

ВЛИЯНИЕ ВЕЛИЧИНЫ КОНУСНОСТИ ПОВЕРХНОСТИ КАТАНИЯ КОЛЕС НА УСТОЙЧИВОСТЬ ДВИЖЕНИЯ В ПРЯМЫХ УЧАСТКАХ ПУТИ

Сарсембаева Т.Е¹., Канаев А.Т¹., Тополянский П.А².

¹Казахский агротехнический университет им. С.Сейфуллина, Астана, Казахстан

²Санкт-Петербургский политехнический университет им. Петра Великого, Санкт-Петербург, Россия

Аннотация

На основе анализа теоретических и экспериментальных исследований показана необходимость перехода на обточку локомотивных колес с конусностью $2i_0 = 0,2$ и на уширение колеи, начиная с кривых радиуса 650 м и менее. Это приведет к значительному уменьшению износа гребней поверхности катания колес и рельсов в кривых участках пути.

Отмечено, что требования, предъявляемые к профилю поверхности катания колес колесных пар и уширению колеи в кривых участках пути, являются необходимыми, но недостаточными для обеспечения движения колесных пар в кривых без скольжения колес по рельсам и без набегания гребнем внешнего колеса на рельс.

Показано, что при разработке гребневого контакта необходимо учитывать, чтобы радиусы рабочей грани рельса следовали профилю гребня колеса и плавно переходили в профиль поверхности катания головки рельса, избегая возникновения двухточечного контакта между колесом и рельсом.

Ключевые слова: колесо, гребень, рельс, смазка, конусность, гребневый контакт, колея, профиль, устойчивость.

Введение

В решении комплекса проблем по повышению надежности и долговечности работы железнодорожного тягового подвижного состава и увеличению сроков его службы важное место занимает вопросы повышения износостойкости наиболее нагруженных деталей и узлов локомотивов и вагонов.

Одним из основных узлов ходовой части локомотивов и вагонов являются колеса, которые непосредственно взаимодействуют с путем. Под воздействием неровностей верхнего строения пути колесная пара совершает сложные пространственные перемещения, а в кривых участках пути колесо проскальзывает по рельсу и

возникают значительные поперечные силы между гребнем колеса и рабочей гранью наружного рельса. Это приводит к повышенному боковому износу рельсов и гребней колес, нарушению геометрии, соответственно сокращению сроков службы и увеличению расходов на эксплуатацию. В этой связи проблема повышения надежности работы пары колесо-рельс является крайне актуальной на железнодорожном транспорте.

В настоящей статье на основе анализа предложений по значительному уменьшению износа гребней колес и рельсов в кривых участках пути рассмотрено влияние величины конусности поверхности катания колес на устойчивость движения в прямых участках пути.

Методика исследований

Для теоретического обоснования отрицательного влияния профиля поверхности катания колес со значительно уменьшенной

конусностью и сужения колеи в кривых участках пути введены следующие обозначения. Где, δ – величина суммарного зазора между внутренними гранями рельсов в кривом участке пути и рабочими гранями гребней колес колесной пары, r_0 – радиус круга катания колеса колесной пары при ее центральной установке в кривой, когда эти радиусы обеих колес одинаковы, h – половина расстояния между указанными кругами катания, i_0 – тангенс угла наклона конической поверхности катания колеса к оси вращения колесной пары, R_0 – радиус кривого участка пути.

Если колесную пару из центрального положения в кривой сдвинуть поперек пути на полную допустимую величину $\delta/2$ в сторону внешнего рельса и затем перевести ее в состояние качения вдоль пути, то ее центр будет описывать в горизонтальной плоскости дугу окружностью радиуса:

$$R_{\delta/2} = 2 r_0 h / i_0 \delta.$$

Из этого выражения видно, что при $R_{\delta/2} \leq R_0$ колесная пара в кривой радиуса R_0 может катиться без скольжения колес по рельсам и без постоянного набегания внешнего колеса на внешний рельс. Если же имеет место неравенство $R_{\delta/2} \geq R_0$, то колесная пара в кривой радиуса R_0 не может катиться без скольжения колес по рельсам. Колесная пара в этом случае во все время движения в кривой набегает гребнем внешнего колеса на внешний рельс и нет никакой силы, выводящей ее из этого перекошенного положения. Величина

$R_{\delta/2}$ полностью определяется величиной произведения $i_0 \delta$. Чем больше это произведение, тем меньше величина $R_{\delta/2}$, необходимая для удовлетворения неравенству $R_{\delta/2} \leq R_0$.

Можно показать, что колесные пары с величиной конусности $i_0=0,05$ поверхности катания колес обладают недостаточной степенью устойчивости движения в прямых участках пути по отношению к изменениям параметров колесной пары и пути, в частности, к величине разности диаметров ее колес.

