

УДК 621.921:631.316

# РАСЧЕТ СКОРОСТИ ИЗНОСА НАПЛАВЛЯЕМЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ ОРУДИЙ

**В.Я. КОРШУНОВ,**

доктор технических наук,  
профессор  
ФГБОУ ВО «Брянский  
государственный аграрный  
университет»  
E-mail: dok.kor@mail.ru

*Разработана методика расчета скорости износа наплавляемых материалов, которые используются при восстановлении изношенных почвообрабатывающих орудий (ПО). Методика базируется на основании использования определяемой теоретически величине относительной абразивной износостойкости материалов и их механико-термодинамических свойств.*

**Ключевые слова:** энергия; относительная износостойкость; абразивное трение; износ.

**А**бразивный износ – одна из главных причин, значительно сокращающих долговечность ПО: лемехов, фрез, лап культиваторов и др. Быстрый износ ПО определяет их большой расход при обработке почвы, что, в свою очередь, повышает себестоимость выращенной сельхозпродукции [1–3]. Для прогнозирования расхода ПО, например, лемеха, при обработке некоторой площади почвы необходимо, в первую очередь, определить скорость износа, а затем его долговечность и расход. В настоящее время интенсивность (скорость) изнашивания

для термически обработанных сталей, используемых при восстановлении ПО, [4]

$$\partial h / \partial t = (c \rho v) / ((1 - \beta) H_0 + \beta H), \quad (1)$$

где  $c$  – коэффициент, зависящий от свойств материала и истирающей способности абразивной поверхности;  $\rho$  – удельное давление, кгс/см<sup>2</sup>;  $v$  – скорость скольжения, м/с;  $\beta$  – безразмерный коэффициент, зависящий от состава стали и изменяющийся от 0 до 1;  $H_0$ ,  $H$  – твердость отожженной и используемой в ПО стали.

Для расчета удельного давления предложена зависимость  $p = m a^n$ , где  $m$  – коэффициент, учитывающий плотность грунта и углы установки рабочих органов;  $a$  – глубина обработки почвы;  $n$  – показатель степени [4].

Анализ формулы (1) показал, что она носит эмпирический характер и получена методом математической обработки экспериментальных данных, для получения которых необходимо проведение длительных производственных испытаний ПО и значительных материальных и финансовых затрат.

Исходя из вышеизложенного, необходима разработка надежной методики расчета скорости

износа наплавляемых материалов, применяемых при восстановлении ПО [4].

Относительная абразивная износостойкость материала [6]

$$\varepsilon = I_{нэ} / I_{нп}, \quad (2)$$

где  $I_{нэ}$  и  $I_{нп}$  – скорости износа эталонного материала, применяемого в ПО, и прогнозируемого к наплавке.

Из (2) получим

$$I_{нп} = I_{нэ} / \varepsilon_{от}, \quad (3)$$

С учетом [5] формула (3) примет вид:

$$I_{нп} = (I_{нэ} (S_{кп} - \sigma_{тп}) \Delta U_{оэ}) / ((\Delta U_{он} (S_{кэ} - \sigma_{тэ}))) \quad (4)$$

где  $S_{кэ}$ ,  $S_{кп}$  – истинный предел прочности эталонного и прогнозируемого материалов;  $\sigma_{тэ}$ ,  $\sigma_{тп}$  – предел текучести эталонного и прогнозируемого материалов;  $\Delta U_{оэ}$ ,  $\Delta U_{он}$  – накопленная скрытая энергия при абразивном трении эталонного и прогнозируемого материалов;

С помощью (4) можно теоретически прогнозировать скорость износа любого материала, который планируется использовать для наплавки при восстановлении ПО. Механические свойства материалов выбирают по справочной литературе, термодинамические параметры рассчитывают по методике, изложенной в [7–10].

Используя предложенную методику, выполнили расчет скорости износа различных марок сталей и твердого сплава ВК10 при абразивном трении. За базовое значение (эталон) выбрали сталь 45 твердостью HV5200 МПа. Параметры материалов и результаты исследований [4] представлены в **таблице**.

