

УДК 621.878

Ю.Е. КАЛАБУХИН, доктор технических наук, профессор

E-mail: kalabuxin-fet@mail.ru, 7051956@bigmir.net,

Украинская государственная академия железнодорожного транспорта, г. Харьков

Е.С. ВЕНЦЕЛЬ, д-р техн. наук, проф.

А.В. ЩУКИН, аспирант

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, г. Харьков

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПОВЫШЕНИЯ РЕСУРСА РЕЖУЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ ЗЕМЛЕРОЙНО-ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН ИОННО-ПЛАЗМЕННЫМ НАПЫЛЕНИЕМ

Приведены методика и результаты расчета экономической эффективности повышения ресурса рабочих органов путем нанесения ионно-плазменного покрытия TiN-Cr₂N методом конденсации ионной бомбардировки на поверхность режущих элементов землеройно-транспортных машин (ЗТМ), в частности, ножей автогрейдера.

Ключевые слова: автогрейдер, рабочий орган, ресурс, режущий элемент, покрытие, затраты, себестоимость, годовой доход, экономический эффект.

Наведені методика та результати розрахунку економічної ефективності підвищення ресурсу робочих органів шляхом нанесення іонно-плазмового покриття TiN-Cr₂N методом конденсації іонного бомбардування на поверхню ріжучих елементів землеройно-транспортних машин (ЗТМ), зокрема, ножів автогрейдера.

Ключові слова: автогрейдер, робочий орган, ресурс, ріжучий елемент, покриття, витрати, собівартість, річний дохід, економічний ефект.

Актуальность темы

Как известно, эксплуатационные качества землеройно-транспортных машин (ЗТМ) в значительной степени определяются ресурсом режущих элементов их рабочих органов (РО). При этом ресурс режущих элементов ЗТМ зависит, во-первых, от способности режущих элементов РО сопротивляться воздействию ударных нагрузок и при этом не разрушаться, что обеспечивается необходимым уровнем физико-механических свойств материала, из которого они изготовлены, а во-вторых, – от износостойкости режущих элементов, быстрое затупление которых приводит к увеличению усилия резания и преждевременному износу базовых деталей, что в конечном итоге способствует снижению производительности машин.

Недостаточный ресурс режущих элементов ЗТМ, в частности, ножей автогрейдера обуславливает преждевременную замену РО, что вызывает большие материальные затраты и неплановые ремонты. В результате наблюдается простой машин, связанный с доставкой и монтажом новых режущих элементов.

Обзор исследований

На сегодняшний день в отрасли машиностроения существует большое количество разнообразных методов и способов поверхностной обработки деталей машин, которые способствуют значительному повышению износостойкости последних.

Однако в силу явно выраженных недостатков, которые в большинстве случаев снижают ударную вязкость материала, чем повышают его износостойкость, эти методы не удовлетворяют требованиям, предъявляемые для режущих элементов ЗТМ, в частности, ножей автогрейдеров. Вместе с тем, большинство способов не совершенные, громоздкие, дорогостоящие и требующие большого количества времени на реализацию в производстве. [1, 2].

В то же время анализ опыта работы различных отраслей машиностроения показал существенное повышение эксплуатационных характеристик материалов деталей машин за

счет нанесения на их поверхность плазменных износостойких материалов [3, 4]. Основными методами нанесения таких покрытий являются химическое осаждение из газовой среды и конденсация твердого вещества в условиях ионной бомбардировки (КИБ) [4]. При этом наиболее рациональным методом является именно КИБ, основным достоинством которого является возможность регулирования температуры процесса (~300–800°C).

Цель статьи

Установить экономический эффект от повышения ресурса РО ЗТМ путем нанесения ионно-плазменного покрытия TiN-Cr₂N методом КИБ на поверхность режущих элементов, в частности, ножей автогрейдера.

Основной материал

Как известно, одними из основных показателей надёжности РО ЗТМ являются вероятность безотказной работы и ресурс.