Результаты исследований и их обсуждение

Известно, что при движении колесной пары в прямом участке пути ее центр описывает в горизонтальной плоскости извилистую кривую вокруг состояния центра, при котором радиусы кругов катания обоих колес равны между собой.

Если считать, что диаметры колес колесной пары отличаются на допускаемую величину, равную 0,5 мм, то для выравнивания радиусов кругов катания обоих колес центр колесной пары при ее движении вдоль прямой должен сдвинуться поперек пути в сторону колеса меньшего радиуса на величину $\Delta = 0,5 / 4i_0$. При $i_0 = 0,01, i_0 = 0,05$ и $i_0 = 0,1$ соответственно будет $\Delta = 12,5$ мм, $\Delta = 2,5$ мм, $\Delta = 1,5$ мм. Однако на прямом участке пути на величину, не превышающую половину суммарного зазора δ , т. е. $\delta/2 = 6$ мм. Отсюда следует, что колесная пара с величиной конусности $2i_0 = 0,02$ и с разницей диаметров ее колес, равной 0,5 мм, будет двигаться в прямом участке пути, все время прижимаясь к рельсу гребнем колеса меньшего радиуса, так как величина Δ более чем в два раза превышает допустимую величину $\delta/2$. Находясь всегда в перекошенном к оси пути состоянии, гребень колеса меньшего диаметра непрерывно изнашивается, изнашивая при этом и рельс во все время движения колесной пары. Заметим, что не существует никакой причины, выводящей колесную пару из этого состояния. Однако, такое

перекошенное состояние движения колесной пары в прямом участке пути исключено при увеличенной конусности поверхности катания колес с $i_0 = 0,05$ и тем более с $i_0 = 0,1$.

Колесные пары являются неустойчивыми при движении, как в кривых, так и в прямых участках пути. Это относится к изменению основных геометрических параметров колесной пары, в частности, к изменению диаметра колес. Поэтому необходимы такой профиль поверхности катания колес, который имеет достаточную величину положительной конусности и путь с достаточным уширением.

Из неблагоприятного положения, в которое попадает подвижной состав и путь, можно выйти путем достижения таких значений величины $R_{\delta/2}$, при которых выполнялись бы неравенство $R_{\delta/2} \leq R_0$. Этого можно достичь только с помощью увеличения произведения $i_0 \delta$. Увеличение этого произведения может быть достигнуто как за счет увеличения суммарного зазора δ в кривых участках пути, так и за счет увеличения конусности $2i_0$ поверхности катания колес. В связи с этим необходимо восстановить уширение колеи в кривых участках пути (1524 мм) и увеличить конусность поверхности катания колес до значения $2i_0 = 0,2$. В таблице 1 приведены результаты расчетов величины $R_{\delta/2}$ как для вагонных, так и для локомотивных колес при $i_0 = 0,1$ и при уширении колеи в кривых по прежним нормам.

Таблица 1- Величина $R_{\delta/2}$ для колес с $i_0 = 0,1$ и уширением колеи 1524 мм

Параметры	$R_0 \geq 0,651 \text{ м}$	$650 \geq R_0 \geq 451 \text{ м}$	$450 \geq R_0 \geq 351 \text{ м}$	$R_0 \leq 350 \text{ м}$
$2 h, \text{ м}$	1,594	1,600	1,605	1,610
δ , для вагонов м	0,016	0,022	0,027	0,032
$R_{\delta/2}$ для вагонов при $r_0 = 0,475 \text{ м}$	472	346	282	283,3
δ для локомотивов, м	0,018	0,024	0,029	0,034
$R_{\delta/2}$ для локомотивов при $r_0 = 0,625 \text{ м}$	585	417	348	296

Из значений $R_{\delta/2}$ представленных в таблице 3 видно, что неравенство $R_{\delta/2} \leq R_0$, как для вагонов, так и для локомотивов всех кривых участков пути удовлетворяется, т.е. выполняется необходимое условие движения колесных пар в кривых без скольжения колес по рельсам, без постоянного набегания гребнем внешнего колеса на внешний рельс.

Однако, в связи с наличием подуклонки рельсов, для вагонных колесных пар разработан специальный криволинейный профиль с конусностью в окрестности круга катания, равной $2i_0 = 0,1$. Криволинейный профиль с конусностью обладает важным свойством. При поперечном перемещении центра колесной пары в сторону внешнего рельса на некоторую величину Y точка контакта внешнего колеса с внешним рельсом перемещается в сторону возрастания радиуса колеса (в направлении к гребню) на величину $3Y$ (в 3 раза большую, чем величина поперечного перемещения центра колесной пары). Это свойство позволяет добиться

значительно большей разности диаметров кругов качения внешнего и внутреннего колес, необходимой для качения обеих колес без скольжения и без набегания внешнего колеса на внешний рельс при движении в кривых участках пути.

