

МИНИСТЕРСТВО ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ПЕТЕРБУРГСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ

КОНСТРУКЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ
ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ
КОЛЕС РЕЛЬСОВЫХ ЭКИПАЖЕЙ

Сборник научных трудов

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
1997

МИНИСТЕРСТВО
ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ПЕТЕРБУРГСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ

КОНСТРУКЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ
ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ
КОЛЕС РЕЛЬСОВЫХ ЭКИПАЖЕЙ

Сборник научных трудов

Санкт-Петербург
1997

В. П. ЕСАУЛОВ А. В. СЛАДКОВКИЙ Е. И. ШЕВЧЕНКО
(Государственная металлургическая академия
Украины)

ВОССТАНОВЛЕНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ КОЛЕС В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Восстановление геометрических параметров профиля рабочей поверхности колесной пары производится либо обточкой на колесоточных станках, либо фрезерованием фасонными фрезами без выкатки на станках типа КЖ-20. Учитывая это, процесс ремонтного восстановления рабочих профилей будем в дальнейшем называть обточкой колесных пар. Исследования ВНИИЖТ показали, что за весь срок экс-

плуатации колеса вагона нескоростного поезда в процессе обточек 36% рабочей толщины обода расходуется в стружку (если вести восстановление полного стандартного профиля рабочей поверхности колеса по ГОСТ 9036-88 с толщиной гребня 33 мм). При средней толщине обода 78 мм и минимально допустимой 30 мм в стружку расходуется более 17 мм рабочей части толщины обода, что обуславливает потерю около 0,5 млн. км пробега и более 50 кг высококачественного металла на каждом колесе. Таким образом, очевидна важность проблемы обеспечения эффективной реализации ресурса колеса и экономии колесной стали путем выбора оптимального профиля обточки и создания совершенной технологии восстановления работоспособности колес.

В Государственной металлургической академии Украины на протяжении нескольких десятилетий проводятся исследования, направленные на совершенствование контактного взаимодействия в паре колесо - рельс. В результате анализа вписывания колесных пар и экипажей в рельсовую колею, трения, проскальзывания и изнашивания контактирующих поверхностей колеса и рельса, динамики их взаимодействия, контактных напряжений и других факторов, а также их моделирования на ЭВМ разработан и внедрен в эксплуатацию ряд новых профилей рабочих поверхностей колес вагонов и локомотивов магистрального и промышленного транспорта [1]. В настоящее время МПС утвердило четыре комплексно-криволинейных профиля, которые называются ДМетИ ЛБ, ЛР, ВБ, ВР. Первые два предназначены для использования под локомотивами, последние - под вагонами. Все профили имеют высоту гребня 28 мм, повышенную конусность рабочей поверхности в пригребневой зоне. Их образующая описывается математическими формулами, а в эксплуатацию они задаются численно (в виде таблицы координат). Профили с индексами ВБ и ЛБ имеют толщину гребня 33 мм (на высоте 18 мм), а профили ВР и ЛР (называемые ремонтными) имеют толщины 30 мм.

Разработанные профили по сравнению со стандартными дают снижение интенсивности износа за межремонтный срок эксплуатации для различных видов подвижного состава от 10 до 50%. Эти данные получены на различных железных дорогах (Восточно-Сибирской, Дальневосточной, Приднепровской и др). На промышленном транспорте ГОКов эффективность использования новых профилей еще выше. Оценивая среднюю эффективность новых профилей по показателю интенсивности износа гребня, можно с достаточной достоверностью утверждать, что

она повышается на 30%. На столько же в среднем увеличивается и межремонтный срок службы колесных пар различных видов подвижного состава. Чтобы оценить эффективность разработки в технологическом плане при ремонтном восстановлении колесных пар, в плане увеличения ресурса колес в целом, а также в плане эффективности использования станочного парка и режущего инструмента, необходимо рассмотреть процесс обточки до предельной толщины обода колеса.

