

УВЕЛИЧЕНИЕ РЕСУРСА КОЛЕСНЫХ ПАР ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИЗНОСОСТОЙКИХ ПРОФИЛЕЙ КОЛЕС

В данной статье рассматривается задача увеличения ресурса колесной пары за счет рационального использования металла при обточке ободьев колес по износостойким профилям. При наличии двух износостойких профилей ИТМ-73 и ИТМ-73-01 возникла актуальная задача анализа вариантов их применения в ремонтной практике, учитывая преимущества использования каждого из профилей. Цель данной работы заключается в сравнительной оценке вариантов переточки колес по указанным профилям с позиции увеличения ресурса колесных пар и в проведении исследования по выбору рациональных вариантов переточки ободьев в зависимости от видов неисправности колес и этапа их эксплуатации. Для решения поставленной задачи использовался графоаналитический метод, применение которого позволяет оценить экономию металла за счет использования износостойкого профиля ИТМ-73-01, а также определить рациональный вариант переточки колес по одному из износостойких профилей. В данной работе был получен ряд зависимостей возможного количества обточек колес от геометрических параметров обода изношенного железнодорожного колеса. Используя эти зависимости, можно определить рациональный вариант применения одного из износостойких профилей в зависимости от видов неисправности колес и этапа их эксплуатации. Обточка колес по предложенным вариантам позволяет увеличить количество возможных переточек колесной пары за счет рационального использования металла по толщине обода. Предполагается, что рациональное использование двух износостойких профилей колес ИТМ-73 и ИТМ-73-01 может способствовать увеличению ресурса колесных пар и принести существенный экономический эффект.

У даній статті розглянуто задачу збільшення ресурсу колісної пари за рахунок раціонального використання металу при обточуванні ободів коліс по зносостійким профілям. За наявності двох зносостійких профілів ІТМ-73 і ІТМ-73-01 виникла актуальна задача аналізу варіантів їх застосування в ремонтній практиці, враховуючи переваги використання кожного з профілів. Мета даної роботи полягає в порівняльній оцінці варіантів переточки коліс по вказаних профілях з позиції збільшення ресурсу колісних пар та в проведенні дослідження з вибору раціональних варіантів переточки ободів залежно від видів несправності коліс та етапу їх експлуатації. Для вирішення поставленої задачі використовувався графоаналітичний метод, застосування якого дозволяє оцінити економію металу за рахунок використання зносостійкого профілю ІТМ-73-01, а також визначити раціональний варіант переточки коліс по одному із зносостійких профілів. В даній роботі було отримано ряд залежностей можливої кількості обточок коліс від геометричних параметрів обода зношеного залізничного колеса. Використовуючи ці залежності, можна визначити раціональний варіант застосування одного із зносостійких профілів в залежності від видів несправності коліс і етапу їх експлуатації. Обточування коліс по запропонованих варіантах дозволяє збільшити кількість можливих переточок колісної пари за рахунок раціонального використання металу по товщині обода. Очікується, що раціональне використання двох зносостійких профілів коліс ІТМ-73 і ІТМ-73-01 може сприяти збільшенню ресурсу колісних пар і принести істотний економічний ефект.

The paper deals with the problem of improvements in life of the wheelset due to a rational use of metal for truing the wheel rims to wear-resistant profiles. In the presence of ИТМ-73 and ИТМ-73-01 wear-resistant profiles the pressing problem arose for analyzing their versions in repair considering their advantages. The research subject is to compare versions of wheel truing to mentioned profiles to improve life of wheelsets and to study selecting rational versions of rim truing as related to fault types of wheels and their operational stages. The graphical and analytical method was used to resolve the problem under consideration allowing the estimation of metal saving associated with the ИТМ-73-01 wear-resistant profile and the determination of a rational version of wheel truing to one of wear-resistant profiles. A number of dependencies of a possible number of wheel truing on geometrical parameters of the rim of a railway worn wheel have been derived in this paper. A rational version of one of wear-resistant profiles related to fault types of wheels and their operational stages can be established using these dependencies. Wheel truing based on the versions proposed results in the increased number of possible retruing the wheelset due to a rational use of metal according to the rim thickness. It is expected that a rational use of these two wear-resistant wheel profiles could be instrumental in improvements of the wheelset life and would result in substantial cost advantages.