**Результаты теоретических и экспериментальных исследований процесса абразивного трения различных материалов и сплавов**

Материал	HV, МПа	S <sub>кэп</sub> , МПа	σ <sub>тэп</sub> , МПа	ΔU <sub>оэп</sub> , Дж/мм	ε <sub>от</sub>	I <sub>нэ</sub> , мг/с	I <sub>нп</sub>	μ
Сталь 45	5200	1750	1100	3,8	1,0	0,42	0,42	0
Сталь Л65	5200	2200	1200	3,8	1,18	0,33	0,36	8,3
Сталь 65Г	5000	1700	1300	4,3	1,3	0,29	0,32	9,4
Сормайт-1	5400	470	380	1,2	1,58	0,24	0,26	7,7
Сормайт-2	4700	420	320	1,1	2,0	0,20	0,21	4,9
Твердый сплав ВК10	11140	4530	4300	0,6	6,0	0,06	0,07	14,2

Условия исследований: почва песчаная, влажность W = 2,2–3,0 %, давление P = 0,04 МПа.

Для сравнения достоверности полученных теоретических (прогнозируемых) результатов рассчитали коэффициент вариации

$$\mu = (l_{\text{max}} - l_{\text{min}}) / l_{\text{ср}} \quad (5)$$

Анализ теоретических и экспериментальных данных показал, что наибольшая скорость абразивного износа при обработке песчаной почвы у закаленной стали 45. У лемешной стали Л65 и стали 65Г скорость износа соответственно 1,18 и 1,3, а у сплава Сормайт-2 – в два раза меньше, чем у стали 45. Наименьшая скорость износа зафиксирована у твердого сплава ВК10. Она в 6 раз меньше скорости абразивного износа стали 45. Таким образом, если при восстановлении лемеха из лемешной стали Л65 наплавить слой сплавом Сармайт-2, то расход лемехов уменьшится в 1,7 раза. Если наплавить изношенную поверхность твердым сплавом ВК10, то расход лемехов сократится примерно в 5,1 раза, что значительно снизит себестоимость полученной сельхозпродукции.

Самое меньшее значение коэффициента вариации, рассчитанного с использованием теоретических (прогнозируемых) и экспериментальных данных, получено для сплава Сормайт-2 ( $\mu=4,9\%$ ), а наибольшее для твердого сплава ВК10 ( $\mu=14,2\%$ ). Такое повышение значения  $\mu$  можно объяснить тем, что при увеличении твердости материала усложняется процесс получения достоверных механических свойств при его испытании, что соответственно определяет снижение точности полученных результатов.

Предложенная методика, использующая механические свойства и термодинамические параметры материалов, а также теоретическую зависимость для определения их относительной абразивной износостойкости, позволяет прогнозировать (рассчитывать) скорость износа (долговечность) почвообрабатывающих орудий без проведения длительных экспериментальных исследований, что дает возможность значительно снизить материальные и финансовые затраты при выборе материала восстановления при их ремонте.

#### Литература

1. Михальченко, А.М. Восстановление отвалов абразивостойким дисперсионно-упрочненным композитом на основе эпоксидной смолы / А.М. Михальченко, Р.Ю. Соловьев, Я.Ю. Бирилина // Тракторы и сельхозмашины. – 2015. – № 3. – С. 49–51.
2. Кисель, Ю.Е. Повышение износостойкости деталей машин композиционными электрохимическими покрытиями / Ю.Е. Кисель, Г.В. Гурьянов, П.Е. Кисель // Тракторы и сельхозмашины. – 2009. – № 10. – С. 39–42.
3. Лобачевский, Я.П. Энергетическая и технологическая оценка почвообрабатывающего рабочего органа / Я.П. Лобачевский, С.И. Старовойтов, Н.Н. Чемисов // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2015. – № 5. – С. 10–13.
4. Севернев М.М. Износ деталей сельскохозяйственных машин. / М.М. Севернев, Г.П. Каплунов, В.А. Короткевич. – Л.: Колос, 1972. – 288 с.
5. Коршунов, В.Я. Прогнозирование относительной абразивной износостойкости деталей / В.Я. Коршунов // Сельский механизатор. – 2016. – № 10. – С. 32–34.
6. Хрущов, М.М. Абразивное изнашивание / М.М. Хрущов, М.А. Бабичев. – М.: Наука, 1970. – 480 с.
7. Коршунов, В.Я. Обеспечение качества поверхностного слоя деталей на основе прогнозирования рациональных структурно-энергетических параметров материала и технологических условий механической обработки: дис. ... д-ра техн. наук / В.Я. Коршунов. – Саратов: СГТУ, 2006. – 485 с.
8. Коршунов, В.Я. Оценка энергетической эффективности способов восстановления шеек коленчатых валов при ремонте двигателей / В.Я. Коршунов, Д.А. Новиков // Вестник Брянского ГТУ. – 2015. – № 1. – С. 25–27.
9. Коршунов, В.Я. Прогнозирование износостойкости и усталостной прочности деталей сельхозмашин на основе кинетического подхода к процессу разрушения металлов / В.Я. Коршунов, Д.А. Новиков // Вестник Брянской ГСХА. – 2013. – № 2. – С. 33–36.
10. Коршунов, В.Я. Повышение износостойкости деталей сельскохозяйственных машин при абразивном трении / В.Я. Коршунов, В.С. Комаров // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ имени В.П. Горячкина. – 2010. – № 2. – С. 137–139.

