

**Венцель Е.С.,
Щукин А.В.,
Коваль Р.Н.**

Харьковский национальный
автомобильно - дорожный университет,
г. Харьков, Украина
E-mail: supercar_88@mail.ru

**СНИЖЕНИЕ ИЗНОСА
РЕЖУЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ
ЗЕМЛЕРОЙНО - ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН
ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ**

УДК 621.878

Показано, что наиболее рациональным способом снижения износа режущих элементов, в частности ножей автогрейдера, является ионно-плазменное напыление. Приведены результаты эксплуатационных испытаний ножей автогрейдера, подверженных закалке токами высокой частоты и ионно-плазменному напылению TiN-Cr₂N. Показано, что ионно-плазменное покрытие позволяет снизить износ режущих элементов приблизительно в 1,7 раза.

Ключевые слова: режущий элемент, автогрейдер, ионно-плазменное покрытие, износ.

Введение

Одним из путей повышения эффективности использования землеройно-транспортных машин (ЗТМ) является обеспечение требуемого состояния их режущих элементов. Для этого необходима своевременная и периодическая замена, ремонт режущих элементов или применение каких-либо альтернативных способов, обеспечивающих снижение износа при эксплуатации ЗТМ [1]. Существующие на сегодняшний день методы и способы решения этой проблемы имеют ряд недостатков и поэтому не могут в полной мере обеспечить материал режущих элементов рабочих органов (РО) ЗТМ необходимым набором механических свойств [2].

Известно, что наиболее часто применяемым способом снижения износа режущих элементов ЗТМ являются наплавка электродом, материал которого обладает значительно большей твердостью, чем материал режущего элемента. Кроме того, может быть применено нанесение на поверхность режущих элементов различных сверхтвердых и прочных покрытий [3 - 5 и др.]. Однако, главным недостатком данных способов является плохая адгезия наплавленного материала с поверхностью РО.

Авторы работы [5] полагают, что для снижения износа режущих элементов ЗТМ достаточно применить электролитические покрытия, в частности, хромирование, которое обеспечивает сверхвысокую твердость (HV 1050 - 1200) и соответственно, высокую износостойкость. При этом структура и термическая обработка основного металла не нарушаются. Толщина таких покрытий не менее 0,5 мм. Наряду с хромированием для обеспечения тех же физико-механических свойств применяется оставление. Суть способа заключается в нанесении на поверхность режущего элемента ЗТМ слоя железа толщиной не более 1,5 мм.

Основные недостатки электролитических способов, обеспечивающих тонкие твердые слои, – необходимость дополнительной механической обработки, дороговизна и низкая производительность. К тому же нанесенный слой зачастую не имеет прочного сцепления с материалом основной детали и при работе ЗТМ отслаивается.

Среди всех существующих способов снижения износа режущих элементов наибольшее распространение получила наплавка РО ЗТМ различными твердыми сплавами [3, 5]. При этом переднюю грань РО упрочняют твердым сплавом в виде наплавки износостойкими электродами или напаяк, состоящих из металлокерамических твердых пластин.

Наиболее часто наплавка осуществляется электродом Т-620, сормайтотом, карбидом бора, порошком ПЛ-У40Х38Г2, углеродным электродом по слою сталинита, а также электродом Т-590 [1].

Однако, все вышеперечисленные способы получения наплавки не всегда эффективны, поскольку наплавка скалывается, не имея прочного сцепления с металлом основной детали [1, 4]. Кроме того, наблюдается неоднородность износа наплавленных поверхностей, что объясняется неравномерностью распределения карбидов. К тому же доля механической обработки наплавленного слоя составляет 75% от общей трудоемкости наплавки [1].

В последнее время все большее распространение получают ионно-плазменные покрытия (ИПП). Они, по мнению автора работ [6, 7], обеспечивают коррозионную стойкость, значительно повышают износостойкость и как следствие, ресурс деталей машин. Такие покрытия образуются в условиях конденсации ионной бомбардировки (КИБ) [8]. При этом ионная бомбардировка используется для очищения поверхности от примесей и значительного повышения адгезионной связи покрытия с основным металлом [8].

