192 с.

**ЗМІЦНЕННЯ ПОВЕРХНЕВОГО ШАРУ ДЕТАЛЕЙ МАШИН**

**А. А. Дудніков, О. І. Біловод, О. В. Канівець,  
В. В. Дудник**

Розглядаються методи зміцнення поверхневого шару деталей при різних видах обробки і отримані залежності величини зміцнення і деформації від параметрів обробки.

**Ключові слова:** зміцнення, залишкова напруга, вібрації, деформація.

*Анатолій Андрійович Дудніков, кандидат технічних наук, професор, завідувач кафедрою ремонту машин і технології конструкційних матеріалів, Полтавська державна аграрна академія.*

*Олександра Іванівна Біловод, кандидат технічних наук, доцент кафедри загально-технічних дисциплін, Полтавська державна аграрна академія.*

*Олександр Васильович Канівець, асистент, аспірант кафедри загально-технічних дисциплін, Полтавська державна аграрна академія.*

*Володимир Володимирович Дудник, асистент, аспірант кафедри загально-технічних дисциплін, Полтавська державна аграрна академія*

**HARDENED SURFACE LAYER MACHINE PARTS**

**A. Dudnikov, A. Belovod, A. Kanivets, V. Dudnik**

Discusses methods of hardening the surface layer of parts for various types of processing are obtained and the dependence of the hardening and strain on the processing parameters.

**Key words:** hardening, residual stress, vibration, strain.

*Anatoly Dudnikov, the head is Ph. D., Professor, Poltava state agrarian academy.*

*Alexandra Belovod, the head is Ph. D., Professor Assistant, Poltava state agrarian academy.*

*Alexander Kanivets, Assistant, Poltava state agrarian academy.*

*Vladimir Dudnik, Assistant, Poltava state agrarian academy*

**Адрес для переписки:**

36003, г. Полтава

ул. Сквороды, 1/3,

тел. (факс): (05322) 2-29-81

E-mail: mech@pdaa.com.ua

УДК 621.9-621.98

**И. А. Дудников**

## ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ДЕТАЛЕЙ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ НАДЕЖНОСТЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН

*Рассмотрены вопросы повышения надежности сельскохозяйственных машин за счет обеспечения эксплуатационных свойств деталей и соединений при их изготовлении или восстановлении.*

**Ключевые слова:** надежность, точность изготовления, технологический процесс, интенсивность изнашивания.

**1. Введение**

Надежность машин, как один из основных показателей качества, определяется, прежде всего,

эксплуатационными свойствами их деталей и сборочных единиц включающими: усталостную прочность, коррозионную стойкость, износостойкость, точность посадок и др. Действие на машину циклических нагрузок может привести к усталостным

разрушениям отдельных ее деталей. Ресурс машины, работающей в агрессивных коррозионных средах, в значительной степени определяется коррозионной стойкостью основных ее деталей. В результате действия значительных нагрузок на контактирующие поверхности деталей может произойти потеря их надежности из-за контактных разрушений.

Надежность машин, определяемая точностью изготовления ее деталей, в значительной степени зависит от контактной жесткости их соединений. Установлено, что 70 % выхода из строя машин определяется износом их деталей. Поэтому износостойкость играет особую роль в обеспечении надежности сборочных единиц, агрегатов, машин.

## 2. Постановка проблемы

Эксплуатационные свойства деталей сельскохозяйственных машин, как правило, определяются качеством их рабочих поверхностей, формируемым при изготовлении или восстановлении. Поэтому задача технологического обеспечения качества поверхностного слоя деталей является одной из важнейших при решении проблемы повышения надежности.

## 3. Анализ основных исследований и публикаций по данной проблеме

Повышение надежности машин может быть обеспечено за счет применения эффективных технологических процессов изготовления и восстановления деталей, повышающих их износостойкость, усталостную прочность, коррозионную стойкость. Для этих целей применяются технологические процессы, упрочняющие поверхностный слой, припадающие ему особые свойства [1, 2]. Сюда относятся как процессы химико-термической обработки, так и упрочняющая обработка, основанная на пластическом деформировании поверхностей.

При применении методов поверхностной пластической деформации в результате наклепа в поверхностных слоях видоизменяются форма и размеры кристаллических зерен, повышается твердость, и образуются сжимающие напряжения, способствующие повышению износостойкости и сопротивляемости усталостным разрушениям [3].

Надежность и долговечность изделий в значительной мере зависит от эксплуатационных свойств деталей и их соединений, которые могут быть определены с использованием методов математической статистики и теории вероятностей [4, 5].

