

УДК 621.793.7

*С. А. ЛУЗАН*, д-р техн. наук, проф., ХНАДУ, Харьков

## **ПОВЫШЕНИЕ РЕСУРСА ДЕТАЛЕЙ ШАССИ КОЛЕСНЫХ ТРАКТОРОВ ВО ВРЕМЯ ИХ ВОССТАНОВИТЕЛЬНОГО РЕМОНТА**

Исследована динамика изнашивания плазменных покрытий ПГ-10Н-01 и установлена зависимость величины износа покрытий от наработки. Установлено, что динамика износа от наработки исследованных износостойких материалов покрытий ПГ-10Н-01 и ПГ-12Н-01 имеют одинаковый характер, наименьшая величина износа у покрытия ПГ-10Н-01, что в 6,4 раза меньше чем у стали 45.С целью повышения ресурса восстановленного вала привода переднего и заднего мостов трактора типа Т-150К рекомендовано применять способ плазменного напыления порошкового материала ПГ-10Н-01.

**Ключевые слова:** плазменнонапыление, покрытие, износ, ресурс, порошковый материал.

**Введение.** Парк автотранспортных средств в Украине по техническому уровню, моральному и физическому износу требует восстановления, сроки амортизации почти у 50 % машин значительно превышены (более 10 лет), однако, они продолжают эксплуатироваться. Ресурс двигателя после ремонта по техническим условиям должен быть не ниже 80 % ресурса нового двигателя, однако в действительности составляет только 30–50 %. Затраты средств на техническое обслуживание и ремонт тракторов, автомобилей за весь срок службы в 3–6 раз превышают стоимость их изготовления. Средняя наработка на отказ трактора Т-150 в 2 раза, а срок службы в 2–3 раза меньше, чем у зарубежных аналогов. В данной ситуации возникает острая необходимость в повышении долговечности деталей при ремонте колесных тракторов.

**Анализ основных достижений и литературы.** Практика эксплуатации машин и оборудования подтверждает, что наиболее распространенной причиной их выхода из строя, в 80 случаях из 100, является не поломка, а износ и повреждение рабочих поверхностей [1–6]. Одной из основных причин преждевременного выхода из строя деталей двигателей после капитального ремонта является качество восстановленных деталей, которое определяется применяемой технологии ремонта и правильностью выбора способа восстановления и упрочнения изношенных поверхностей детали.

Известно, что на поддержание работоспособности тракторов за срок их службы затрачивается средств в 3 – 4 раза больше, чем на их изготовление. При этом 60–80% этих средств расходуется на устранение отказов и неисправностей. На ремонт тракторов задействовано в 4 раза больше производственных мощностей, чем на их изготовление. Легковой автомобиль, имеющий массу 1000 кг, становится непригодным для ремонта, если потеря его массы от износа составит 1 кг, а также подсчитано, что до списания трактора Т-130 на запасные части для ремонта и технического обслуживания нужно израсходовать столько же металла, сколько он весит сам –12000 кг [7].

В нормативах надежности, для оценки долговечности тракторов и их основных составных частей используется ресурс до первого капитального ремонта (ГОСТ 26817-86) с заданной гарантированной вероятностью безотказной работы. Данные о ресурсах некоторых моделей сельскохозяйственных тракторов, выпускаемых в СНГ, приведены в табл. 1 [8].

В идеале ресурс деталей должен быть равен ресурсу машины в целом. Но это условие на сегодняшний день не выполняется. Реальный же ресурс отремонтированной техники по сравнению сновой составляет не более 50% (хотя по ГОСТ 18524-85 должен быть не ниже 80%), скорость изнашивания деталей после ремонта возрастает в

1,6–2,0 раза [9]. Положение значительно усугубляется вследствие роста дефицита и стоимости запасных частей.