*A method for calculating the rate of wear of surfaced materials, which are used in the restoration of worn-out tillage tools, has been Developed. The method is based on the use of the theoretically determined value of the relative abrasive wear resistance of materials and their mechanical and thermodynamic properties.*

**Keywords:** energy; relative wear resistance; abrasive friction; wear.

#### Окончание. Начало на стр. 30–31

С.И. Старовойтов, Н.Н. Чемисов // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2015. – № 5. – С. 10–13.

3. Зайченко, Ю.А. Восстановление изношенного лемеха / Ю.А. Зайченко [и др.] // Сельский механизатор. – 2015. – № 2. – С. 37.

4. Филин, Ю.И. Эпоксидный композит для повышения ресурса термоупрочненных лемехов / Ю.И. Филин // Сельский механизатор. – 2017. – № 5. – С. 36.

5. Новиков, В.С. Упрочнение рабочих лемехов почвообрабатывающих машин: монография / В.С. Новиков. – М.: ФГБОУ ВПО МГАУ имени Горячкина, 2013. – 112 с.

6. Блохин, В.Н. Теоретическое исследование процесса износа армированных отвально-лемешных поверхностей / В.Н. Блохин, С.Н. Прудников, Л.А. // Вестник Брянской ГСХА. – 2015. – № 2. – С. 23–25.

7. Михальченко, А.М. Износ цельнометаллических и составных лемехов / А.М. Михальченко, И.В. Козарез, М.А. Михальченкова // Тракторы и сельхозмашины. – 2014. – № 7. – С. 39–43.

8. Михальченко, А.М. Восстановление отвалов абразивостойким дисперсионно-упрочненным композитом на основе эпоксидной смолы / А.М. Михальченко, Р.Ю. Соловьев, Я.Ю. Бирилина // Тракторы и сельхозмашины. – 2015. – № 3. – С. 49–51.

9. Козарез, И.В. Техника определения износа восстановленных и упрочненных наплавочным армированием отвалов в области наиболее вероятного изнашивания / И.В. Козарез, С.Н. Прудников, Г.В. Орехова // Вестник Брянской ГСХА. – 2016. – № 3 (55). – С. 55–60.

10. Кленин, Н.И., Сакун, В.А. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины / Н.И. Кленин, В.А. Сакун. – М.: Колос, 1994. – 751 с.

11. Блохин, В.Н. Исследование износа рабочей поверхности лемеха от удельного давления и скорости движения абразивной частицы почвы / В.Н. Блохин, Ф.Н. Котиков, А.М. Случевский // Вестник Брянской ГСХА. – 2016. – № 2 (54). – С. 93–97.

12. Пат. 169788 РФ МПК А01В 15/04. Лемех плужного корпуса повышенной твердости, прочности и износостойкости / В.Н. Блохин, М.Н. Ерохин, А.М. Случевский, Г.В. Орехова. – Оpubл. 03.04.2017. Бюл. № 10.

*Grounded theory of the use of the convex form by lot for hardening and recovery of plough shares.*

**Keywords:** working surface; a ploughshare; a chisel ploughshare; wear resistance; strength; recovery.