

# ТРАНСПОРТ И ЭНЕРГЕТИКА

Венцель Е. С., д-р техн. наук, проф.,  
Глушкова Д. Б., канд. техн. наук, доц.,  
Шукин А. В., аспирант

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

## ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗНОСА РЕЖУЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ ЗЕМЛЕРОЙНО-ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН С ИОННО-ПЛАЗМЕННЫМ ПОКРЫТИЕМ

7051956@bigmir.net

*Дана оценка ресурса ножей рабочего органа землеройно-транспортных машин. Предложено для повышения износостойкости на режущие элементы наносить ионно-плазменное покрытие. Разработана лабораторная установка для оценки влияния различных факторов на процесс изнашивания режущих элементов. По результатам проведенных испытаний получены графики линейной зависимости износа ножа с ионно-плазменным покрытием. Даны прогнозные характеристики износа режущих элементов землеройно-транспортных машин в условиях реальной эксплуатации.*

**Ключевые слова:** землеройно-транспортные машины, режущий элемент, рабочий орган, износ, ионно-плазменное покрытие, срок службы, эксплуатация.

**Введение.** Большое количество отказов (до 80%) землеройно-транспортных машин (ЗТМ) обусловлено интенсивным износом их режущих элементов [1]. Это приводит к снижению функциональных качеств и производительности машин и как следствие, к повышению энергозатрат и себестоимости разработки грунта и зачастую к снижению безопасности выполнения технологического процесса [2].

Известно, что рабочие органы (РО) ЗТМ в значительной мере подвержены интенсивному абразивному изнашиванию [1 и др.]. Это обусловлено тем, что ЗТМ разрабатывают плотную слежавшуюся массу грунта, состав которой может быть представлен как полидисперсная система глобулярного типа, состоящая из наполнителя и абразивных частиц. Известно, что абразивные частицы обладают большей, чем металл, твердостью, что в свою очередь вызывает повышенный износ поверхности режущих элементов рабочих органов ЗТМ в период из контакта с такими частицами.

**Цель и постановка задачи.** Целью настоящей работы является определение влияния ионно-плазменного покрытия TiN-Cr<sub>2</sub>N на износ режущих элементов РО ЗТМ.

**Изложение материалов исследования.** Изнашивание режущих элементов ЗТМ сложный процесс, обусловленный большим количеством разнообразных факторов.

На сегодняшний день ни одна из известных машин трения не позволяет испытывать реальные ножи ЗТМ, в частности, автогрейдера. При этом нет возможности учесть в процессе изнашивания геометрические параметры ножей, проанализировать особенности такого процесса

конкретно для РО автогрейдера. Поэтому для того, чтобы оценить влияние этих многочисленных факторов на процесс изнашивания, нами была спроектирована и изготовлена лабораторная установка (рис.1). Принцип работы лабораторной установки заключается в следующем. В загрузочный бункер помещается абразивная среда. Там же устанавливается фрагмент ножа, который вращается непосредственно в грунте с постоянной угловой скоростью, что имитирует работы РО ЗТМ с грунтом.

С помощью этой установки нами были проведены три серии экспериментальных износных испытаний, суть которых заключалась в определении износа фрагментов ножа, применяемого в автогрейдере и изготовленного из стали 65Г с ионно-плазменным покрытием TiN-Cr<sub>2</sub>N и без него. Износ ножей определялся путем установления потери ими массы за период испытаний (погрешность взвешивания составляла  $0,5 \cdot 10^{-3}$  г).

Каждая серия испытаний проходила в два этапа. На первом этапе изнашивались обычные ножи, подверженные закалке ТВЧ, а на втором – те же ножи, но на их поверхность наносилось ионно-плазменное покрытие TiN-Cr<sub>2</sub>N. В первой и второй сериях испытаний в загрузочный бункер установки помещалась абразивная среда – кварцевый песок с размером абразивных частиц 3 и 5 мм, соответственно, в третьей серии использовался щебень с размером частиц 10мм. При этом щебень в период испытаний заменяли на новый каждые 10 часов, так как он имеет значительно меньшую твердость, чем зерна кварцевого песка, а значит, склонен к самоистиранию.



Рис. 1. Общий вид лабораторной установки

Влажность абразивной среды составляла не более 5%.

Частота вращения ножей –  $60 \text{ мин}^{-1}$ , время испытаний - 50 часов. Такой режим испытаний был установлен в процессе проведения поисковых исследований [1].

По истечении каждых 10 часов работы установки фрагмент ножа демонтировали и после тщательной промывки в бензине с последующей просушкой подвергали взвешиванию. Разница в массе до и после испытаний представляла собой их износ.

Результаты износных испытаний приведены на рис. 2-4.

Как видно из рис. 2-4, износ режущих элементов во всех трех абразивных средах носит линейный характер на протяжении всего периода испытаний. Это объясняется, по-видимому,

тем, что как и в реальных ЗТМ, в зоне контакта ножа с абразивной средой происходит постоянное обновление абразивных частиц новыми, у которых отсутствует возможность постоянно взаимодействовать друг с другом и как следствие, снижать свое воздействие в процессе изнашивания. При этом нанесение ионно-плазменного покрытия  $\text{TiN-Cr}_2\text{N}$  весьма существенно снижает износ фрагментов ножей:

в среде кварцевого песка с размером абразивных частиц 3 и 5 мм в 1,8 и 1,7 раза, соответственно;

в среде щебня с размером абразивных частиц 10 мм в 1,6 раза.

Одновременно можно отметить, что износ фрагментов ножей автогрейдера в значительной степени зависит от размера абразивных частиц и их твердости.