Ключевые слова: ресурс колесной пары, обточка ободьев колес, износостойкий профиль колес.

Задача снижения износа колесных пар является одной из приоритетных, так как их износостойкость существенно влияет на технико-экономические показатели работы железнодорожного транспорта. С целью увеличения ресурса колесных пар на сети железных дорог Украины активно внедряется

износостойкий профиль ИТМ-73, применение которого в сочетании с комплексной модернизацией тележек и использование в вагонах нового поколения позволило значительно сократить интенсивность износа гребней железнодорожных колес [1].

В последние годы наблюдается тенденция роста доли колесных пар, причиной обточки которых являются дефекты поверхностей катания. При этом для восстановления профиля колеса необходимо снимать значительный слой металла по толщине обода, что приводит к уменьшению ресурса колесной пары. С целью дальнейшего увеличения срока эксплуатации вагонных колес Институтом технической механики Национальной академии наук Украины и Государственного космического агентства Украины (ИТМ НАНУ и ГКАУ) был предложен новый профиль ИТМ-73-01, который позволяет при обточках ободьев изношенных колес снимать меньший слой металла, что увеличивает число возможных обточек колес за весь период эксплуатации, а, следовательно, и ресурс колесных пар.

При наличии двух износостойких профилей ИТМ-73 и ИТМ-73-01 возникла актуальная задача анализа вариантов их применения в ремонтной практике, учитывая преимущества использования каждого из профилей. Целью данной работы является сравнительная оценка вариантов переточки колес по указанным износостойким профилям с позиции увеличения ресурса колесных пар и проведение исследования по выбору рациональных вариантов переточки ободьев в зависимости от видов неисправности колес и этапа их эксплуатации.

На сети железных дорог Украины используются колеса, толщина ободьев которых позволяет выполнять их многократные переточки для восстановления контролируемых размеров поверхности катания, благодаря чему общий срок эксплуатации колес равен сумме межремонтных пробегов после каждой обточки. Таким образом, полный ресурс колеса можно увеличить двумя путями: за счет снижения интенсивности износа, а также увеличив возможное число переточек ободьев колес при одинаковых межремонтных пробегах. Увеличить число переточек возможно за счет снижения так называемого технологического износа (слоя металла, который необходимо снять для восстановления геометрии профиля колеса). Поскольку оба профиля позволяют значительно сократить естественный износ гребней колесных пар, в сравнении со стандартным профилем, то при выборе рационального варианта переточки колес необходимо руководствоваться возможностью увеличения числа обточек.

Рассмотрим различные этапы эксплуатации железнодорожных колес для оценки целесообразности использования одного из двух износостойких профилей на каждом из них. При производстве новых колес изготовитель использует для обточки поверхности катания профиль по ГОСТ 9036-88 (толщина гребня 33 мм). Далее эти колеса поступают на вагоностроительные и ремонтные предприятия, где для комплексной модернизации тележек грузовых вагонов или при создании вагонов нового поколения колесные пары необходимо повторно обточить по износостойкому профилю. При этом использование профиля ИТМ-73-01 (толщина гребня 30 мм) приведет к нерациональному использованию металла по толщине гребня. Таким образом, при первой переточке колесных пар с неизношенного профиля по

ГОСТ 9036-88 на износостойкий, рационально использовать профиль ИТМ-73 (толщина гребня 32 мм).

Далее колеса будут эксплуатироваться до их переточки по различным дефектам или до планового ремонта вагона. В этом случае для выбора варианта переточки необходимо оценить возможное количество обточек при использовании каждого из новых профилей. Для количественной оценки снижения технологического износа при использовании профиля ИТМ-73-01 рассмотрим более подробно процесс переточки колес. На рис. 1 показана схема восстановленной поверхности катания колеса с изношенным гребнем после обточки обода.