В результате проведенных нами теоретических исследований была получена математическая модель, которая устанавливает зависимость безотказной работы режущих элементов от их износа [5]. При этом суммарная вероятность безотказной работы ножа автогрейдера имеет вид:

$$P_{\Sigma} = P(P_{\text{дин}}) \left\{ 1 - \frac{1}{2} \left[\Phi \left[\frac{P_{-1}^{\max} - m(P_{-1})}{\sqrt{2D(P_{-1})}} \right] - \Phi \left[\frac{P_{-1}^{\min} - m(P_{-1})}{\sqrt{2D(P_{-1})}} \right] \right] \right\} \left\{ \Phi \left[\frac{\frac{I_{np}}{T^{\beta}} - m(a_u)}{\sqrt{D(a_u)}} \right] \right\}, \quad (1)$$

где $\Phi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^x e^{-\frac{t^2}{2}} dt$ – функция Лапласа,

$$P_{-1} = P_{0-1} - R_x;$$

$P(P_{\text{дин}})$ – вероятность безотказной работы ножа, зависящая от максимальной нагрузки, действующая на кромку ножа;

P_{0-1} – несущая способность при усталостном нагружении;

R_x – действующая нагрузка на кромку ножа;

$m(P_{-1})$ – математическое ожидание (среднее значение) предела разности несущей способности ножа автогрейдера и максимальной нагрузки;

$D(P_{-1})$ – среднеквадратическое отклонение предела разности несущей способности и максимальной нагрузки.

I_{np} – предельный износ ножа;

T – ресурс режущего элемента.

Разработанная математическая модель суммарной вероятности безотказной работы (1) позволяет получить теоретическое описание изменения вероятности безотказной работы режущих элементов ЗТМ, в частности, ножей автогрейдера, в процессе выполнения рабочих операций и описать изменение ресурса режущего элемента в зависимости от его износа.

Вместе с тем, как было нами установлено в результате проведения лабораторных и эксплуатационных исследований, применение ионно-плазменного покрытия системы TiN-Cr₂N на поверхности режущих элементов, изготовленных из стали 65 Г и подверженных закалке токами высокой частоты (ТВЧ) РО ЗТМ, в частности, ножей автогрейдеров, оказывает положительный эффект на их износостойкость. При этом наименьший износ достигается при следующих оптимальных параметрах такого покрытия: значение твердости основного металла составляет 50 HRC, шероховатость подложки – 0,32 мкм, толщина покрытия – 4 мкм [6]. Такие значения параметров ионно-плазменного покрытия TiN-Cr₂N позволяют повысить износостойкость в среднем в 1,78 раза. Вместе с тем увеличение износостойкости режущих элементов за счет нанесения покрытия TiN-Cr₂N на их поверхность позволяет увеличить ресурс РО. Это подтверждено результатами эксплуатационных исследований: ножи, обладающие лишь закалкой ТВЧ, имеют ресурс приблизительно 320 маш-часов, а такие же ножи с ионно-плазменным покрытием TiN-Cr₂N – 550 маш-часов (рис. 1).

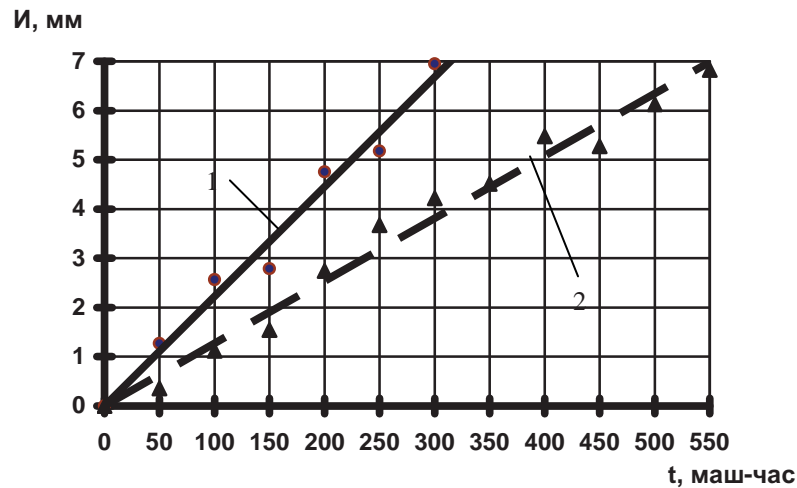


Рис. 1. Зависимость износа I режущего элемента с закалкой ТВЧ (1) и с ионно-плазменным покрытием $TiN-Cr_2N$ (2) от времени t эксплуатации

Таким образом, применение ионно-плазменного покрытия $TiN-Cr_2N$ на поверхности режущих элементов ЗТМ позволяет повысить ресурс РО за счет уменьшения их износа и как результат сократить простои на приобретение и замену режущих элементов, а следовательно, понизить себестоимость разработки грунта.