Все дефекты, при наличии которых колеса подвергаются обточке, разделим на две группы: дефекты, требующие снятия металла "под корку" (ползуны, навары), и дефекты, допускающие нивелировку поверхности катания с оставлением наклепанного слоя: предельные прокат и износ гребня (как односторонний, так и двухсторонний); вертикальный подрез гребня, седловидный прокат, наличие кольцевых выработок, остроконечный прокат, ложный гребень и наплыв на фаску).

Рассмотрим вначале случаи, когда обточка колеса осуществляется "под корку" со снятием с поверхности катания слоя металла толщиной 3-4 мм (ползуны, навары). Для того чтобы исследовать возможные варианты обточки при наличии ползунов и наваров, необходимо рассмотреть по крайней мере три случая колес:

- а) новое колесо со стандартным профилем;
- б) среднесетевое изношенное колесо с прокатом 2,5 мм;
- в) вагонное колесо, имеющее большой прокат порядка 5 мм (для локомотивов такой случай практически не осуществим).

Первый случай интереса для исследования не представляет, т.к. допускает любую из альтернативных обточек; выгоды, связанной со снижением технологического износа, достичь невозможно, однако и в данном случае следует рекомендовать обточку колес на профили ДМетИ ЛБ и ВБ, так как они эффективнее в эксплуатации.

Во втором случае считаем, что колесо с исходным профилем по ГОСТ 9036-88 (рис. 1 - профиль 1) в процессе эксплуатации приобрело конфигурацию среднесетевого профиля с величинами проката 2,5 мм и износа гребневой зоны 3,5 мм (на рис. 1 - профиль 2). Для устранения ползуна на данном колесе достаточно было бы снять 3,5 мм металла по кругу катания, однако стандартный профиль этого не позволяет. Для того чтобы получить требуемые по стандарту очертания гребня, необходимо для этого профиля углубиться на 5,3 мм, как показано на рис. 1 (профиль 4). Конфигурация профиля

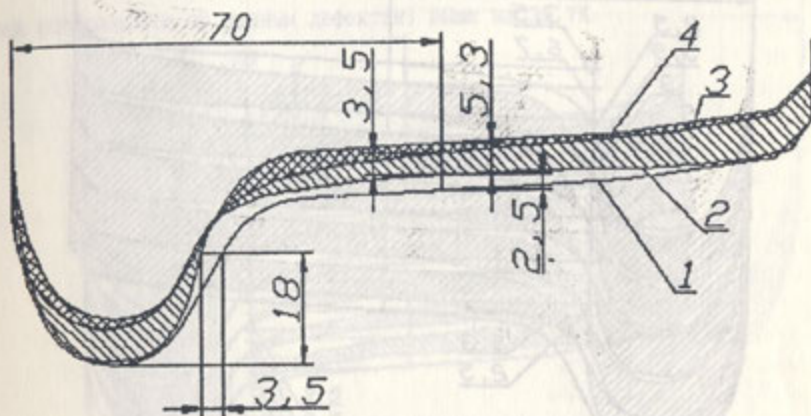


Рис. 1. Схема обточек колес со среднесетевым профилем, имеющих ползун (профили: 1, 4 - ГОСТ; 2 - изношенный; 3 - ДМети ВБ)

ДМети ВБ (профиль 3) значительно ближе к среднесетевой и позволяет снимать всего лишь 3,5 мм металла, что достаточно для восстановления колеса. Рис.1 получен при помощи ППП AutoCAD версии 13.0. Данный пакет позволил провести моделирование экономичной обточки колес на различные профили. В частности, определено, что при обточке одного колеса на профиль ДМети ВБ при наличии указанного дефекта необходимо снять в стружку 12,46 кг металла (на рис. 1 - заштрихованная область), а для обточки на стандартный профиль - как минимум 18 кг, т.е. экономия металла при одной обточке составляет 5,54 кг (область двойной штриховки). Таким образом, эффективность разработанного профиля повысилась на 30,7%.