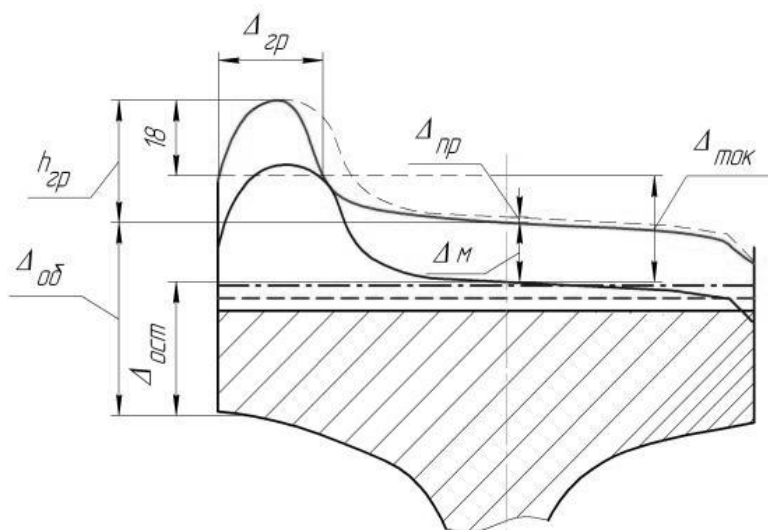


Рис. 1

Основными контролируемыми параметрами изнашиваемого колеса являются прокат ($\Delta_{пр}$), толщина гребня ($\Delta_{гр}$) и обода ($\Delta_{об}$). Для восстановления первоначальной толщины гребня необходимо снять слой металла, обозначенный на схеме Δ_m . Как видно из рис.1, при увеличении проката снижается толщина снимаемого слоя металла Δ_m , поэтому для более объективной оценки влияния геометрии износостойкого профиля на технологический износ, был введен дополнительный параметр $\Delta_{ток}$. Данный параметр равен расстоянию от точки измерения толщины гребня изношенного колеса до точки на круге катания восстановленного профиля колеса. Это позволяет не учитывать влияние проката изношенного колеса при оценке величин технологического износа.

Как известно из эксплуатационной практики, переточке могут подлежать колеса не только с предельным износом гребней, но и с толщинами гребней больше предельно допустимой, что обусловлено необходимостью устранения различных дефектов, а также нормами, регламентирующими минимально допустимые геометрические параметры ободьев колес при их выпуске из ремонта. Поэтому для оценки эффективности применения износостойких профилей рассмотрены варианты переточки изношенных колес с различной толщиной гребня.

Для этого использовались типовые очертания изношенных профилей,

полученные ранее путем измерения лазерным профилометром поверхностей катания колес вагонов из общей эксплуатации. Для каждого из трех профилей (ИТМ-73, ИТМ-73-01, ГОСТ 9036-88) определены параметры технологического износа $\Delta_{\text{ток}}$ при обточке изношенных колес с различными толщинами гребней и с учетом формы износа контактных поверхностей. Полученные данные представлены в виде зависимостей $\Delta_{\text{ток}}=f(\Delta_{\text{гр}})$ на рис. 2.