Согласно [7–11] экономический эффект мероприятия научно-технического прогресса (НТП) за расчетный период определяется по формуле

$$E_T = P_T - Z_T, \quad (2)$$

где P_T – стоимостная оценка результатов использования мероприятия НТП за расчетный период, грн.;

Z_T – стоимостная оценка затрат на осуществление мероприятия НТП за расчетный период, грн.

Для базового варианта мероприятия формула (2) принимает вид

$$E_T^b = P_T^b - Z_T^b, \quad (3)$$

а для нового варианта

$$E_T^H = P_T^H - Z_T^H, \quad (4)$$

где P_T^b и P_T^H – стоимостная оценка результатов использования соответственно, базового и нового варианта мероприятия НТП за расчетный период, грн.;

Z_T^b и Z_T^H – стоимостная оценка затрат при использовании соответственно, базового и нового варианта мероприятия НТП за расчетный период, грн.

В данном случае в качестве базового варианта мероприятия НТП принимаем эксплуатацию автогрейдера оборудованного штатными ножами подверженными закалке ТВЧ. В качестве нового варианта принимаем эксплуатацию автогрейдера оборудованного ножами с нанесенным на их поверхность ионно-плазменным покрытием $TiN-Cr_2N$. В этом случае возможны два варианта организации нанесения ионно-плазменного покрытия $TiN-Cr_2N$ на поверхность режущего органа:

- 1) сторонним предприятием;
- 2) собственными силами автохозяйства за счет приобретения в собственность предназ-

наченной для этого установки Булат–ЗТ.

В случае организации нанесения ионно-плазменного покрытия TiN-Cr₂N на поверхность режущего органа автогрейдера сторонним предприятием единовременные затраты (капитальные вложения) не предусмотрены за исключением затрат на соответствующие научно-исследовательские и опытно-конструкторские разработки (НИОКР).

В случае организации нанесения ионно-плазменного покрытия TiN-Cr₂N на поверхность режущего элемента автогрейдера собственными силами автохозяйства единовременные затраты (капитальные вложения) определяются затратами на приобретение в собственность предназначенной для этого установки Булат–ЗТ и затратами на соответствующие НИОКР. Цена приобретения установки Булат–ЗТ составляет 250000 грн., а затраты на НИОКР в расчете на единицу автогрейдера – 10000 грн. В этом случае расчет дополняется расчетом периода возврата единовременных затрат на приобретение автохозяйством в собственность установки Булат–ЗТ.

Период возврата единовременных затрат (капитальных вложений) – это период времени, в течение которого сумма накопленной прибыли превысит сумму единовременных затрат (капитальных вложений). Период возврата единовременных затрат определяется исходя из условия [8]

$$\sum_{t=t_{в.е.з.}}^{t=t_{в.е.з.}} (\Delta \text{Пр}_t - \Delta K_t) \cdot \alpha_t \geq 0, \quad (5)$$

где $\Delta \text{Пр}_t$ – дополнительная прибыль от реализации мероприятия НТП в году t расчетного периода, грн.;

ΔK_t – дополнительные единовременные затраты для реализации мероприятия НТП в году t расчетного периода, грн.;

α_t – коэффициент дисконтирования в году t расчетного периода;

$t_{в.е.з.}$ – год возврата единовременных затрат.

Таким образом, решение поставленной задачи сводится к определению:

1. Для варианта организации нанесения ионно-плазменного покрытия TiN-Cr₂N на поверхность режущего элемента автогрейдера сторонним предприятием:

– экономии годовых текущих затрат за счет увеличения ресурса режущего элемента РО автогрейдера;

– увеличение годового дохода и прибыли от работы автогрейдера, обусловленное ростом производительности машины за счет увеличения фактического срока службы его режущего элемента.

2. Для варианта организации нанесения ионно-плазменного покрытия TiN-Cr₂N на поверхность режущего элемента автогрейдера собственными силами автохозяйства за счет приобретения в собственность предназначенной для этого установки Булат–ЗТ:

– дополнительных капитальных вложений на приобретение в собственность установки Булат–ЗТ;

– экономии годовых текущих затрат за счет увеличения фактического срока службы режущего элемента РО автогрейдера;

– увеличение годового дохода и прибыли от работы автогрейдера, обусловленное ростом производительности машины за счет увеличения фактического срока службы его режущего элемента.

В первом случае использование режущего элемента с ионно-плазменным покрытием TiN-Cr₂N сопровождается дополнительными текущими затратами на его нанесение сторонним предприятием. Эти затраты обусловлены ценой за единицу данного вида работы и периодичностью замены режущего элемента. Цена за единицу работы по нанесению ионно-плазменного покрытия TiN-Cr₂N на режущий элемент автогрейдера (нож) составляет 235,00 грн., а периодичность замены ножа – 550 часов.