Оценивая ресурс колеса по суммарному пробегу, необходимо определить, сколько переточек колесо допускает. Очевидно, что колесо каждый раз может обтачиваться по другому виду дефекта, но для экспертной оценки эффективности профиля предположим, что колесо каждый раз, когда поступает в переточку, обтачивается по приведенной на рис. 1 схеме. На рис. 2 приведена схема обточки колеса, имеющего ползун, на стандартный профиль. Вначале 2,5 мм металла по кругу катания было израсходовано в процессе эксплуатации, затем первая переточка (технологический износ 5,3 мм), затем снова

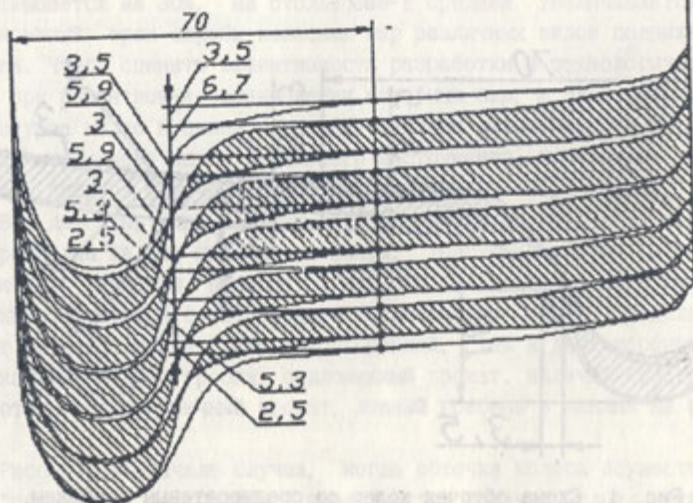


Рис. 2. Схема обточек колес с дефектом типа ползун или навар на стандартный профиль

эксплуатация (прокат 2,5 мм), затем переточка (5,3 мм), затем эксплуатация (но прокат уже 3 мм, так как твердость внутренних слоев обода колеса меньше [2]) и т.д. Учитывая приведенные ранее данные по толщине обода колеса, оно может выдержать только 5 обточек по вышеприведенной схеме, причем суммарная толщина обода, эффективно расходуемая в процессе эксплуатации на прокат, составляет 18 мм, а технологический износ составляет 29,1 мм. Оценим суммарный пробег колес по вышеприведенной схеме обточек. По данным Восточно-Сибирской железной дороги, средняя интенсивность проката для колес (со стандартным профилем) восьмиосных цистерн составляет 0,081 мм/10 тыс. км пробега. Таким образом, общий пробег цистерны со стандартным профилем при такой схеме обточек составит за весь срок эксплуатации 2222 тыс. км.

На рис. 3 представлена аналогичная схема восстановления колес на профиль ДМетИ ВБ. Как видно из чертежа, данная схема допускает 7 переточек, при этом суммарный прокат составляет 22,5 мм, а технологический износ - 25,5 мм. Если учесть, что интенсивность проката составляет для профиля ДМетИ 0,073/10 тыс. км, то ресурс колес по пробегу равен 3082 тыс. км. Таким образом, эффективность профиля ДМетИ (при обточках колес со среднесетевым профилем рабо-

чей поверхности по данным дефектам) выше на 38,7%.

