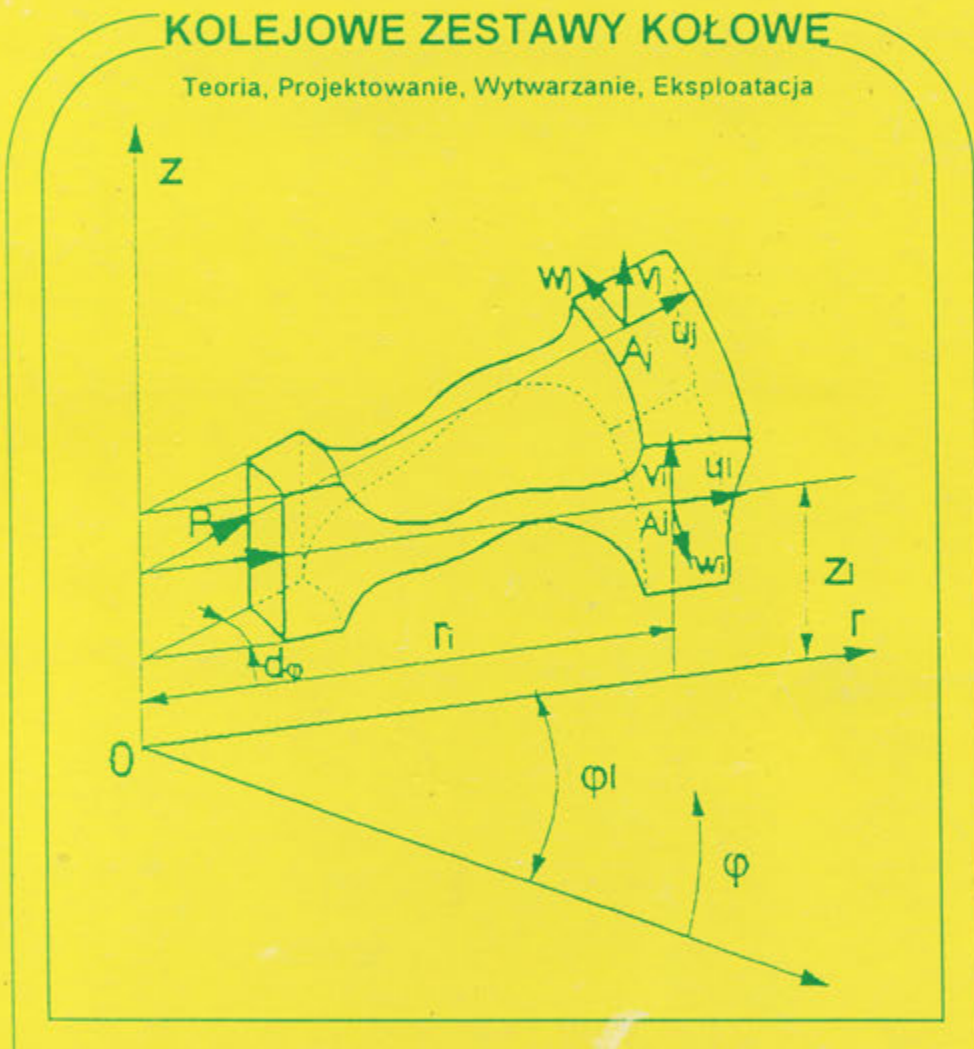


150 LAT POLSKICH KOLEI PAŃSTWOWYCH  
100 LAT ZNTK W GLIWICACH  
50 LAT POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ

MIĘDZYNARODOWE SEMINARIUM NAUKOWE

KOLEJOWE ZESTAWY KOŁOWE

Teoria, Projektowanie, Wytwarzanie, Eksploatacja



INSTYTUT TRANSPORTU POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ  
KATOWICE - USTROŃ 18 - 20 WRZEŚNIA 1995 R.