Во втором случае затраты, связанные с нанесением ионно-плазменного покрытия TiN-Cr₂N на режущий элемент автогрейдера определяются себестоимостью единицы данного вида работы с использованием собственной установки, которая составляет 161,70 грн. и периодичностью замены режущего элемента – 550 часов.

Себестоимость машино-часа работы автогрейдера в году t расчетного периода определяется по формуле [9]

$$S_{мч} = \frac{Z_r}{T_r} + Z_{ч} + Z_{оп} + Z_a, \quad (6)$$

где Z_r – годовые условно-постоянные затраты (амортизационные отчисления), грн.;

T_r – годовой полезный (эффективный) фонд времени работы автогрейдера, ч.;

$Z_{ч}$ – часовые затраты, грн.;

$Z_{оп}$ – общепроизводственные затраты на 1 машино-час работы автогрейдера, грн.;

Z_a – административные расходы на 1 машино-час работы автогрейдера, грн.

Цена машино-часа работы автогрейдера устанавливается по базовому варианту эксплуатации и определяется по формуле [9]

$$Ц_{мч} = S_{мч}^б \cdot \left(1 + \frac{R}{100}\right) \quad (7)$$

где $S_{мч}^б$ – себестоимость машино-часа работы базового варианта автогрейдера, грн.;

R – плановый уровень рентабельности, %.

Годовые текущие затраты для работы автогрейдера при базовом и новом варианте режущего элемента РО определяются по соответствующим формулам [9]

$$Z_t^б = S_{мч}^б \cdot T_r^б, \quad (8)$$

$$Z_t^н = S_{мч}^н \cdot T_r^н, \quad (9)$$

где $T_r^б, T_r^н$ – годовой полезный (эффективный) фонд времени работы автогрейдера при базовом и новом варианте режущего элемента РО, ч.

Годовой доход, получаемый от работы автогрейдера при базовом и новом варианте режущего элемента РО, определяется по соответствующим формулам [9]

$$P_t^б = Ц_{мч} \cdot T_r^б; \quad (10)$$

$$P_t^н = Ц_{мч} \cdot T_r^н. \quad (11)$$

Годовая прибыль, получаемая от работы автогрейдера при базовом и новом варианте режущего элемента РО, определяется по соответствующим формулам [10]

$$Пр_t^б = P_t^б - Z_t^б; \quad (12)$$

$$Пр_t^н = P_t^н - Z_t^н. \quad (13)$$

Экономический эффект от внедрения нового варианта режущего элемента РО автогрейдера в году t расчетного периода определяется по формуле [10]

$$\mathcal{E}_t = Пр_t^н - Пр_t^б - K_t^н, \quad (14)$$

где $K_t^н$ – единовременные затраты, грн.

В случае организации нанесения ионно-плазменного покрытия TiN-Cr₂N сторонним предприятием единовременные затраты обусловлены затратами на научно-исследовательские и опытно-конструкторские разработки (НИОКР) в расчете на единицу автогрейдера, а в случае организации нанесения ионно-плазменного покрытия TiN-Cr₂N собственными силами – дополняются затратами на приобретение установки Булат-ЗТ.

Экономический эффект от использования автогрейдера, оборудованного режущим элементом с ионно-плазменным покрытием TiN-Cr₂N, за расчетный период определяется по формуле [10]

$$\mathcal{E}_T = \sum_{t=t_H}^{t=t_K} (\mathcal{E}_t \cdot \alpha_t) \cdot \quad (15)$$

Коэффициент дисконтирования в году t расчетного периода определяется по формуле [11]

$$\alpha_t = (1 + E_H)^{t_p - t}, \quad (16)$$

где E_H – норма дисконта, принимаем $E_H=0,1$;

t_p – расчетный год;

t – год, доходы и расходы которого приводятся к расчетному году.

Калькуляция себестоимости машино-часа работы автогрейдера при различных вариантах режущего элемента РО и организации нанесения ионно-плазменного покрытия TiN-Cr₂N приведена в табл. 1.