## 4. Результаты исследований

Эксплуатационные свойства сопрягаемых деталей (контактная жесткость, прочность посадок,

износостойкость) определяют надежность работы машин.

Контактная жесткость  $j$  определяет способность контактируемых поверхностных слоев деталей сопротивляться действию сил, стремящихся их деформировать:

$$j = \frac{p}{Y_k}, \quad (1)$$

где  $p$  — давление на площадь контакта, определяемое размерами детали;  $Y_k$  — контактные перемещения.

Контактные перемещения хорошо описываются эмпирической зависимостью:

$$Y_k = Cp^m, \quad (2)$$

где  $m$  и  $C$  — коэффициенты, характеризующие значения и форму микроотклонений и метод обработки поверхностей (табл. 1).

Таблица 1

Значения коэффициента  $C$  при  $m = 0,5$

| Материал сопрягаемых деталей | Вид обработки | Параметры качества поверхности | $C$  |
|------------------------------|---------------|--------------------------------|------|
| 1. Сталь 65Г — сталь 45      | Шлифование    | $R_a = 0,32...0,63$ мкм        | 0,35 |
|                              |               | $R_a = 0,08...0,16$ мкм        | 0,15 |
| 2. Сталь 45 — сталь 40X      | Шлифование    | $R_a = 0,63...1,25$ мкм        | 0,8  |
|                              |               | $R_a = 0,32...0,63$ мкм        | 0,28 |
| 3. Сталь 45 — сталь 45       | Точение       | $R_a = 1,25...2,5$ мкм         | 0,3  |
|                              |               | $R_a = 0,63...1,25$ мкм        | 0,2  |

Под прочностью посадок с натягом понимают их способность передавать крутящий момент  $M$  и осевые нагрузки  $P_{oc}$  без взаимного проскальзывания деталей. С учетом состояния сопрягаемых поверхностей формулы для расчета прочности посадок имеют следующий вид:

$$M = \frac{\pi d^2 l f_{кр} [\Delta - 0,5(H_{max1} + H_{max2} + W_{Z1} + W_{Z2} + R_{Z1} + R_{Z2})]}{\left[ \frac{\left( \frac{D^2 + d^2}{D^2 - d^2} \right) + \mu_1}{E_1} + \frac{1 - \mu_2^2}{2} \right] \cdot 10^3}; \quad (3)$$

$$P = \frac{\pi d^2 l f_{oc} [\Delta - 0,5(H_{max1} + H_{max2} + W_{Z1} + W_{Z2} + R_{Z1} + R_{Z2})]}{\left[ \frac{\left( \frac{D^2 + d^2}{D^2 - d^2} \right) + \mu_1}{E_1} + \frac{1 - \mu_2^2}{2} \right] \cdot 10^3}, \quad (4)$$

где  $d$  и  $l$  — диаметр и длина сопряжения;  $D$  — наружный диаметр сопрягаемой втулки;  $f_{кр}$  и  $f_{oc}$  — соответственно коэффициенты трения при кручении

и осевом перемещении;  $\mu$  — динамический коэффициент вязкости уплотняемого материала;  $H_{\max}$ ,  $W_z$  и  $R_z$  — высотные параметры макроотклонения, волнистости и шероховатости.

При работе пар трения происходит изнашивание поверхностных слоев, которое приводит к изменению размеров контактирующих деталей, т. е. их износу. Изнашивание поверхности трения характеризуется его интенсивностью  $I$ , которая может быть определена по следующим зависимостям:

в период приработки

$$I = \frac{1,2Ra^{2/3}}{n\lambda S_m t_m^{3/2}} \cdot \left(\frac{P}{H\mu}\right)^{7/6} \times \sqrt{1,5\pi(2\pi W_z H_{\max})^{1/3} \left[1 - \frac{2\pi H\mu(1-\mu^2)}{E}\right]}; \quad (5)$$

в период нормального изнашивания

$$I = \frac{1,2\pi P^{7/6}}{n\lambda t_m^{3/2} H\mu^{2/3}} \times \sqrt{\frac{30(1-\mu^2)(2\pi Ra W_z H_{\max})^{1/3}}{ES_m}}, \quad (6)$$

где  $n$  — число циклов воздействия, которое приводит к разрушению материала;  $\lambda$  — коэффициент, учитывающий влияние поверхностных остаточных напряжений на износ;  $t_m$  — относительная длина опорной линии профиля шероховатости на уровне средней.

Значения безразмерной интенсивности изнашивания некоторых деталей машин приведены в табл. 2.