Такие покрытия нашли применение в золотниковых парах гидропривода, которые изготавливаются из стали 38Х2МЮА. В ходе исследований было установлено, что ИПП TiN, нанесенное на поверхность золотниковых пар, уменьшает износ в 3,0 раза [6]. Вместе с тем авторами работы [7] установлено,

что ИПП Ti-Cr-N обладают значительным сопротивлением пластической деформации. К тому же в [6] показана эффективность применения ИПП Ti-Cr-N, нанесенных методом КИБ, для шариков радиально-поршневых гидромашин однократного действия. При этом, как свидетельствуют результаты исследований, износостойкость шариков, изготовленных из стали Р6М5Ф3-МП, повышается в 2,3 раза.

К сожалению ионно-плазменная обработка в настоящее время не получила широкого применения вообще и для режущих элементов РО ЗТМ, в частности, в силу малой изученности вопроса воздействия на механические свойства различных материалов режущих элементов РО.

Цель и постановка задачи

Целью данной работы является исследование влияния ИПП TiN-Cr₂N на износ режущих элементов в процессе эксплуатации ЗТМ.

Изложение материалов исследования

Для того чтобы установить влияние ионно-плазменного покрытия TiN-Cr₂N на износ режущих элементов ЗТМ, были проведены эксплуатационные испытания автогрейдера ДЗ-180, который приписан филиалу «Харьковский райавтодор» ГП «Харьковский облавтодор».

Суть методики испытаний заключалась в следующем. Два средних грейдерных ножа, изготовленные из стали 65Г и подверженные закалке токами высокой частоты (ТВЧ), разрезали на две части каждый. При этом меньшие по размеру части ножа шлифовали до шероховатости поверхности 0,32 мкм и подвергали ионной бомбардировке, а далее наносили ИПП TiN-Cr₂N (рис. 1).

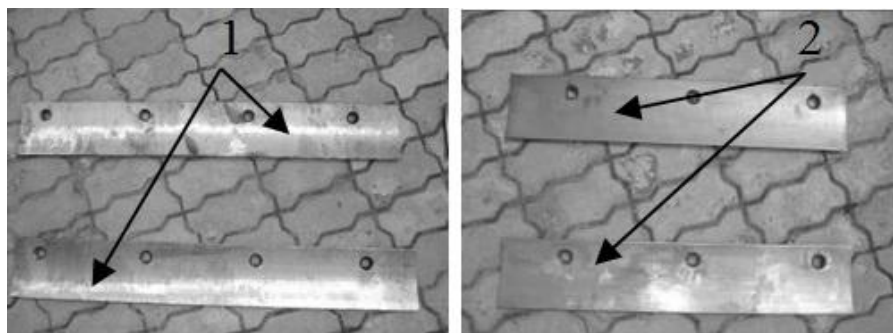


Рис. 1 – Ножи грейдерные с закалкой ТВЧ (1) и покрытием TiN-Cr₂N (2)

Затем два фрагмента ножа, подверженные закалке ТВЧ и напылению ИПП TiN-Cr₂N, а также два фрагмента ножа, подверженные лишь закалке ТВЧ, устанавливали на отвал автогрейдера ДЗ-180. При этом расстановка фрагментов ножа с покрытием и без него была следующая (рис. 2). В левой части отвала устанавливался сначала фрагмент ножа, подверженный лишь закалке ТВЧ, затем монтировался фрагмент с закалкой ТВЧ и покрытием TiN-Cr₂N, то есть фрагменты ножа с покрытием и без него поочередно чередовались друг с другом.