Таблица 1

Калькуляция себестоимости машино-часа работы автогрейдера при различных вариантах режущего элемента РО и организации нанесения ионно-плазменного покрытия TiN-Cr₂N

Наименование статьи затрат	Затраты при варианте режущего элемента (ножа), грн		
	базовый	новый при организации работы по нанесению покрытия	
		сторонним предприятием	собственными силами
1	2	3	4
1. Годовые условно-постоянные затраты на 1 машино-час	31,98	27,02	27,02
2. Часовые затраты, всего, в том числе	232,41	226,62	226,49
2.1 Основная заработная плата рабочих	13,96	13,96	13,96
2.2 Дополнительная заработная плата рабочих	5,7105	5,71	5,71
2.3 Отчисления на социальные мероприятия	7,57	7,57	7,57
2.4 Затраты на топливо	150,00	150,00	150,00
2.5 Затраты на смазочные материалы	11,22	11,22	11,22
2.6 Затраты на масло для работы гидросистемы	3,96	3,96	3,96
2.7 Затраты на техническое обслуживание автогрейдера	23,11	19,53	19,53
2.8 Затраты на все виды текущих ремонтов автогрейдера	7,62	6,44	6,44
2.9 Затраты на замену режущего органа автогрейдера	2,49	1,63	1,51
2.10 Прочие прямые затраты	6,77	6,60	6,60
Всего эксплуатационных затрат	264,39	253,64	253,52
4 Общепроизводственные затраты	58,10	56,65	56,62
5 Административные расходы	116,20	113,31	113,25
Итого себестоимость машино-часа	438,70	423,61	423,38

Результаты расчета годовых текущих затрат, годового дохода и годовой прибыли от работы автогрейдера при различных вариантах режущего элемента и организации нанесения ионно-плазменного покрытия TiN-Cr₂N приведены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты расчета годовых текущих затрат, годового дохода и годовой прибыли от работы автогрейдера при различных вариантах режущего элемента и организации нанесения ионно-плазменного покрытия TiN-Cr₂N

Показатель	Вариант режущего элемента		
	базовый	новый при организации работы по нанесению покрытия	
		сторонним предприятием	собственными силами
Себестоимость машино-часа работы автогрейдера, грн.	438,70	423,61	423,38
Годовой полезный (эффективный) фонд времени работы автогрейдера, при полном его использовании, ч.	1435	1698	1698
Плановая рентабельность, %	25	–	–
Цена маш-часа работы автогрейдера, грн.	548,37	548,37	548,37
Годовые текущие затраты, грн.	629443,12	719194,78	718817,35
Годовой доход от работы автогрейдера, грн.	786803,90	931017,48	931017,48
Годовая прибыль от работы автогрейдера, грн.	157360,78	211822,70	212200,13

Результаты расчета экономического эффекта от реализации предложенного организационно-технического мероприятия в расчете на один автогрейдер приведены в табл. 3–4 и на рис. 2.

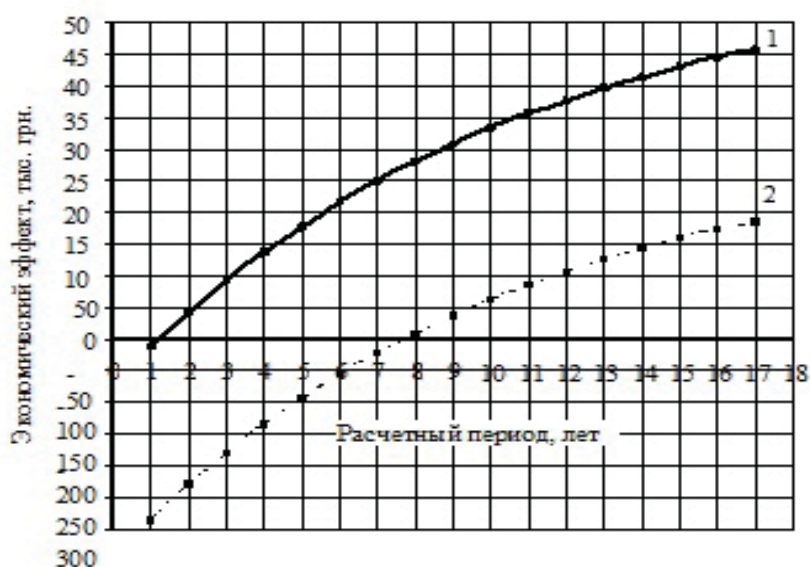


Рис. 2. Экономический эффект при организации нанесения ионно-плазменного покрытия TiN-Cr₂N: 1 – стороннее предприятие; 2 – собственные силы автохозяйства

Период возврата единовременных затрат на приобретение установки Булат-3Т зависит от количества автогрейдеров в автохозяйстве. Результаты расчета зависимости периода возврата единовременных затрат на приобретение установки Булат-3Т от количества автогрейдеров в автохозяйстве приведены на рис. 3.