Таблица 1 – Нормативы долговечности тракторов и их основных составных частей

Класс и тип трактора	90 – процентный ресурс до первого капитального ремонта тыс. м. ч., не менее		
	трактор	двигатель	трансмиссия
Колесные			
0,6	10	10	10
0,9	10	10	10
1,4*	10/12	10/12	10/12
2,0	12	12	12
3,0; 5,0	10	10	10
Гусеничные			
2,0**	9/10	9/10	9/10
3,0; 4,0	10	10	10
* В числителе – для тракторов с двигателями мощностью более 55 кВт, в знаменателе с мощностью 55 кВт и менее.			
** В числителе с мощностью двигателя 51 кВт.			

В монографии [8] на основе анализа влияния ряда факторов: нагрузки, частоты вращения, степени загрязнения смазочной среды, конструктивных особенностей узлов, сопряжений на интенсивность изнашивания и динамику накопления усталостных повреждений, а также с учётом накопленного опыта повышения работоспособности деталей и узлов на Харьковском тракторном заводе была определена номенклатура деталей шасси колесных тракторов типа Т-150К, требующих повышения долговечности. Номенклатура содержит 36 деталей. Одной из числа наиболее ответственных деталей, определяющих ресурс трактора, являются валы привода переднего и заднего мостов, которые установлены в раздаточной коробке. В процессе эксплуатации происходит износ поверхности шейки вала под сальниками, что приводит к появлению течи масла.

В целом современное ремонтное предприятие по уровню организации и технического оснащению ещё не в полной мере отвечает требованиям, которые позволяют обеспечить требуемые показатели качества ремонта деталей двигателей. Показатель безотказности и ресурса капитально отремонтированных двигателей составляет 50–60% от соответствующих значений новых, хотя по ГОСТ 18523-79 должен быть не менее 80 % [10].

На основе вышеизложенного следует, что проблема повышения ресурса деталей шасси колесных тракторов во время их восстановительного ремонта является актуальной.

Одним из эффективных направлений решения данной проблемы – применение плазменного способа нанесения износостойких покрытий.

**Цель исследований, постановка задачи.** Разработка предложений по повышению ресурса восстановленного вала привода переднего и заднего мостов трактора типа Т-150К.

**Результаты исследований.** Сравнительную оценку износостойкости восстановленной поверхности плазменным напылением производили по средней скорости изнашивания восстановительного покрытия и стали 45, термообработанной до твердости HRC 50.

Для определения средней скорости изнашивания восстановительного покрытия были выполнены исследовательские работы по определению величины износа от наработки сопряжения. Сравнительные испытания по изнашиванию восстановительных плазменных покрытий проводили на машинетрения типа МИ по схеме диск-колодка в среде индустриального масла марки И-20 при следующих режимах: средняя окружная скорость скольжения 0,42 м/с, удельное давление на колодку при нормальном механохимическом процессе изнашивания составляло 8,0 МПа, площадь поверхности трения 1,8 см<sup>2</sup>. Диски и колодки изготавливали из стали 45, покрытие напылялось на диск, колодки подвергались термообработке (закалка и отпуск) до твердости HRC 50. Величину линейного износа оценивали по формуле

$$I = \frac{\Delta G}{\gamma \cdot F}, \quad (1)$$

где  $\Delta G$  – изменение массы образца при испытании, кг;

$\gamma$  – плотность изношенного материала, кг/м<sup>3</sup>;

$F$  – площадь контакта образцов, м<sup>2</sup>

Для исследования динамики изнашивания восстановительных покрытий выбраны наиболее применяемые износостойкие порошки марки ПГ-10Н-01 и ПГ-12Н-01 на основе никеля ТУ У 322-19-004-96, изготавливаемые ОАО «Горезтвердосплав».

Полученные экспериментальные кривые свидетельствуют о нелинейном характере динамики изнашивания, рис. 1.