Рис. 2 – Общий вид автогрейдера ДЗ-180 с ножами:
1 – после закалки ТВЧ;
2 – с ТВЧ и покрытием TiN-Cr₂N

Далее установленные на отвале автогрейдера ДЗ-180 фрагменты ножей подвергались эксплуатации в течение 150 маш-час, в течение которых, согласно нашим поисковым лабораторным исследованиям величина износа достигает достаточно ощутимого значения.

Перед проведением испытаний и через 150 маш-час эксплуатации на всех фрагментах ножа замерялась толщина поперечного сечения. Для этого была изготовлена смесь, состоящая из гипса и алебастра в соотношении 10:1. При этом грейдерные ножи помещались в пластиковые формы, которые заливались тщательно взбитой гипсовой смесью (рис. 3). Каждый фрагмент ножа устанавливался на три одинаковых пластиковых контейнера с гипсовой смесью. Один контейнер со смесью размещали по центру фрагмента ножа, а два оставшихся – по краям. В таком положении, как показано на рис. 3, ножи находились в течение часа.

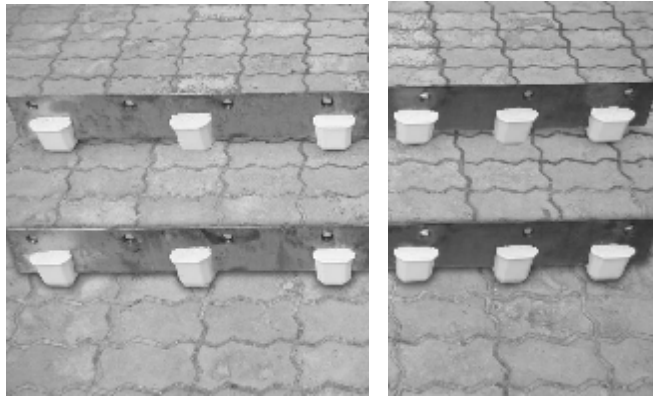


Рис. 3 – Расположение пластиковых контейнеров на средних ножах до проведения эксплуатационного эксперимента на автогрейдере ДЗ-180

По истечению указанного времени все фрагменты ножей демонтировались из контейнеров с застывшей гипсовой смесью. Затем эти контейнеры разрезались вдоль поперечного сечения ножа, след которого остался после демонтажа (рис. 4).

После этого полученные срезы поперечного сечения ножа подвергались сканированию с помощью многофункционального устройства Canon MP280. Далее на полученных в результате сканирования 12 отпечатках поперечного сечения ножа до и на 12 отпечатках после эксплуатации автогрейдера в течение 150 маш-час с помощью программы КОМПАС-3D V12 определялась толщина поперечного сечения ножа на высоте 12 мм от верха отпечатка. Выбор значения высоты носил произвольный характер, так как полагалось, что изнашивание ножей происходит равномерно по всей поверхности, что связано с установкой отвала под углом 90° относительно направления движения автогрейдера.



Рис. 4 – Слпок ножа до эксплуатации

Примеры отпечатков поперечного сечения ножа после эксплуатации представлены на рис. 5 и 6.

Для получения достоверных результатов замеры износа грейдерного ножа проводились в пяти замерочных поясах для среднего ножа с ТВЧ и в пяти для среднего ножа с ТВЧ и ИПП $TiN-Cr_2N$. Такая повторяемость замеров позволила получить достоверные результаты испытаний с относительной погрешностью до 3% при доверительной вероятности 0,9.



Рис. 5 – Отпечаток ножа автогрейдера после эксплуатации с ИПП TiN-Cr₂N

Рис. 6 – Отпечаток ножа, подверженного закалке ТВЧ, автогрейдера после эксплуатации

Результаты определения толщины поперечного сечения и полученные значения износов ножей автогрейдера ДЗ-180 по истечению 150 маш-час представлены на рис. 7 и в табл. 1.