Таблица 3

Расчет экономического эффекта от предлагаемого организационно-технического мероприятия при организации нанесения ионно-плазменного покрытия TiN-Cr₂N сторонним предприятием, тыс. грн.

Год расчетного периода	Заграты на НИОКР	Годовая прибыль с режущим органом автогрейдера		Годовой экономический эффект	Коэффициент дисконтирования	Дисконтированный годовой экономический эффект	Тоже нарастающим итогом
		базовым	новым				
2013	10,00	–	–	-10,00	1,100	-11,00	-11,00
2014	–	157,36	211,82	54,46	1,000	54,46	43,46
2015	–	157,36	211,82	54,46	0,909	49,51	92,97
2016	–	157,36	211,82	54,46	0,826	45,01	137,98
2017	–	157,36	211,82	54,46	0,751	40,92	178,90
2018	–	157,36	211,82	54,46	0,683	37,20	216,10
2019	–	157,36	211,82	54,46	0,621	33,82	249,92
2020	–	157,36	211,82	54,46	0,564	30,74	280,66
2021	–	157,36	211,82	54,46	0,513	27,95	308,61
2022	–	157,36	211,82	54,46	0,467	25,41	334,01
2023	–	157,36	211,82	54,46	0,424	23,10	357,11
2024	–	157,36	211,82	54,46	0,386	21,00	378,11
2025	–	157,36	211,82	54,46	0,350	19,09	397,20
2026	–	157,36	211,82	54,46	0,319	17,35	414,55
2027	–	157,36	211,82	54,46	0,290	15,78	430,32
2028	–	157,36	211,82	54,46	0,263	14,34	444,67
2029	–	157,36	211,82	54,46	0,239	13,04	457,70
Всего	10,00	2517,77	3389,16	861,39	–	457,70	–

Таблица 4

Расчет экономического эффекта от предлагаемого организационно-технического мероприятия при организации нанесения ионно-плазменного покрытия TiN-Cr₂N собственными силами автохозяйства, тыс. грн.

Год расчетного периода	Затраты на НИОКР	Затраты на установку Булат-3Т	Годовая прибыль по варианту режущего органа автогрейдера		Годовой экономический эффект	Коэффициент дисконтирования	Дисконтированный годовой экономический эффект	Тоже нарастающим итогом
			базовым	новым				
2013	10,00	250,00	–	–	-260,00	1,100	-286,00	-286,00
2014	–	–	157,36	212,20	54,84	1,000	54,84	-231,16
2015	–	–	157,36	212,20	54,84	0,909	49,85	-181,31
2016	–	–	157,36	212,20	54,84	0,826	45,32	-135,98
2017	–	–	157,36	212,20	54,84	0,751	41,20	-94,78
2018	–	–	157,36	212,20	54,84	0,683	37,46	-57,33
2019	–	–	157,36	212,20	54,84	0,621	34,05	-23,28
2020	–	–	157,36	212,20	54,84	0,564	30,96	7,68
2021	–	–	157,36	212,20	54,84	0,513	28,14	35,82
2022	–	–	157,36	212,20	54,84	0,467	25,58	61,40
2023	–	–	157,36	212,20	54,84	0,424	23,26	84,66
2024	–	–	157,36	212,20	54,84	0,386	21,14	105,80
2025	–	–	157,36	212,20	54,84	0,350	19,22	125,02
2026	–	–	157,36	212,20	54,84	0,319	17,47	142,50
2027	–	–	157,36	212,20	54,84	0,290	15,89	158,38
2028	–	–	157,36	212,20	54,84	0,263	14,44	172,82
2029	–	–	157,36	212,20	54,84	0,239	13,13	185,95
Всего	10,00	250,00	2517,77	3395,20	617,43	–	185,95	–