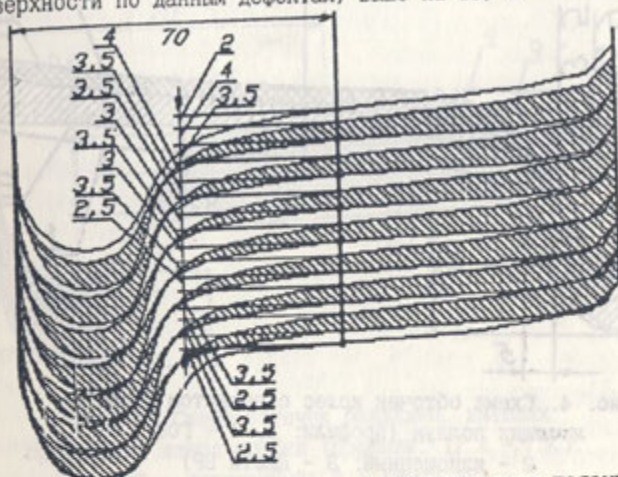


Рис. 3. Схема обточек колес с дефектом типа ползун на профиль ДМетИ ВБ

Рассмотрим третий случай, когда вагонное колесо имеет существенный прокат 5 мм и дефект того же типа. При этом износ гребня составляет как минимум 5 мм. В данном случае, как и во всех случаях относительно тонкого (менее 28 мм) гребня, следует рекомендовать обточку на один из ремонтных профилей ДМетИ. На рис. 4 изображена схема обточки такого колеса на профили ГОСТ или ДМетИ ВР. Профиль ДМетИ ВР позволяет проводить экономичную обточку, снимая 3,5 мм по кругу катания. Количество металла, отправляемого в стружку, равно при этом 15,52 кг. Для восстановления рабочей поверхности колеса на стандартный профиль необходимо снять как минимум 6,9 мм по кругу катания, что соответствует 24,83 кг металла. Приведенные данные показывают, что экономичность профиля ДМетИ ВР при данной обточке выше традиционного на 37,5%.

Проведенные исследования переточек колес по данной схеме показывают, что при обточках на профиль ДМетИ ВР допускается 5 переточек, при этом эффективно используются 30 мм толщины обода колеса и только 17,5 мм уходит в стружку. Это соответствует допустимому пробегу, равному 4110 тыс. км. Для стандартного профиля возможны только 4 переточки, 20,4 мм толщины используются эффек-

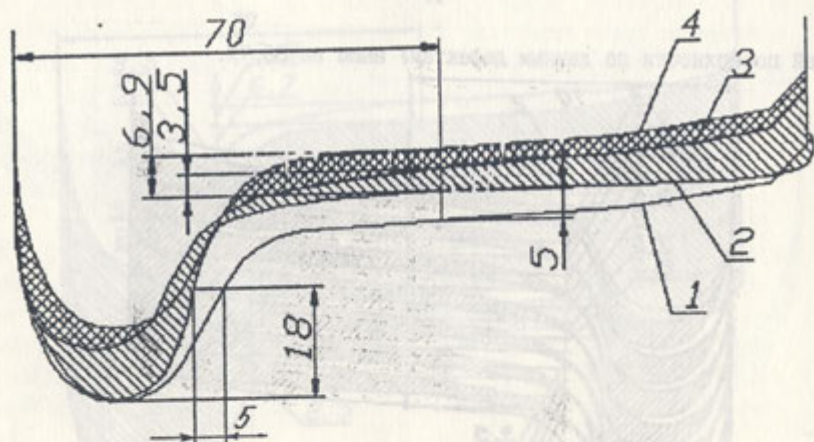


Рис. 4. Схема обточек колес с прокатом 5 мм. имеюших ползун (профили: 1. 4 - ГОСТ; 2 - изношенный; 3 - ДМетИ ВР)

тивно, а 27,7 мм - технологический износ; возможный пробег колеса - 2519 тыс.км. Таким образом эффективность разработанного профиля по наиболее существенному параметру выше на 63,1%.

Если принять во внимание, что на сети дорог обращается около 10% новых колес, колес со среднесетевым износом - около 60%, а колес с прокатом 5 мм - 30%, то внедрение обточки колес на профили ДМетИ позволит повысить эффективность использования колес при наличии дефектов типа ползун или навар на 41,4%. Соответственно уменьшится расход металла, уходящего в стружку. Отметим, что несмотря на то, что с изъятием тормозных колодок выход из строя вагонных колес по дефекту "ползуны и навары" значительно снизился (с 50 до 5%), внедрение предлагаемых разработок целесообразно во всех депо.