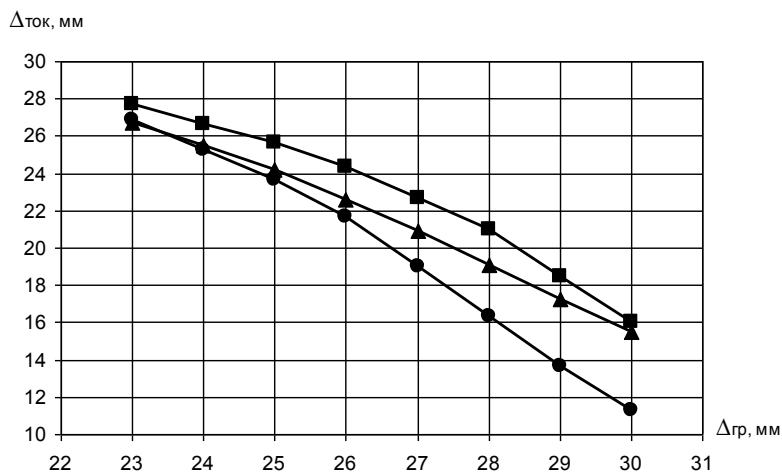


Рис. 2

Линия с круглыми маркерами соответствует значениям, полученным для износостойкого профиля ИТМ-73-01, с квадратными - ИТМ-73, а с треугольными - по ГОСТ 9036-88. Как видно из графика, использование износостойкого профиля ИТМ-73-01 позволяет минимизировать толщину снимаемого при обточках металла по сравнению с профилями ИТМ-73 и ГОСТ 9036-88. Также следует отметить, что с ростом толщины гребня обрабатываемого колеса увеличивается экономия металла.

Общие число обточек лимитируется минимально допустимой толщиной обода колеса при выпуске из ремонта (на рис. 1 показаны тремя горизонтальными линиями для различных видов ремонта). Для оценки возможности последней переточки колеса необходимо рассчитать толщину обода после обточки, которая должна быть больше или равна минимально допустимой. Для этого будем использовать простую формулу:

$$\Delta_{\text{ост}} = \Delta_{\text{об}} + \Delta_{\text{гр}} - \Delta_{\text{ток}} + 10 \geq \Delta_{\text{ост}}^{\text{min}}, \quad (1)$$

где $\Delta_{\text{ост}}$ - толщина обода после обточки, $\Delta_{\text{об}}$ - толщина обода изношенного колеса, $\Delta_{\text{ток}}$ - параметр технологического износа, $\Delta_{\text{гр}}$ - прокат изношенного колеса, $\Delta_{\text{ост}}^{\text{min}}$ - минимально допустимая при выпуске из ремонта толщина обода.

Толщину обода и величину проката можно объединить в один параметр ($\Delta_{\text{гр}+\text{об}}$), так как они взаимозависимы и их сумма является толщиной обода после предыдущей обточки. Это сократит число геометрических параметров, от которых зависит возможность переточки, и позволит построить двухмерные графики их зависимостей. Тогда минимально необходимая для обточки величина параметра $\Delta_{\text{гр}+\text{об}}$ будет равна:

$$\Delta_{гр+об} = \Delta_{об} + \Delta_{гр} = \Delta_{пояк} + \Delta_{ост}^{min} - 10 . \quad (2)$$

На рис. 3 приведены графики зависимости от толщины гребня параметров $\Delta_{гр+об}$ колеса, при которых возможно конкретное число переточек, и цифрами отмечены области, по которым можно определить количество возможных обточек в разной степени изношенных ободьев колес по одному из профилей (ИТМ-73 и ИТМ-73-01).

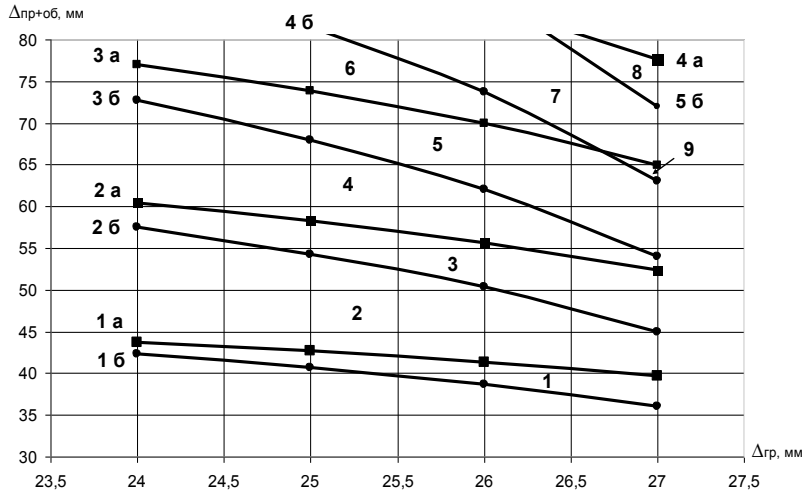


Рис. 3

Линии 1а - 4а соответствуют толщинам обода колеса, необходимым для обточек по профилю ИТМ-73, при этом количество возможных обточек соответствует номеру линии. Аналогично для профиля ИТМ-73-01 построены линии 1б - 5б. Пересечения указанных линий образуют области, пронумерованные от 1 до 9, по которым можно определить количество возможных обточек. В табл. 1 сведены обобщенные данные, полученные на основании анализа областей на рис. 3, по количеству возможных переточек колес по двум износостойким профилям при деповском ремонте колесных пар.