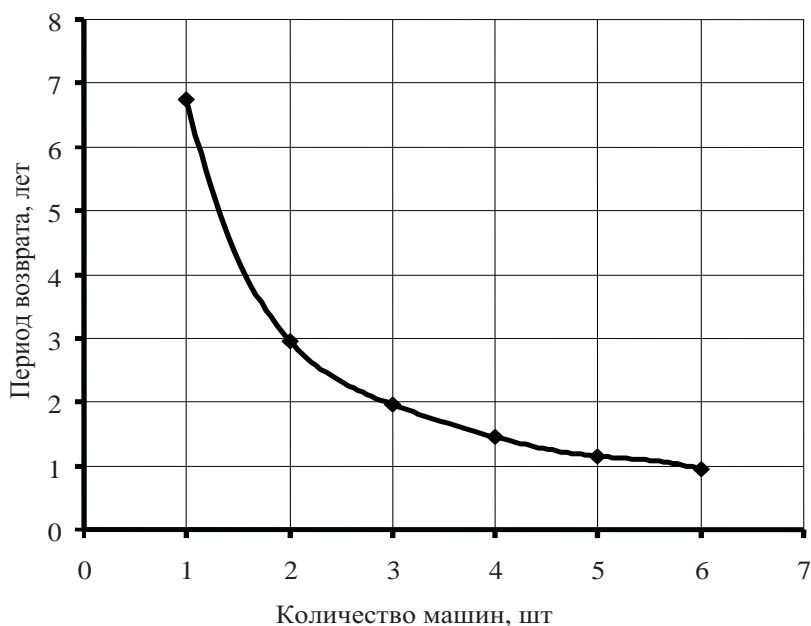


Рис. 3. Зависимость периода возврата единовременных затрат на приобретение установки Булат-ЗТ от количества автогрейдеров

Выводы

Повышение ресурса РО ЗТМ за счет нанесения ионно-плазменного покрытия TiN-Cr2N на поверхность режущих элементов, в частности, ножей автогрейдера, позволяет получить экономический эффект на один автогрейдер за расчетный период 17 лет при организации нанесения ионно-плазменного покрытия:

- 1) сторонним предприятием 457704 грн.;
- 2) собственными силами 185952 грн. Период возврата единовременных затрат на приобретение установки для ионно-плазменного покрытия Булат-ЗТ составляет 7 лет;
- 3) период возврата единовременных затрат на приобретение установки Булат-ЗТ зависит от количества автогрейдеров в автохозяйстве. При количестве 3–4 машин в автохозяйстве период возврата единовременных затрат на приобретение установки составляет менее 2 лет.

Список литературы

1. Слюсаренко В. В. Повышение износостойкости режущих элементов землеройно-транспортных машин / В. В. Слюсаренко // Строительные и дорожные машины – 1989. – № 10. – С. 20–21.
2. Тененбаум М. М. Сопротивление абразивному изнашиванию: монография / М. М. Тененбаум – М.: Машиностроение, 1976. – 271 с.
3. Роик Т. А. Повышение износо- и коррозионной стойкости деталей объемного гидропривода нанесением ионно-плазменных покрытий / Т. А. Роик, Д. Б. Глушкова, Ю. В. Рыжков. – Харьков, 2012. – 112 с.
4. Роик Т. А. Повышение стойкости пресс-форм литья под давлением медных сплавов / Т. А. Роик, Д. Б. Глушкова. – Харьков, 2013. – 108 с.
5. Щукин А. В. Влияние износа ножа на ресурс рабочего органа автогрейдера / А. В. Щукин, Е. С. Венцель, Л. В. Разаренов // Строительные и дорожные машины. – 2013. – № 9. – С. 44–47.
6. Венцель Е. С. Определение оптимальных параметров ионно-плазменного покрытия на поверхность режущих элементов землеройно-транспортных машин / Е. С. Венцель, Д. Б. Глушкова, А. В. Щукин // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета. – 2013. – Вып. 60. – С. 53–58.
7. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов / В. В. Косов, В. Н. Лившиц, А. Г. Шахназаров, Н. Г. Алешинская. – М.: Экономика, 2000.
8. Виленский П. Л. Оценка эффективности инвестиционных проектов: теория и практика: учеб. пособие / П. Л. Виленский, В. Н. Лившиц, С. А. Смоляк. – 2-е изд. – М.: Дело, 2002. – 194 с.
9. Лукашев В. И. Оценка реальной эффективности мероприятий научно-технических программ и инвестиционных проектов / В. И. Лукашев, Л. А. Крищенко // Вестник ВНИИЖТ. –

2005. – № 5. – С. 3–7.

10. Беренс В. Руководство по оценке эффективности инвестиций : [пер. с англ.] / В. Беренс, П. М. Хавранек . – М.: Интерэксперт: ИНФРА – М, 1995. – 179 с.

11. Блех Ю. Инвестиционные расчеты. Модели и методы оценки инвестиционных проектов : [пер. с нем.] / Ю. Блех, У. Гетце. – Калининград : Янтарный сказ, 1997. – 168 с.