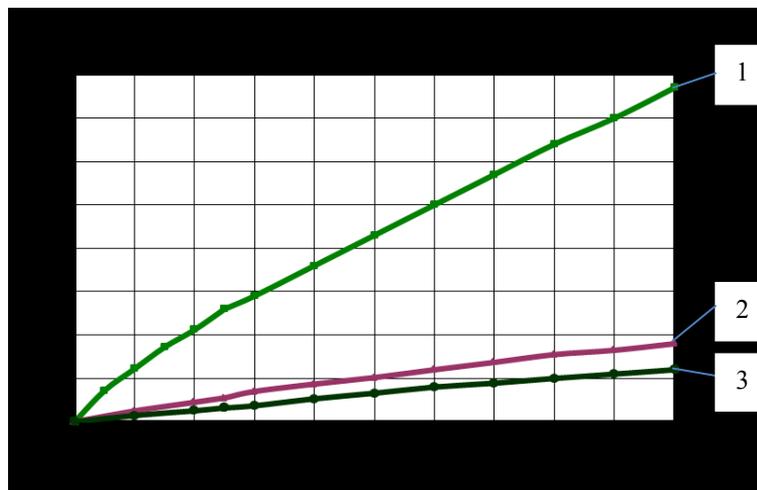


Рисунок 1 – Динамика изнашивания восстановительных покрытий в зависимости от наработки: 1 – сталь 45 HRC 52; 2 – покрытие ПГ-12Н-01; 3 – покрытие ПГ-10Н-01

Причем, как видно из характера полученных зависимостей, нелинейность в большей степени проявляется в начальный период испытаний и по мере нарастания наработки приближается к линейной зависимости по времени. Этот начальный период

составляет  $t \sim 2,5$  часа. За это время происходит приработка образцов и обеспечивается контакт по всей поверхности трения, после чего наступает процесс нормального механохимического изнашивания. Длительность испытаний 10 часов выбрана с учетом обеспечения получения достоверных и воспроизводимых результатов.

Как следует из рис. 1, кривые зависимостей динамики изнашивания от наработки для исследованных материалов покрытий имеют одинаковый характер, и наименьший износ у покрытия ПГ-10Н-01, который в 6,4 раза меньше чем у стали 45 HRC 50 в среде индустриального масла И-20. Поэтому для восстановления вала привода моста был выбран порошковый материал марки ПГ-10Н-01 системы Ni-Cr-B-Si.

В результате аппроксимации экспериментальных кривых (рис. 2) установлены зависимости величины износа ( $I$ ) поверхности цилиндрической детали от времени наработки ( $t$ ) (2) и (3):

$$I_1 = 6,85t + 8,77 \quad (2)$$

$$I_2 = 1,18t + 0,46 \quad (3)$$

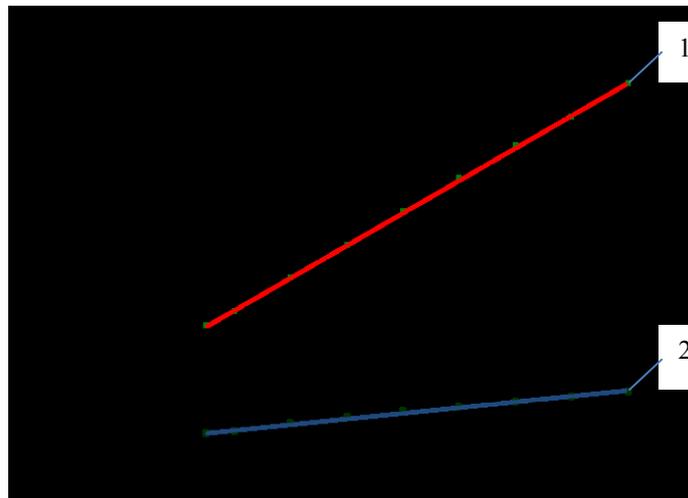


Рисунок 2 – Зависимость величины износа восстановительных покрытий от наработки: 1 – сталь 45 HRC 50; 2 – покрытие ПГ-10Н-01

Аппроксимацию проводили для интервала наработки  $0 \leq t \leq 2,5$  ч (посленачального периода испытаний – приработки), коэффициенты корреляции  $R_1 = R_2 = 0,99$ .

Увеличить ресурс при ремонте деталей возможно путем формирования восстановительных износостойких слоев на рабочих поверхностях деталей, у которых скорость изнашивания не превышает такую, при которой величина износа достигает предельного состояния при заданной наработке.