**150 LAT POLSKICH KOLEI PAŃSTWOWYCH  
100 LAT ZNTK W GLIWICACH  
50 LAT POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ**

**Międzynarodowe Seminarium Naukowe**

# **KOLEJOWE ZESTAWY KOŁOWE**

**Teoria, Projektowanie, Wytwarzanie, Eksploatacja**

**Katowice - Ustroń 18 - 20 września 1995 r.**

**Instytut Transportu  
Politechniki Śląskiej  
w Katowicach**

ТАРАН Ю.Н.  
ЕСАУЛОВ В.П.  
ГУБЕНКО С.И.  
СЛАДКОВСКИЙ А.В.  
КОЗЛОВСКИЙ А.И.

## К ВОПРОСУ ОБ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОФИЛЯ ПОВЕРХНОСТИ КАТАНИЯ КОЛЕСА И РЕЛЬСА, В ТОМ ЧИСЛЕ ПРЕДНАЗНАЧЕННЫХ ДЛЯ ВЫСОКОСКОРОСТНОГО ДВИЖЕНИЯ

В течение многих десятилетий в железнодорожной практике идет процесс поиска наиболее совершенных профилей катания железнодорожных колес и рельсов, которые бы обеспечивали: устойчивость и безопасность движения, минимальный износ как самих элементов пары, так и узлов и конструкций связанных с ними экипажей и верхнего строения пути, надежность и долговечность в эксплуатации, ремонтпригодность и сохраняемость и т.д. Мы оборвали перечисление параметров, влияющих на выбор, в связи с невозможностью их полного перечисления. Отметим, что только основных параметров, по мнению различных авторов, не менее двух десятков. Т.е. налицо многопараметрическая задача оптимизации в вероятностной постановке, которая даже при современной технической обеспеченности средствами моделирования и вычислений может быть решена только качественно. Решение поставленной задачи, полученное у нас и за рубежом, позволяет утверждать следующее: исследуемые профили должны быть криволинейными и, по возможности, в активной зоне представлять собой радиусные кривые, а коничность этих линий в пригребневой зоне должна быть в среднем около  $1/10$ . При этом она должна уменьшаться к центру мгновенного качения тем быстрее, чем больше скорости движения допускаются на исследуемом полигоне.

При построении конкретных профилей поверхностей катания железнодорожных колес, оптимальных по условиям износостойкости всей активной зоны контакта колеса с рельсом, выделим два критерия:

- линия нового профиля, по крайней мере, от выкружки до мгновенного центра катания должна достаточно хорошо (по любому из известных критериев) аппроксимировать профиль среднесетевого изношенного железнодорожного колеса (см. табл. 1):

- образующая гребня должна иметь такую форму, чтобы угол наклона гребня в любой точке касания между гребнем колеса и рельсом обеспечивал безопасность движения по сходу колеса, а также препятствовал возникновению больших динамических боковых усилий, воздействующих на гребень, при которых возможно возникновение пластических деформаций как в гребневой зоне колеса, так и в головке рельса.

Таблица 1

Процент колес с прокатом в мм на сети дорог стран СНГ

М	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	1	1	1	1	1	1	1	2	1	0
	4	8	8	5	4	0	0	3	0	1
	2	2	4	6	1	0	0	7	5	1
	1	2	3	1	1					

Одним из профилей, построенных на базе приведенных выше соображений, является профиль, у которого образующая поверхности катания от выкружки до фаски описывается степенной функцией  $y = ax^b$ , где  $a$  и  $b$  - некоторые константы, а выкружка гребня является частью параболы вида

$$y = a_1 x^2 + a_2 x + a_3$$

Результаты сравнительных испытаний этого профиля со стандартным проведенные более 10 лет тому назад на участке Кривой-Рог - Баньска-Быстрица показали почти двукратное преимущество колес с новым профилем по износостойкости гребней, при этом выкатка колесных пар с новым профилем по дефекту, классифицируемому как остроконечный накат, вообще ни разу не производилась.