Таблица 1

Толщины ножа автогрейдера после эксплуатации в течение 150 маш-час

Параметр	Толщина поперечного сечения ножа, мм											
	правый нож						левый нож					
Вид ножа	с закалкой ТВЧ						с закалкой ТВЧ + покрытие TiN-Cr ₂ N					
Тип способа	с закалкой ТВЧ			с закалкой ТВЧ + покрытие TiN-Cr ₂ N			с закалкой ТВЧ			с закалкой ТВЧ + покрытие TiN-Cr ₂ N		
Пояс	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
До эксплуатации	7,291	7,242	7,223	7,304	7,311	7,290	7,247	7,237	7,283	7,312	7,304	7,331
После эксплуатации	6,065	4,444	4,479	5,534	5,584	5,607	4,415	4,428	4,527	5,553	5,515	6,555
Износ, мм	1,226	2,798	2,744	1,770	1,727	1,683	2,832	2,809	2,756	1,759	1,789	0,776

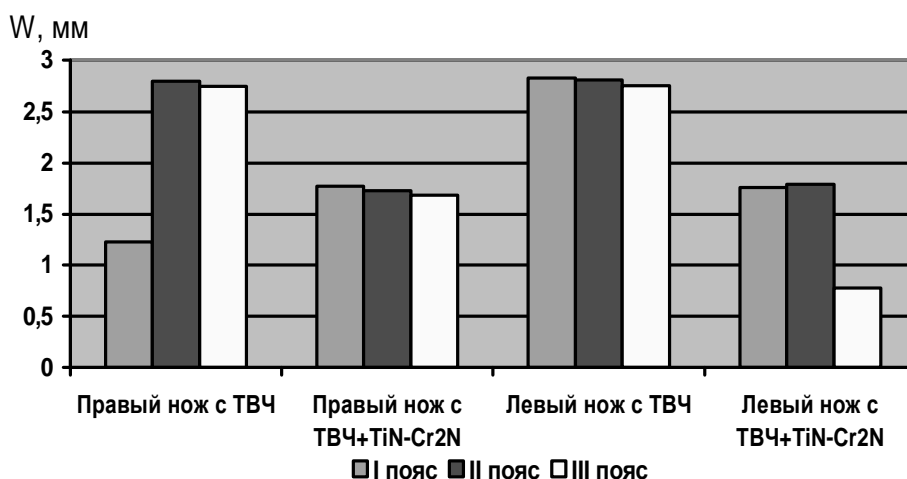


Рис. 7 – Износ ножей автогрейдера с закалкой ТВЧ и ИПП TiN-Cr₂N после эксплуатации в течение 150 маш-час

Как видно из рис. 7, износ на первом участке левого и на третьем участке правого ножей имеет наименьшее значение – 1,226 мм и 1,759 мм, соответственно. Это объясняется тем, что в процессе мон-

тажа средних ножей крайние их части перекрываются установленными сверху боковыми ножами (бокорезами). Таким образом, изнашиванию подвергалась задняя поверхность ножа на этих участках и передняя поверхность боковых ножей.

В связи с тем, что в разных замерочных поясах фрагментов ножей с покрытием и без него разброс значений износа составил около 3 %, можно заключить, что изнашивание носило равномерный характер по всей поверхности средних ножей. При этом наименьший износ имеет место у тех ножей, которые подвергались напылению ИПП TiN-Cr₂N. Так, например, износ второго и третьего участков правого ножа с покрытием TiN-Cr₂N в 1,62 и 1,63 раза меньше, соответственно. Износ первого и второго участков левого ножа, имеющего аналогичное покрытие, в 1,61 и 1,57 раза меньше, соответственно. Сравнивая значения износа крайних участков (первый участок на правом ноже и третий участок на левом ноже), можно заключить, что процесс изнашивания по задней поверхности носил менее интенсивный характер, чем на остальных участках ножа. Однако, износ третьего участка левого ножа с покрытием TiN-Cr₂N в 1,58 раза меньше, чем износ первого участка правого ножа. При этом износ ножей, обладающих закалкой ТВЧ, составил в среднем 2,79 мм, а износ тех же ножей, но с покрытием TiN-Cr₂N – 1,75 мм, что примерно в 1,6 раза меньше, чем износ штатных ножей.