Для определения скоростей изнашивания ( $V$ ) необходимо продифференцировать уравнения (2) и (3) [11]. Таким образом, скорость изнашивания восстановительных покрытий в процессе нормального механохимического изнашивания составляет: ПГ-10Н-01 – 1,18 мкм/ч, а стали 45 HRC 50 – 6,85 мкм/ч., другими словами износостойкость восстановительного покрытия ПГ-10Н-01 в 5,8 раз выше, чем стали 45 HRC 50.

Эксплуатационные испытания опытного выходного вала привода переднего моста (рис. 3) в раздаточной коробке трактора Т-150К, отличающегося от серийного напылением шейки сплавом ПГ-10Н-01, проводились по маршруту Харьков-Мартовья,

включаю щому дороги различного характера: асфальт, булыжная, грунтова я.



Рисунок 3 – Вал привода переднего моста трактора Т-150К с покрытием шейки ПГ-10Н-01: а – после напыления; б – после шлифовки

Загрузка – балластный груз массой 3,5 т, установленный на задней полураме или грузенный прицеп ПТС-9 общей массой 8 т. Объем испытаний 2000 моточасов.

Проведенная в конце испытаний (наработка 2754 моточаса, 70266 км пробега) техническая экспертиза показала, что износ поверхности шейки вала, замеренный индикаторной головкой, составил 0,03–0,02 мм от контакта с пыльником и наружной манжетой соответственно, под второй манжетой износа нет, только следы натирания. Средний износ шейки серийного вала при наработке 2500–3500 моточасов достигает 0,172 мм, т.е. в 5,7–8,6 раз больше, чем у вала с напылением.

Таким образом, результаты эксплуатационных испытаний подтверждают результаты сравнительных испытаний по изнашиванию восстановительных плазменных покрытий, полученные на машине трения типа МИ.

**Выводы.** На основе исследований динамики изнашивания плазменных покрытий ПГ-10Н-01 установлена зависимость величины износа восстановительных покрытий от наработки.

Установлено, что динамики изнашивания от наработки для исследованных износостойких материалов покрытий ПГ-10Н-01 и ПГ-12Н-01 имеют одинаковый характер, наименьшая величина износа у покрытия ПГ-10Н-01, который в 6,4 раза меньше чем у стали 45 HRC 52 в среде индустриального масла И-20.

Результаты эксплуатационных испытаний подтверждают результаты сравнительных испытаний по изнашиванию на машине трения, поэтому с целью повышения ресурса восстановленного вала привода переднего и заднего мостов трактора типа Т-150К рекомендуется применять способ плазменного напыления порошкового материала ПГ-10Н-01 системы Ni-Cr-B-Si.

**Список литературы:** 1. Гаркунов Д. Н. Триботехника (конструирование, изготовление и эксплуатация машин): [учебник] / Гаркунов Д. Н. – М. : МСХА, 2002. – 632 с. 2. Лебедев С. Повышение безотказности тракторов в реальных условиях эксплуатации / С. Лебедев // Техніка і технології АПК. – К., 2011. – № 3.– С. 14-17. 3. Мигаль В.Д. Концепция, критерии оценки и программа работ по повышению надежности сельскохозяйственной техники / В.Д. Мигаль //Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1997. – № 4. – С. 26-29. 4. Ксеневич И.П. Обеспечение надежности сложных технических систем на стадии проектирования / И.П. Ксеневич // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2009. – № 1. – С. 36-42. 5. Кугель Р. В. Основные задачи проблемы надежности машин / Р. В. Кугель // Вестник машино-строения. – 1981. – № 11. – С. 49-55. 6. Асоян А. Р. Анализ физико-механических свойств металла коленчатых валов, восстановленных нанесением наплавленных металлопокрытий/ А. Р.