Преимущества предлагаемого профиля были достаточно очевидны и проверены в эксплуатации. Возвращающие усилия, обусловленные возросшими поперечными реакциями рельсов, позволили даже при значительном прокате колес центрировать колесную пару, т.е. возвращать ее к среднему положению в колее. При этом ее движение в плане приблизилось к синусоидальному. Основным видом вписывания в кривые у экипажей с колесными парами, которые имели описанные выше профили поверхностей катания, стало свободное вписывание.

Дальнейшее совершенствование конструкции криволинейных профилей катания колесных пар привело к необходимости замены параболической формы образующей гребня более сложной кривой третьего порядка, составленной из двух кубических сплайнов. Таким образом, наиболее совершенным криволинейным профилем поверхности катания авторы считают так называемый "комплексно - криволинейный" профиль, у которого активная зона гребня и выкружка описаны двумя кубическими сплайнами, внутренняя пригребневая зона поверхности катания вплоть до мгновенного центра катания описана степенной функцией, а внешняя часть образующей поверхности катания вплоть до фаски может быть составлена из различных гладких кривых (в т.ч. отрезков прямых) в зависимости от назначения. При этом допускается и обратная выпуклость как всей внешней части образующей, так и некоторой ее части.

Один из конкретных видов криволинейного профиля был проверен авторами в эксплуатационных испытаниях под восьмиосными цистернами на Восточно - Сибирской железной дороге (ВСЖД) в 1989 - 92 гг. Суммарный пробег до переточки по тонкому гребню (менее 25 мм) стандартных колесных пар составлял в эти годы примерно 215 тыс. км, а колесные пары с

комплексно - криволинейным профилем проходили 340 тыс. км. При этом важно и то, что повышение суммарного пробега колесных пар обеспечило их попадание для обточки в период деповского ремонта цистерн, что существенно снизило внеплановые отцепки и простои цистерн.

Отметим, что проблема износа гребней и боковой поверхности головок рельсов все-таки остается достаточно актуальной, даже после применения комплексно - криволинейного профиля поверхности катания колеса. Поэтому авторы продолжили совершенствование профилей катания вагонных и локомотивных колес, которые получают в результате ремонтных обточек колесных пар в деповских условиях. В результате эксплуатационных испытаний замечено, что при любом начальном профиле закономерности износа гребней имеют неравномерный характер. В начальный период эксплуатации при полном гребне (33 мм) интенсивность его износа повышена. По результатам испытаний на ВСЖД для стандартных колес она составила 0,56 мм/10 тыс. км пробега, а для колес с комплексно - криволинейным профилем - 0,3 мм/10 тыс. км. При достижении гребнем толщины примерно 30 мм (при любом начальном профиле) происходит снижение интенсивности износа гребней. Так для колес со стандартным профилем она составила 0,3 мм/10 тыс. км, а для колес с комплексно - криволинейным профилем - 0,2 мм/10 тыс. км. Это объяснялось необходимостью приработки рабочих поверхностей колесных пар. При дальнейшей их эксплуатации интенсивность износа существенно не меняется вплоть до предельных толщин (25 мм), однако при дальнейшей эксплуатации, что обычно имеет место в условиях промышленного транспорта, интенсивность износа снова возрастает. На основе приведенных наблюдений была разработана новая группа профилей для магистрального и промышленного транспорта, у которой преимущества комплексно-криволинейного профиля были дополнены оптимальной формой гребня с толщиной 30 мм. При этом длительность эксплуатации до ремонтной обточки имеет практически ту же величину, что и при эксплуатации комплексно - криволинейного профиля. При этом ремонтный профиль более эффективен в эксплуатации, с его помощью снижается технологический износ, которым некоторые авторы называют то дополнительное количество металла, которые необходимо отправить в стружку при ремонтном восстановлении рабочих поверхностей колес.