Был проведен также второй более длительный этап эксплуатационных испытаний автогрейдера ДЗ-180. При этом на автогрейдер была установлена система ножей, в которой чередуются их части с покрытием и без него. Работа машины проводилась в штатном режиме, то есть автогрейдер выполнял при различных углах поворота среднего отвала все основные виды работ, которые характерны для него, а именно: ремонт и обслуживание дорожного покрытия, профилирование земляного полотна, строительство дорог и т. п.

Целью таких испытаний было определение снижения износа частей ножа с закалкой ТВЧ и покрытием TiN-Cr₂N по предельному износу при штатных условиях эксплуатации. При этом в течение всего периода эксплуатации каждые 50 маш-час ножи демонтировали и по выше описанной методике определяли толщину поперечного сечения ножей.

Результаты эксплуатационных испытаний приведены на рис. 8.

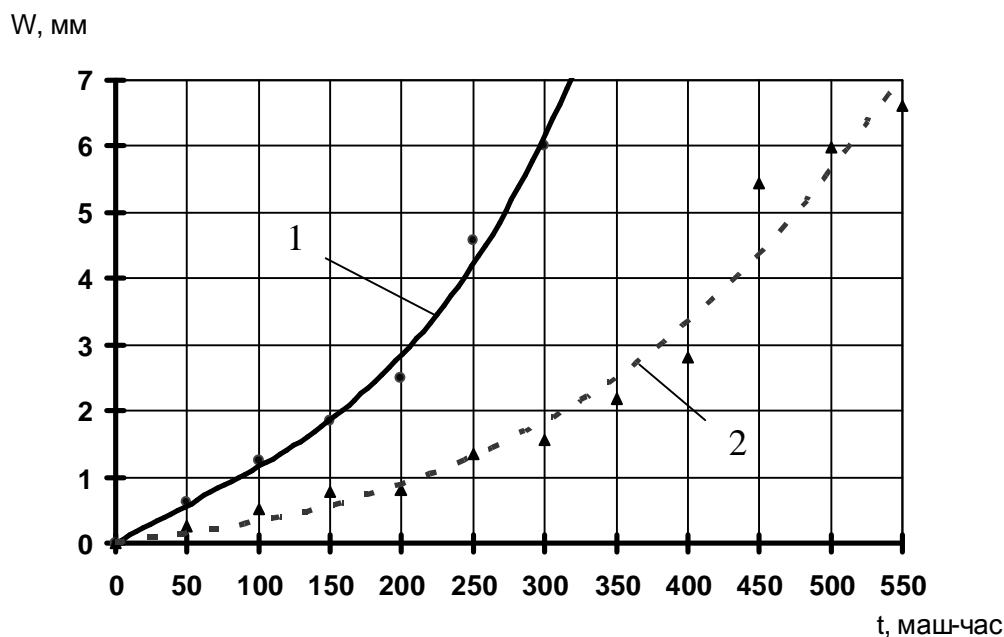


Рис. 8 – Зависимость износа W режущего элемента с закалкой ТВЧ (1) и с ИПП TiN-Cr₂N (2) от времени t эксплуатации автогрейдера

Как видно из представленных графиков, характер износа ножей на протяжении всего периода эксплуатации автогрейдера имеет прямолинейный характер, что, в принципе, хорошо согласуется с результатами наших поисковых лабораторных исследований [9] и аналогичных эксплуатационных испытаний зубьев экскаваторов [10].

Следует также отметить, что через 320 маш-час испытаний штатные ножи, которые были подвержены ТВЧ, изнашивались на максимально допустимую величину – 7 мм, что стало причиной необходимости их замены. После замены изношенных ножей на новые испытания продолжались до того времени, пока износ ножей, покрытых TiN-Cr₂N, не оказался равным износу штатных ножей через 320 маш-час эксплуатации, то есть как следует из рис. 8, до 550 маш-час.