*Асоян и др.* // Автотранспортное предприятие. – 2012. – №4. – С. 45-48. **7.** Капитальный ремонт автомобилей / [под ред. *Р.Е. Есенберлина*]. – М. : Транспорт, 1989. – 335 с. **8.** *Кухтов В.Г.* Долговечность деталей шасси колёсных тракторов. – Харьков: ХНАДУ, 2004. – 292 с. **9.** Тракторы сельскохозяйственные. Сдача тракторов в капитальный ремонт и выпуск из капитального ремонта. Технические условия: ГОСТ 18524-85. – [Действующий с 1987-01-01]. – М.: Изд-во стандартов, 1993 – 15 с. **10.** Дизели тракторные и комбайновые. Сдача в капитальный ремонт и выпуск из капитального ремонта. Технические условия : ГОСТ 18523-79. – [Действующий с 1981-01-01]. – М. : Изд-во стандартов, 1991 – 16 с. **11.** *Лузан С.О.* Нормування швидкості зношування і методика визначення товщини відновлювального покриття деталей засобів транспорту / *С.О. Лузан* // Проблеми надійності машин та засобів механізації сільськогосподарського виробництва: Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка. – Харків: ХНТУСГ, 2013. – Вип. 139. – С. 51-57.

**Bibliography (transliterated):** **1.** *Garkunov D. N.* Tribotekhnika (konstruirovanie, izgotovlenie i jekspluatacijamashin): [uchebnik] / *Garkunov D. N.* – Moscow: MSHA, 2002. – 632 p. **2.** *Lebedev S.* Povyshenie bezotkaznosti traktorov v real'nyh uslovijah jekspluatscii / *S. Lebedev* . Tehnika i tehnologii APK. – Kiev, 2011. – No 3. – P. 14–17. **3.** *Migal' V.D.* Konceptija, kriterii ocenki i programma rabot po povysheniju nadezhnosti sel'skohozjajstvennoj tehniky / *V.D. Migal'* . Traktory i sel'sko-hozjajstvennyemashiny. – 1997. – No 4. – P. 26-29. **4.** *Ksenevich I.P.* Obespechenie nadezhnosti slozhnyh tehniceskikh sistem na stadii proektirovanija / *I.P. Ksenevich* . Traktory i sel'skohozjajstvennyye mashiny. – 2009. – No 1. – P. 36-42. **5.** *Kugel' R. V.* Osnovnye zadachi problemy nadezhnosti mashin / *R. V. Kugel'* . Vestnik mashino-stroenija. – 1981. – No 11. – P. 49-55. **6.** *Asojan A. R.* Analiz fiziko-mehaniceskikh svojstv metalla kolenchatyh valov, vosstanovlennyh naneseniem naplavochnyh metallopokrytij/ *A. R. Asojan i dr.* Avtotransportnoe predpriyatje. – 2012. – No4. – P. 45-48. **7.** Kapital'nyj remont avtomobilej / [podred. *R.E. Esenberlina*]. – Moscow: Transport, 1989. – 335 p. **8.** *Kuhtov V.G.* Dolgovechnost' detalej shassi koljosnyh traktorov. – Kharkov: KhNADU, 2004. – 292 p. **9.** Traktory sel'skohozjajstvennyye. Sdacha traktorov v kapital'nyj remont i vypusk iz kapital'nogo remonta. Tehniceskie uslovija : GOST 18524-85. – [Dejstvujushhij s 1987-01-01]. – Moscow: Izd-vo standartov, 1993 – 15 p. **10.** Dizeli traktornye i kombajnovye. Sdacha v kapital'nyj remont i vypusk iz kapital'nogo remonta. Tehniceskie uslovija : GOST 18523-79. – [Dejstvujushhij s 1981-01-01]. – Moscow: Izd-vo standartov, 1991 – 16 p. **11.** *Luzan S.O.* Normuvannja shvidkosti znoshuvannja i metodika viznachennja tovshhini vidnovljuval'nogo pokrittja detalej zasobiv transportu / *S.O. Luzan* . Problemi nadijnosti mashin ta zasobiv mehanizacii sil'skogospodars'kogo virobnictva: Visnik Harkivs'kogo nacional'nogo tehnicnogo universitetu sil'skogo gospodarstva im. Petra Vasilenka. – Kharkov: KhNTUSG, 2013. – Vip. 139. – P. 51-57.

*Поступила(received) 02.02.2015*