Таблица 1 – Возможное количество обточек изношенных колес по профилям ИТМ-73 и ИТМ-73-01 при деповских ремонтах

Область на графике	Количество возможных переточек								
	Одна		Две		Три		Четыре		Пять
	ИТМ-73	ИТМ-73-01	ИТМ-73	ИТМ-73-01	ИТМ-73	ИТМ-73-01	ИТМ-73	ИТМ-73-01	ИТМ-73-01
1	-	Да	-	-	-	-	-	-	-
2	Да	Да	-	-	-	-	-	-	-
3	Да	Да	-	Да	-	-	-	-	-
4	Да	Да	Да	Да	-	-	-	-	-
5	Да	Да	Да	Да	-	Да	-	-	-
6	Да	Да	Да	Да	Да	Да	-	-	-
7	Да	Да	Да	Да	Да	Да	-	Да	-
8	Да	Да	Да	Да	Да	Да	-	Да	Да
9	Да	Да	Да	Да	-	Да	-	Да	-

Как видим, в областях 2, 4, 6 параметров изношенных колес количество обточек по профилю ИТМ-73 и ИТМ-73-01 одинаково, во всех остальных областях применение профиля ИТМ-73-01 позволяет выполнять на 1 - 2 обточки больше.

Используя данные рис. 3 и табл. 1, можно определить рациональный вариант переточки при различных сочетаниях геометрических параметров ободьев колес. В случаях одинакового числа возможных обточек целесообразно использовать профиль ИТМ-73, так как он обладает большим ресурсом по толщине гребня.

Особым случаем в ремонтной практике, при котором наиболее актуально снижение технологического износа, является переточка колес с малой толщиной обода. При этом возможна ситуация, когда переточка колеса по профилю ИТМ-73 невозможна (область 1 на рис. 3) в силу того, что толщина обода после обточки ($\Delta_{ост}$ на рис. 1) будет меньше минимально допустимой. В таком случае применение профиля ИТМ-73-01 позволяет переточить и эксплуатировать колеса, которые должны были быть забракованы и отправлены на переплавку.

Отдельно следует рассмотреть случай обточки колес по поверхностным дефектам, который является довольно частым в ремонтной практике [2]. Согласно действующим в «Укрзалізнице» инструкциям по ремонту колесных пар, колеса, имеющие выщербины и ползуны глубиной более 1 мм, необходимо обтачивать [3]. Как показывает практика, большая часть таких колес имеет существенный запас ресурса по толщине гребня, а глубина дефектов не превышает 3 мм (рис. 4).

При переточке таких колес по стандартным профилям снимается слой металла, толщина которого значительно больше глубины дефектов на поверхности катания (рис. 4 а). При этом, если дефекты были только на одной колесной паре вагона, то после обточки этой колесной пары разница диаметров колес по тележке может превысить допустимое значение. Таким образом, устранение мелких дефектов с поверхности катания приводит к значительным материальным затратам. Предлагается для решения данной проблемы использовать профиль ИТМ-73-01. За счет своей формы данный профиль позволяет снимать при обточке гораздо меньше металла (рис. 4 б).

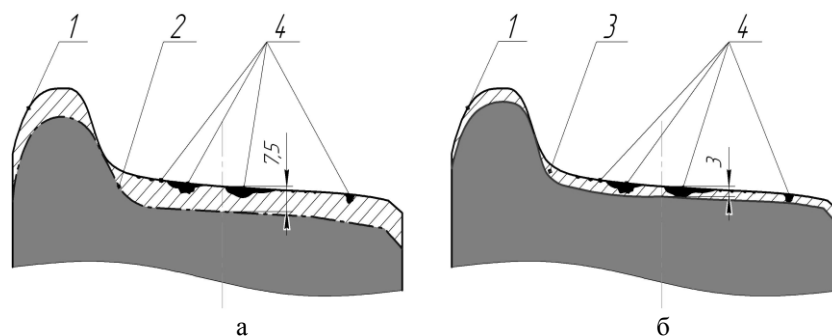


Рис. 4

Так, при глубине выщербин до 3 мм применение нового профиля позволяет уменьшить толщину слоя металла, снимаемого при обточке колеса в 2,5 раза, что способствует продлению срока эксплуатации колес.