Значения интенсивности изнашивания

| Изнашиваемые детали                            | Интенсивность изнашивания                     |
|--|---|
| 1. Гильзы цилиндров автомобилей                | $1,8 \cdot 10^{-12} \dots 2,5 \cdot 10^{-12}$ |
| 2. Шатунные шейки коленчатых валов автомобилей | $4 \cdot 10^{-11} \dots 5 \cdot 10^{-12}$     |
| 3. Коренные шейки коленчатых валов автомобилей | $1,6 \cdot 10^{-11} \dots 1,8 \cdot 10^{-12}$ |

Параметры, определяющие рассматриваемые эксплуатационные свойства, представлены в табл. 3.

Обеспечение надежности машин зависит от выбора (определения) параметров поверхностного слоя деталей как при их изготовлении, так и восстановлении. Структурная схема по определению

параметров качества поверхностного слоя деталей машин представлена на рис. 1.

Таблица 3

Параметры, определяющие эксплуатационные свойства деталей машин

| Эксплуатационные свойства | Свойства материалов |            |     |      | Основные параметры поверхностного слоя |       |            |            |       |
|---------------------------|---------------------|------------|-----|------|--|-------|------------|------------|-------|
|                           | $\sigma_B$          | $\sigma_T$ | $E$ | $HB$ | $H_{\max}$                             | $W_z$ | $R_a, R_z$ | $R_{\max}$ | $S_m$ |
| 1. Контактная жесткость   | 0                   | +          | +   | +    | -                                      | -     | -          | -          | +     |
| 2. Прочность посадки      | 0                   | -          | +*  | -    | -                                      | -     | -          | -*         | -     |
| 3. Износостойкость        | +                   | +          | +   | +    | -                                      | -     | -          | -          | +*    |

Примечание. Обозначения «+» и «-» означают соответственно, что увеличение или уменьшение этих параметров вызывает улучшение или ухудшение данного эксплуатационного свойства: \* — параметр оказывает основное влияние на данное эксплуатационное свойство; «0» — параметр не оказывает влияния на данное эксплуатационное свойство.



Рис. 1. Структурная схема выбора параметров состояния рабочих поверхностей деталей машин

Таблица 2

## 5. Выводы

На основе совместного анализа условий функционирования (блок 1) и технических условий на изделия (блок 2) определяют эксплуатационные свойства деталей машин и сборочных единиц, лимитирующих их надежность в целом (блок 3). Затем осуществляют поиск соответствующих зависимостей или табличных данных, характеризующих количественную связь между эксплуатационными свойствами и параметрами состояния рабочих поверхностей (блок 4).

В блоке 5 производится выбор параметров состояния рабочих поверхностей деталей, обеспечивающих требуемые значения эксплуатационных свойств в допустимых пределах.

Поскольку решение задач по определению параметров состояния многовариантно, то в блоке 6 осуществляют поиск оптимального варианта, как

правило, по себестоимости изготовления или восстановления детали.

### Литература

1. Рыжов Э. В. Технологическое обеспечение эксплуатационных свойств деталей [Текст] / Э. В. Рыжов, А. Г. Суслов, В. П. Федоров. — М. : Машиностроение, 1976. — 175 с.
2. Рыжов Э. В. Математические методы в технологических исследованиях [Текст] / Э. В. Рыжов, О. А. Горленко. — К. : Наукова думка, 1990. — 184 с.
3. Рыжов Э. В. Технологические методы повышения износостойкости деталей машин [Текст] / Э. В. Рыжов. — К. : Наукова думка, 1984. — 272 с.

### ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ, ЩО ВИЗНАЧАЮТЬ НАДІЙНІСТЬ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН

#### І. А. Дудніков

Розглянуто питання підвищення надійності сільськогосподарських машин за рахунок забезпечення експлуатаційних властивостей деталей і з'єднань при їх виготовленні або відновленні.

**Ключові слова:** надійність, точність виготовлення, технологічний процес, інтенсивність зношування.

*Ігор Анатолійович Дудніков, кандидат технічних наук, доцент, декан інженерно-технологічного факультету, Полтавська державна аграрна академія*

### ENSURE THE SAFETY PROPERTIES OF PARTS THAT DEFINE SECURITY OF AGRICULTURAL MACHINERY

#### I. Dudnikov

The problems of improving the reliability of agricultural machinery by providing the service properties of parts and assemblies in their manufacture or recovery.

**Key words:** reliability, precision manufacturing, process technology, the wear rate.

*Igor Dudnikov, the head is Ph. D., Professor Assistant, Poltava state agrarian academy*

#### Адрес для переписки:

36003, г. Полтава  
ул. Сковороды, 1/3  
учебный корпус № 3  
Тел. (факс): (05322) 2-29-81  
E-mail: mech@pdaa.com.ua