Используя приведенную выше методику моделирования обточек колес в процессе эксплуатации, рассмотрим наиболее распространенный дефект колес - тонкий гребень. На НТС "Укрзализныця" 22.12.95 г. приведены данные, что на Украине более 47% колес поступают в переточку вследствие изнашивания гребней. Особенно подвержены данному дефекту колеса локомотивов (из-за эксплуатации в тяговом режиме). На рис. 5 показано локомотивное колесо, которое было обто-

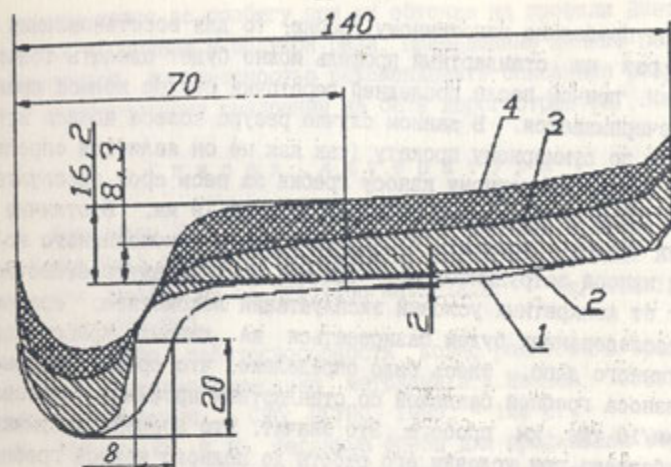


Рис. 5. Схема обточек бандажей, имеющих предельный износ гребня (профили: 1, 4 - ГОСТ; 2 - изношенный; 3 - ДМетИ ЛР)

чено на полный гребень 33 мм по ГОСТ 11018-87 (профиль 1) и поступило в переточку с толщиной гребня 25 мм (профиль 2); таким образом, эффективно использовано 8 мм толщины гребня. Обратим внимание, что для локомотивных колес характерна при этом малая величина проката (2 мм). Для восстановления колеса на стандартный профиль (на рис. 5 - профиль 4) необходимо снять по кругу катания как минимум 16,2 мм металла. Отметим: по мнению ряда авторов, на 1 мм восстанавливаемой толщины гребня необходимо снять по кругу катания в среднем 2,5 мм толщины бандажа. В свете проведенного нами графического моделирования эти данные соответствуют реальности. Таким образом, для восстановления колеса на стандартный профиль необходимо снять в стружку 64,4 кг металла бандажа. Восстановление рабочей поверхности на ремонтный профиль ДМетИ ЛР позволяет существенно экономить металл. Для обточки на данный профиль необходимо снять только 8,3 мм металла (на рис. 5 - профиль 3), что соответствует 35 кг. Таким образом, экономичность профиля ДМетИ ЛР при восстановлении предельно изношенной по гребню рабочей поверхности бандажа выше традиционного профиля на 45,7%.

Если в соответствии с приведенной выше методикой предположить, что в процессе эксплуатации бандаж каждый раз будет обтачи-

ваться по предельно изношенному гребню, то для восстановления его каждый раз на стандартный профиль можно будет сделать только 3 переточки, причем после последней переточки ресурс колеса практически исчерпывается. В данном случае ресурс колеса должен исчисляться не по суммарному прокату (так как не он является определяющим), а по суммарному износу гребня за весь срок эксплуатации бандажа. Для стандартного профиля он равен 19 мм. В отличие от вагонных колес говорить о среднем пробеге локомотивного колеса на 1 мм износа затруднительно, так как этот параметр существенно зависит от конкретных условий эксплуатации локомотива; поэтому в наших исследованиях будем базироваться на данных Криворожского локомотивного депо. Здесь было определено, что средняя интенсивность износа гребней бандажей со стандартным профилем составляет 1,065 мм/10 тыс. км пробега. Это значит, что возможный суммарный пробег бандажа при условии его работы до полного износа гребня и переточки на стандартный профиль составляет 178 тыс. км.