ECONOMIC EFFICIENCY OF INCREASE OF OPERATIONAL LIFE OF CUTTER ELEMENTS OF EARTH-MOVING MACHINES BY MEANS OF IONIC PLASMA DEPOSITION

Yu. E. KALABUHIN, Doktor of Economy, E.S. VENTSEL, Dokror of Engineering
A. V. SHCHUKIN, graduate student

The paper presents the method and the results of calculation of economic effectiveness of increase of operational life of work tools by ionic plasma deposition of TiN-Cr₂N using the method of condensation of ion bombardment of the surface of cutters of earth-moving machines (EMM), in particular, motor grader slice tools.

Key words: motor grader, work tool, life, cutter, deposition, costs, self-costs, annual income, economic effect.

1 . Slyusarenko V. V. Increase of wear resistance of cutting elements of digging and transport cars / Century of V. Slyusarenko [Povyshenie iznosostojkosti rezhushhih jelementov zemlerojno-transportnyh mashin / V. V. Sljusarenko]. Construction and road cars – 1989. – No. 10. – P. 20-21.

2 . Tenenbaum M. M. Resistance to abrasive wear: the monograph/M M. Tenenbaum [Soprotivlenie abrazivnomu iznashivaniju : monografija] – M.: Mechanical engineering, 1976. – 271 p.

3 . Roik T.A. Increase wear - resistance and corrosion resistance of details of a volume hydraulic actuator drawing ion-plasma coverings / T.A. Roik, D.B. Glushkova, Yu.V. Ryzhkov. [Povyshenie iznos- i korrozionnoj stojkosti detalej ob'emnogo gidroprivoda nanese-niem ionno-plazmennyyh pokrytij]. – Kharkov, 2012. – 112 p.

4 . Roik T.A. Increase of firmness of compression molds of molding under pressure of copper alloys / T.A. Roik, D.B. Glushkova. [Povyshenie stojkosti press-form lit'ja pod davleniem mednyh splavov].– Kharkov, 2013. – 108 p.

5 . Schukin A.V. Influence of wear of a knife on a resource of working body of grader / A.V. Schukin, E.S. Ventsel, L.V.Razarenov [Vlijanie iznosa nozha na resurs rabocheho organa avtogrejdera]. Construction and road cars. – 2013 . – No. 9. – Page 44–47.

6 . Ventsel E.S. Determination of optimum parameters of an ion-plasma covering on a surface of cutting elements of digging and transport cars / E.S. Ventsel, D.B. Glushkova, A.V. Schukin [Opredelenie optimal'nyh parametrov ionno-plazmennogo pokrytija na poverhnost' rezhushhih jelementov zemlerojno-transportnyh mashin]. Messenger of Kharkov national automobile and road university. – 2013 . – Vyp. 60 . – Page 53-58.

7 . Methodical recommendations about an assessment of efficiency of investment projects / Century V. Kosov, V. N. Livshits, A. G. Shakhnazarov, N. G. Aleshinskaya [Metodicheskie rekomendacii po ocenke jeffektivnosti investicionnyh proektov] – M.: Economy, 2000.

8 . Vilensky P. L. Estimation of efficiency of investment projects: theory and practice: studies. grant / Item L. Vilensky, V. N. Livshits, S. A. Smolyak [Ocenka jeffektivnosti investicionnyh proektov : teorija i praktika : ucheb. posobie] . – 2nd prod. – M.: Business, 2002. – 194 pages.

9 . Lukashev V. I. Estimation of real efficiency of actions of scientific and technical programs and investment projects / Century I. Lukashev, L. A. Krishchenko [Ocenka real'noj jeffektivnosti meroprijatij nauchno-tehnicheskikh programm i investicionnyh proektov]. VNIIZhT Bulletin. – 2005 . – No. 5. – Page 3-7.

10 . Berens W. Management according to efficiency of investments: [the lane with English] / V. Berens, P. M. Havranek. [Rukovodstvo po ocenke jeffektivnosti investicij : [per. s angl.]]– M.: Interekspert: INFRA – M, 1995. – 179 c/

11 . Blekh Yu. investment calculations. Models and methods of an assessment of investment projects: [the lane with it.] / Yu. Blekh, U. Getz. [Investicionnye raschety. Modeli i metody ocenki investicionnyh proektov : [per. s nem.]]– Kaliningrad: Amber narration, 1997. – 168 with.

Поступила в редакцию 20.12 2013 г.