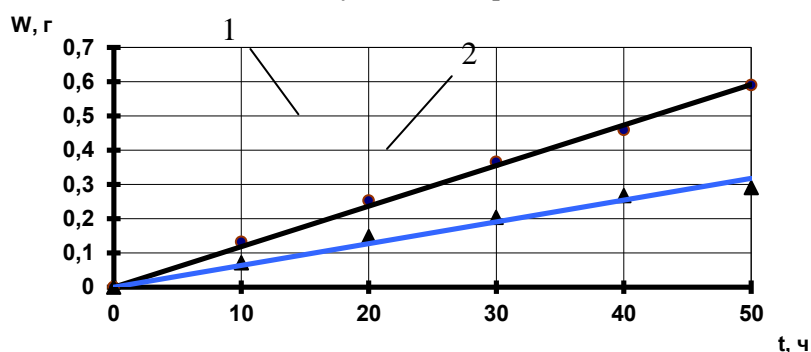


Рис. 2. График зависимости износа  $W$  обычного ножа (1) и с ионно-плазменным покрытием  $\text{TiN-Cr}_2\text{N}$  (2) от времени  $t$  работы в среде кварцевого песка с размером частиц 3 мм

К тому же, в процессе испытаний было замечено, что кварцевые зерна изменяются в размере незначительно, что объясняется относительно большой твердостью частиц кварца. При этом происходит перемешивание и опускание более мелких зерен кварца на дно загрузочного бункера лабораторной установки и тем самым обеспечивается контакт режущего элемента с новыми более крупными абразивными частицами.

Следует также отметить, что хотя преобладающую роль в процессе изнашивания ножей играет размер абразивных частиц, но не стоит забывать и о влиянии формы последних. Так при контакте экспериментального образца с пластинчатыми и игольчатыми зернами щебня размером 10 мм наблюдался процесс микрорезания, который сопровождался образованием явно выраженных мелких царапин на поверхности фрагмента ножа. В связи с этим имеет место

нарушение целостности поверхностного слоя (покрытия) фрагмента ножа. Однако, как показали результаты испытаний, в течение 50 часов

покрытие  $\text{TiN-Cr}_2\text{N}$  продолжает сохранять свои свойства.

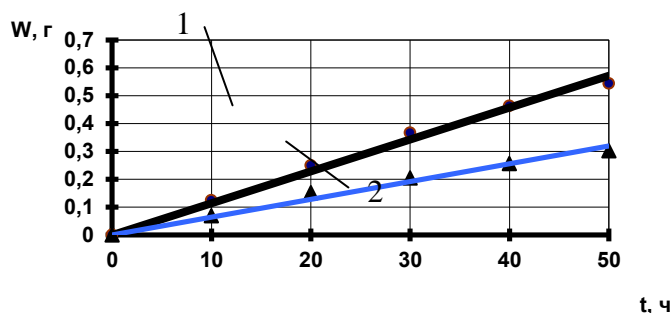


Рис. 3. График зависимости износа  $W$  обычного ножа (1) и с ионно-плазменным покрытием  $\text{TiN-Cr}_2\text{N}$  (2) от времени  $t$  работы в среде кварцевого песка с размером частиц 5 мм

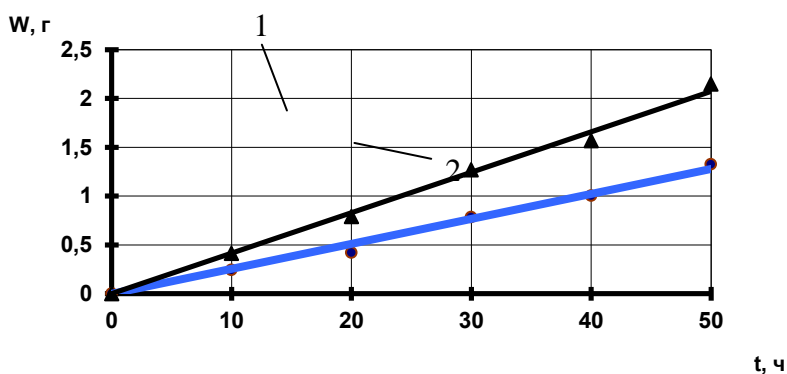


Рис. 4. График зависимости износа  $W$  обычного ножа (1) и с ионно-плазменным покрытием  $\text{TiN-Cr}_2\text{N}$  (2) от времени  $t$  работы в среде щебня размером частиц 10 мм

Следует также заметить, что работа ножей в указанных абразивных средах подразумевает отделение микрообъемов металла с поверхности. Однако, такой процесс также существенно не влияет на ионно-плазменное покрытие  $\text{TiN-Cr}_2\text{N}$ .

#### Выводы.

1. Процесс изнашивания рабочих органов ЗТМ носит линейный характер на первых 50 часах их эксплуатации.

2. Ионно-плазменное покрытие  $\text{TiN-Cr}_2\text{N}$  позволяет снизить износ ножей автогрейдера в среднем в 1,7-1,8 раза при работе в абразивной среде.

3. Полученные результаты лабораторных испытаний позволяют прогнозировать суще-

ственное снижение износа режущих элементов ЗТМ в условиях их реальной эксплуатации.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Щукин А. В. Закономерность изнашивания рабочих органов землеройно-транспортных машин // Строительство. Материаловедение. Машиностроение. Серия: Подъемно – транспортные, строительные и дорожные машины и оборудование.: сб. науч. тр.: – Дн – ск: ВГУЗ ПГАСА. 2012. Вып. 66. С. 224–227.

2. Севрюгина Н. С. Моделирование нештатных ситуаций при оценке надежности спецтехники / Н. С. Севрюгина, Е. В. Прохорова, А. В. Дикевич // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета. 2012. № 57. С. 90–96.