Для оценки полного ресурса колесной пары при обточках по поверхностным дефектам рассмотрим идеализированный случай, при котором ко-

лесные пары попадают в ремонт с одинаковой толщиной гребня на протяжении всего срока их эксплуатации. На рис. 5 приведены зависимости количества возможных обточек от толщины гребня изношенного колеса для двух вариантов износостойких профилей (линия с круглыми маркерами соответствует значениям, полученным для износостойкого профиля ИТМ-73-01, с квадратными - ИТМ-73).

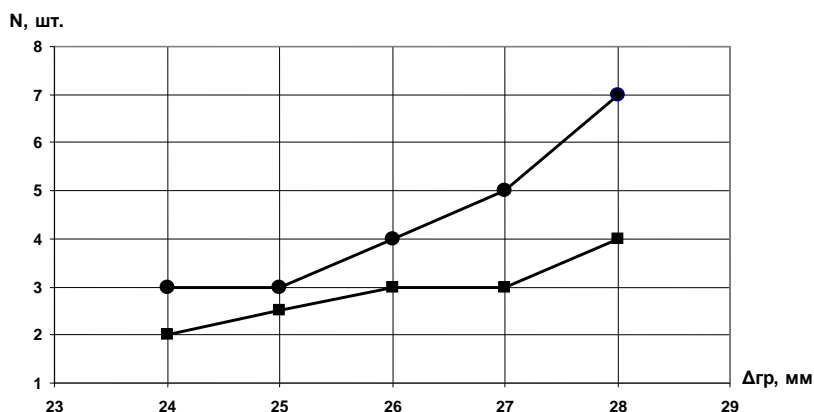


Рис. 5

Из графика видно что, применение профиля ИТМ-73-01 позволяет увеличить число возможных переточек по причине поверхностных дефектов. Это при равных межремонтных пробегах значительно увеличит ресурс колесной пары. При этом с увеличением толщины гребня изношенного колеса, что характерно для переточек по поверхностным дефектам, растет число дополнительно возможных переточек колеса.

Исходя из вышеизложенного, можно сделать следующие выводы. Дополнительным путем увеличения срока службы вагонных колес, помимо снижения их естественного износа, является увеличение возможного числа их переточек. Использование износостойких профилей ИТМ-73 и ИТМ-73-01 значительно сокращает интенсивность естественного износа, а при обточке по профилю ИТМ-73-01 также сокращается технологический износ. Наиболее рациональным является использование профиля ИТМ-73 при механической обработке новых колесных пар, а профиля ИТМ-73-01 - при их ремонте. Применение профиля ИТМ-73-01 при обточках колес по поверхностным дефектам позволяет снимать меньший слой металла, что существенно увеличивает ресурс колеса.

1. Ушкалов В. Ф. Модернизация тележек грузовых вагонов как вариант обновления ходовых частей грузового подвижного состава / В. Ф. Ушкалов, А. Д. Лашко, Т. Ф. Мокрый // Вестник ВНИИЖТ. – 2013. – № 5. – С. 8 – 14.
2. Контакт-усталостные повреждения колес грузовых вагонов / под ред. С. М. Захарова. – М. : Интекст, 2004. – 160 с.
3. Інструкція з огляду, обстеження, ремонту та формування вагонних колісних пар: ЦВ-ЦЛ-0062. – Затв. «Укрзалізниця» 01.04.05 р. – вид. офіц. – К. : ТОВ «НВП Поліграфсервіс», 2006. – 102 с.

Институт технической механики
Национальной академии наук Украины и
Государственного космического
агентства Украины,
Днепропетровск

Получено 17.12.14,
в окончательном варианте 10.03.15