Таким образом, можно считать, что в результате обработки ТВЧ и последующего нанесения покрытия TiN-Cr₂N износ ножей существенно уменьшается (примерно в 1,7 раза), что адекватным образом отразится на ресурсе ножа, а следовательно, на эффективности эксплуатации ЗТМ.

Выводы

Износ штатных режущих элементов (ножей) с ионно-плазменным покрытием TiN-Cr₂N по сравнению с ножами, обработанными лишь ТВЧ, примерно в 1,7 меньше и ресурс их составляет приблизительно 550 маш-час.

Литература

1. Рейш А.К. Повышение износостойкости строительных и дорожных машин / А.К. Рейш – М.: Машиностроение, 1986. – 184 с.
2. Густов Ю.И. Повышение износостойкости рабочих органов и сопряжений строительных машин // Механизация строительства. – 1996. – № 5. – С. 15-16.
3. Выбор материала и метода повышения износостойкости режущих элементов бульдозеров / В.И. Мощенок, В.П. Тарабанова, Н.А. Лалазарова, Н.А. Проскурня / Вестник ХНАДУ : сб. науч. тр. – Харьков: ХНАДУ, 2007. – Вып. 38 – С. 122-125.
4. Износостойкая наплавка зубьев ковшей экскаватора / А.А. Данькин, В.И. Светлополюнский, Н.Н. Тюрин, И.Ф. Белявский [и др.] // Строительные и дорожные машины. – 1991. – № 3. – С. 15-16.
5. Петров И.В. Повышение долговечности рабочих органов дорожных машин наплавкой / И.В. Петров, И.К. Домбровская – М. : изд-во «Транспорт», 1970. – 104 с.
6. Рижков Ю.В. Підвищення зносо- і корозійної стійкості деталей об'ємного гідроприводу нанесенням іонно-плазмових покриттів : автореф. дс. на соискание уч. степени канд. техн. наук : спец. 05.02.01 «Матеріалознавство» / Ю. В. Рижков. – Дніпропетровськ, 2010. – 19 с.
7. Роик Т.А. Повышение износо- и коррозионной стойкости деталей объемного гидропривода нанесением ионно-плазменных покрытий: монография / Т.А. Роик, Д.Б. Глушкова, Ю.В. Рьжков. – Харьков: 2012. – 112 с.
8. Д'яченко С.С. Іонно-плазмова обробка як фактор підвищення конструкційної міцності сталевих виробів / С.С. Дяченко, І.В. Пономаренко // Нові матеріали і технології в металургії та машинобудуванні. – 2009. – № 1. – С. 71-77.
9. Щукин А.В. Закономерность изнашивания рабочих органов землеройно-транспортных машин / А.В. Щукин // Сб. науч. тр.: Строительство. Материаловедение. Машиностроение. Серия: Подъемно – транспортные, строительные и дорожные машины и оборудование. – Дн – ск: ВГУЗ ПГАСА, 2012. – Вып. 66. – С. 224-227.
10. Хадеев Н.Т. Определение интенсивности изнашивания режущих элементов землеройных машин и дифференцирование норм их расхода с учетом грунтового фона : автореф. дс. на соискание уч. степени канд. техн. наук : спец. 05.05.04 «Дорожные, путевые и строительные машины» / Н. Т. Хадеев – Москва, 1984. – 17 с.

Поступила в редакцію 11.03.2014

Ventsel Ye. S., Shchukin A. V., Koval R. N. **Decreasing the wear of cutting elements of earth - moving machines during their operation.**

The method and results of performance tests grader blades exposed hardened by high frequency and sputter TiN-Cr₂N. Recently, the ion- plasma coating has been inflicted on surface blades, initially exposed hardened by high frequency.