Так, на Соколовско-Сарбайском горно-обогатительном комбинате Костанайской области колесные пары всех вагонов обтачиваются с конусностью $2i_0 = 0,2$, в результате чего в 2 раза увеличивается как общий срок службы колесных пар, так и срок службы колес между их переточками.

Известно, что существует три возможных случая, которые должны учитываться при установке гребневого контакта с головкой рельса. Это двухточечный, одноточечный и конформный контакты. Поскольку площадка контакта гребня с выкружкой головки рельса мала, то контакт зачастую характеризуется очень сложным напряженным состоянием.

Заключение

При разработке гребневого контакта необходимо учитывать, чтобы радиусы рабочей грани рельса

следовали профилю гребня колеса и плавно переходили в профиль поверхности катания головки рельса,

избегая возникновения двухточечного контакта между колесом и рельсом.

Из теоретического и экспериментального исследования вытекают следующие практические предложения по значительному уменьшению износа:

1. Требования, предъявляемые к профилю поверхности катания колес колесных пар и уширению колеи в кривых участках пути, являются необходимыми, но недостаточными для обеспечения движения колесных пар в кривых без скольжения колес по рельсам и без набегания гребнем внешнего колеса на рельс.

2. Смазка гребней или боковых граней внешних рельсов значительно снижает величину силы трения между гребнем колеса и боковой гранью внешнего рельса, однако следует отметить, что при этом не уменьшается сила нормального давления между ними.

3. При применении профиля с увеличенной конусностью, равной $2i_0=0.2$ допускается эксплуатация локомотивных колес с уменьшенной толщиной гребня до 30 мм. Для вагонных колес можно применить криволинейный профиль с разрешением эксплуатации колес с толщиной гребня до 21 мм.

Список литературы

1. Обобщение передового опыта тяжеловесного движения: вопросы взаимодействия колеса и рельса. Международная ассоциация тяжеловесного движения. Перев. с английского, - М.: 2002. - С. 357
2. Крагельский И.В., Добычин М.Н., Комбалов В.С. Основы расчетов на трение и износ. – М.: Машиностроение, 1977. – С. 526
3. Причины выхода колес из эксплуатации и пути повышения их служебных свойств / Ларин Т.В., Узлов И.Г., Парышев Ю.М // Вестник ЦНИИ МПС. – 1985. № 6. - С.30-33
4. Богданов В. М., Марков Д. П., Пенькова Г. И. Оптимизация триботехнических характеристик гребней колес подвижного состава // Вестн. ВНИИЖТ. - 1998. - № 4. - С. 3-9
5. Панькин Н.А. Причины интенсивного износа гребней колес и рельсов и пути его устранения. Железнодорожный транспорт, 1991. № 11. - С.57-59
6. ГОСТ 10791-2011 Колеса цельнокатаные, технические условия
7. ГОСТ 398- 2010 Бандажи из углеродистой стали для подвижного состава железных дорог

Түйін

Теориялық және эксперименталды зеттеулер негізінде локомотив доңғалақтарын МИИТ ұсынған профиль бойынша өңдеудің қажеттігі көрсетілген. Мұнда доңғалақтардың профилінің конустығы $2i_0=0,2$ болуы және колейны радиусы 650 м кем бұрылыстарда кеңейту керек. Бұл доңғалақ жалдары мен рельстің тозып қажалуын едәуір темендетеді.

Доңғалақ жұптары мен рельстің сырғанау қабаттарына бұрылыстарда қойылатын және колеяны кеңейту талаптары қажет болғанмен, доңғалақ жұптарының бұрылыстарда рельстерде сырғанақтамай және сыртқы доңғалақ жалдарының рельстің үстіне шығып кетпеуін қамтамасыз ете алмайтыны ерекше баса айтылған.

Доңғалақ жалдарының рельспен қабаттасуын әзірлеу кезінде рельстің жұмыс істеу қыры доңғалақ жалдарының профиліне сәйкес келуін және рельстің сырғанау қабатына ұқыпты түрде өтуі міндетті түрде есепке алынуы тиіс. Доңғалақ жалдарының рельспен қабаттасуында екі нүктелі қабаттасуға жол беруге болмайды.

Summary

Based on the analysis of theoretical and experimental studies have shown the necessity of turning locomotive wheels with taper of $2i_0=0,2$ and the broadening of the gauge, since the curve radius of 650m or less. Is shown this will lead to a significant reduction in wear of the ridges of the tread surface of wheels and rails in curves track section.

It is noted that the requirements imposed on the surface profile of skating wheels wheelset and a broadening of gauge in curved track are necessary but they are insufficient to enable movement of wheel pairs in curves without sliding of wheels on rails and without the imposition of external comb wheel on the rail.

It is shown that in the development of ridge contact it is necessary to consider the radius of the working faces of the rail followed the profile of the wheel flange and smoothly into the profile of the running surface of the rail head, avoiding the point-to-point contact between wheel and rail.