Основной посылкой конструирования профиля головки рельса, как и в случае профиля поверхности катания колес является вероятно - статистический подход. Был проведен анализ работы рельсов Р65 различной конструкции по данным Приднепровской железной дороги при их работе в прямых и кривых участках пути. Существенную роль играет также исследование напряженного состояния приконтактной области головки рельса. Проводился анализ взаимодействия стандартных рельсов новых или изношенных, а также разрабатываемых конструкций, при их взаимодействии с колесными парами, имеющими различные профили рабочих поверхностей катания. Учитывались реальные возвышения наружных рельсов в кривых, величины подуклонки, уширения колен и др. параметры контактного взаимодействия колеса и рельса.

При разработке новой конструкции рельса использовались следующие соображения:

- профиль поверхности рельса должен соответствовать профилю поверхности катания среднесетевого изношенного колеса;

- изменения в очертании коробовой кривой, являющейся образующей поперечного профиля головки рельса, должны быть минимальны.

В результате проведенных исследований разработан ряд новых профилей головки рельсов, которые были использованы при изготовлении рельсов новой конструкции Р65А на комбинате "Азовсталь", а также для проведения ремонтной обработки поверхности рельсов при помощи строгания на станке Н42. Предварительные результаты эксплуатационных исследований позволяют утверждать, что использования рельсов новой конструкции способствует снижению интенсивности износа головок рельсов, а также снижает вероятность раскантовки рельсовых нитей.

Металлографические исследования стали одним из важных этапов работы, направленной на дальнейшее совершенствование цельнокатаных железнодорожных колес. Исследованы колеса, проработавшие 5 лет под пассажирским составом. Колесо 1 имело стандартный, а колесо 2 - криволинейный профиль поверхности катания. Микроструктура обоих колес вблизи поверхности катания характеризуется наличием зоны деформированных зерен и участков "белого слоя". Появление зоны деформированных зерен связано со смятием металла под воздействием давления в зоне контакта с рельсом. Пластические сдвиги в тонком поверхностном слое происходили в условиях относительно высоких давлений и циклически изменяющейся температуры. Характер микроструктуры свидетельствует о неоднородном протекании пластической деформации по сечению обода. Глубина зоны деформированных зерен по ширине обода неодинакова. Наиболее глубоко пластические деформации распространяются в местах выкружки гребня и в зоне наплыва на фаску. Степень вытянутости зерен, а также параметры тонкой структуры стали позволяют судить о степени деформации стали в поверхностном слое обода.

Сравнительный анализ микроструктуры колес с криволинейным и стандартным профилем катания показал, что качественный характер структурных изменений для них одинаков и заключается в образовании зон пластической деформации и "белого слоя". Однако, параметры этих зон различны. Несмотря на кажущееся сходство характера зон пластических сдвигов, максимально выраженных в местах выкружки и наплыва, ясно, что для колеса с криволинейной поверхностью катания уровень пластической деформации на 10 - 20% ниже и глубина зоны, в которой она развивается, в 1,6 раза меньше по сравнению со стандартным колесом. Пластические сдвиги в колесе 2 развивались в более мягком режиме, о чем свидетельствуют параметры тонкой структуры, что связано с меньшими величинами контактных напряжений и соответствием профиля поверхности катания характеру износа колес при их эксплуатации. Наплыв у колеса 2 отсутствует.

Таким образом, результаты металлографических исследований колесной стали подтвердили вывод о несовершенстве стандартного профиля поверхности катания, способствующего неоднородному развитию пластических сдвигов в поверхностном слое и, как следствие, повышенному износу колес. Применение колес с комплексно - криволинейным профилем приводит к уменьшению износа их гребней, что увеличивает межремонтный срок и повышает их долговечность. Применение колес с данным профилем способствует снижению интенсивности износа рельсов.

В заключение отметим, что проведенные исследования могут быть использованы для проектирования новых профилей колес и рельсов, предназначенных для высокоскоростного движения.