To confirm the efficiency and obtain quantitative characteristics of the positive effect of the ion- plasma coatings under real operating conditions were performed us performance tests motor-grader DZ-180 . These tests were carried out in two stages. In the first test stage blade was set at an angle of 90 °, at which the load on the blade at the maximum, and hence the smallest resource . Besides a nip angle provides a uniform wear across the blade length. At the second stage of testing grader operated in normal mode without any restrictions, ie, carried out all types of work for which the capture angle of blade varies from 10 to 90 °.

Defined knife wear grader hardened by high frequency and ion-plasma coating. Found that the ion- plasma coating reduces the wear of the cutting element about 1.7 times . It is shown that the average wear of grader blades for the capture angle of 90° occurs not only at the front , but also on the rear surfaces of the blade. In this part of the blade that had an ion-plasma coating TiN-Cr₂N and wear only the back surface has a shy less wear than the blade fragments that worn under the same conditions as the front surface.

Keywords: cutting element, ion-plasma coating, motor grader, paving, wear, resource.

References

1. Rejsh A.K. Povyshenie iznosostojkosti stroitel'nyh i dorozhnyh mashin. M. Mashinostroenie, 1986, 184 p.
2. Gustov Ju.I. Povyshenie iznosostojkosti rabochih organov i soprjazhenij stroitelnyh mashin Mehanizacija stroitel'stva, 1996, No. 5, pp. 15–16.
3. V.I. Moshhenok, V.P. Tarabanova, N.A. Lalazarova, N.A. Proskurnja Vybora materiala i metoda povyshenija iznosostojkosti rezhushchih jelementov bul'dozerov. Vestnik HNADU : sb. nauchn. tr. Har'kov: HNADU, 2007. Vyp. 38, pp. 122–125.
4. A.A. Dan'kin, V.I. Svetlopoljanskij, N.N. Tjurin, I.F. Beljavskij Iznosostojkaja naplavka zub'ev kovshej jekskavatora. Stroitel'nye i dorozhnye mashiny. 1991, No 3, pp.15–16.
5. Petrov I.V., .K. Dombrovskaja Povyshenie dolgovechnosti rabochih organov dorozhnyh mashin naplavkoj. M : izd-vo «Transport», 1970, 104 p.
6. Rizhkov Ju.V. Pidvishhennja znoso- i korozijnoi stijkosti detalej ob'emnogo gidroprivodu nanesennjam ionno-plazmovih pokrittiv : avtoref. ds. na soiskanie uch. stepeni kand. tehn. nauk : spec. 05.02.01 «Materialoznavstvo». Dnipropetrovs'k, 2010, 19 p.
7. Roik T.A., Glushkova D.B., Ryzhkov Ju.V. Povyshenie iznoso- i korrozionnoj stijkosti detalej ob'emnogo gidroprivoda naneseniem ionno-plazmennyh pokrytij: monografija. Har'-kov: 2012, 112 p.
8. D'jachenko S.S., Ponomarenko I.V. Ionno-plazmova obrobka jak faktor pidvishhennja konstrukcijnoi micnosti stale-vih virobiv. Novi materiali i tehnologii v metalurgii ta mashinobudu-vanni. 2009, No 1, pp. 71–77.
9. Shchukin A.V. Zakonomernost' iznashivanija rabochih organov zemlerojno-transportnyh mashin. Sb. nauch. tr.: Stroitel'stvo. Materialovedenie. Mashinostroenie. Serija: Pod'emno-transportnye, stroitel'nye i dorozhnye mashiny i oborudovanie. Dn – sk: VGUZ PGASA, 2012, Vyp.66, pp. 224–227.
10. Hadeev N.T. Opredelenie intensivnosti iznashivanija rezhushchih jelementov zemlerojnyh mashin i differencirovanie norm ih rashoda s uchedom gruntovogo fona : avtoref. ds. na soiskanie uch. stepeni kand. tehn. nauk : spec. 05.05.04 «Dorozhnye, putevyje i stroitel'nye mashiny». Moskva, 1984, 17 p.