При обточке бандажей на профиль ДМетИ ЛР допускается 5 переточек, при этом эффективно используется 28 мм суммарной толщины гребня. При интенсивности износа бандажей с профилем ДМетИ 0,725 мм/10 тыс. км пробега возможный суммарный пробег локомотивного колеса с профилем ДМетИ составляет 386 тыс. км. Таким образом, применение профиля ДМетИ ЛР в условиях Приднепровской железной дороги позволяет увеличить суммарный пробег бандажей локомотивного колеса в 2,17 раза. В связи с этим в настоящее время весь парк локомотивов дороги переведен на профиль ДМетИ. В связи с тем, что в России на НМЗ (г. Невьянск) освоен выпуск локомотивных фрез с профилями ДМетИ, в настоящее время на железных дорогах России и Украины широко внедряются указанные разработки [3].

В заключение отметим, что вышеприведенная методика графического моделирования переточек колеса при ремонтном восстановлении профиля рабочей поверхности применялась для различных дефектов колес вагонов и локомотивов. Определено, что использование профилей ДМетИ в эксплуатационных условиях различных депо позволяет при каждой обточке экономить от 25 до 50% металла колеса. Методами математической статистики были "взвешены" преимущества профилей ДМетИ по частотным показателям образования тех или иных дефектов в выборке; учтена эффективность использования профиля ДМетИ при обточке по каждому типу дефектов. В результате определено,

что ресурс колес по пробегу при их обточке на профили ДМети увеличивается в среднем в полтора раза. Приведенные данные позволяют с достаточной достоверностью рекомендовать описанные разработки ДМети к повсеместному внедрению на сети дорог стран СНГ.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

1. Essaoolov V.P., Sladkovsky A.V. Contact Interaction and Wear of the Rail Couple//Proceeding of the International Symposium on the Tribology of Friction Materials. - Yaroslavl, 1991. V. 2. - P. 288-293.

2. Повышение работоспособности колес рельсового транспорта при ремонте технологическими методами/И.А.Иванов, С.В.Урушев, М.Ситаж, А.М.Будюкин. - СПб: ПГУПС, 1995. - 124 с.

3. Есаулов В. и др. Фасонные фрезы для профильной обработки локомотивных колес/В.Есаулов, А.Сладковский, Н.Шмурыгин //Машиностроение Украины. - 1995. - N 2. - С. 46-47.

СОДЕРЖАНИЕ

Иванов И.А. Конструктивно-технологическое обеспечение надежности колес рельсовых экипажей.....	3
Узлов И.Г., Подольский С.Е., Перков О.Н. Материаловедческие аспекты проблемы ресурса железнодорожных колес.....	9
Никольская Э.Н., Грек В.И. Конструкторско-технологические мероприятия, повышающие надежность и срок службы серийных колесных пар тягового подвижного состава.....	16
Таран Ю.Н., Губенко С.Н., Староселецкий М.И. Анализ структурных факторов, определяющих уровень прочности колесной стали.....	23
Яковлев В.Ф. Измерение деформаций в зоне контакта колеса и рельса в условиях динамических нагрузок.....	28
Есаулов В.П., Сладковский А.В., Шевченко Е.Н. Восстановление работоспособности железнодорожных колес в процессе эксплуатации.....	36
Киселев С.Н., Киселев А.С., Кузьмина Г.Д., Калашников Е.А., Перегудин П.Б. Теоретические и экспериментальные исследования технологии двухдуговой автоматической наплавки под слоем флюса изношенных гребней цельнокатаных вагонных колес.....	45
Иванов И.А., Продан Н.С., Богданов А.Ф., Урушев С.В., Будюкин А.М., Зальцман С.Г., Жуков Д.А. Технология повышения износостойкости гребней и восстановления профиля поверхности катания железнодорожных колес.....	54
Школьников Л.М., Шур Е.А., Дусевич В.М., Марков Д.П., Иванов И.А., Урушев С.В., Зальцман С.Г., Будюкин А.М. Исследование металла гребней и обода локомотивных колес после термообработки при ремонте.....	58
Богданов А.Ф., Иванов И.А. Прогрессивная технология восстановления профиля катания колесных пар на поточной линии.....	63
Ситаж М. Исследование деформаций цельнокатаных колес различных конструкций.....	73