

СИТАЖ Марек
СКОЛОТНЕВА Надежда

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ КОНСТРУКЦИЙ КОЛЕСНЫХ ПАР

Резюме. Модернизация конструкции колесных пар - одно из самых перспективных направлений в повышении качества функционирования подвижного состава, пропускной способности, скорости движения и безопасности на железных дорогах. В статье представлено основные функции колесных пар и возможности конструктивных решений колесных пар а также их влияние на взаимодействие с подвижным составом и путем. Область конструктивных решений ограничена необходимостью учитывать взаимодействие элементов подвижного состава а также условиями технологических процессов.

TENDENCJE ROZWOJU KÓŁ KOLEJOWYCH ZESTAWÓW KOŁOWYCH

Streszczenie. Modernizacja konstrukcji kół kolejowych zestawów kołowych jest jednym z podstawowych kierunków zwiększenia trwałości i niezawodności pojazdów szynowych oraz bezpieczeństwa pasażerów. W artykule przedstawiono podstawowe funkcje, jakie powinny spełniać zestawy kołowe. Omówiono spotykane dotychczas konstrukcje zestawów kołowych oraz ich wpływ na współpracę z pojazdem szynowym i torem. Pole konstrukcyjnych rozwiązań zestawów kołowych jest ograniczone możliwością ich współpracy z innymi zespołami, zaleceniami dokumentacji technicznej oraz warunkami ich wytwarzania.

THE TRENDS OF DEVELOPMENT OF RAILWAY WHEELSETS

Summary. The modernization of the design of the railway wheelsets is one of the fundamental ways to increase the durability and reliability of the rail vehicles and passenger safety. The paper describes the basic functions of the wheelsets. The existing design of the wheelsets have been discussed as well as the influence of the design on the interaction of the wheelset, vehicle and track. The scope of the wheelset design is limited by the possibility of wheelset collaboration with other elements, the commissioning requirements and the manufacturing conditions.

1. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ О КОНСТРУКЦИИ КОЛЕС

Модернизация конструкции колесных пар - одно из самых перспективных направлений в повышении качества функционирования подвижного состава, пропускной способности, скоростей движения и безопасности движения на железных дорогах. Однако, это очень трудоемкий и наукоемкий процесс, связанный с большими материальными затратами, поэтому внедрение в производство усовершенствованных моделей колесных пар несколько затруднено.

Основными функциями колесных пар являются:

- а) приведение в движение подвижного состава;
 - б) восприятие веса поезда;
 - в) обеспечение движения по рельсовой колее;
- к вспомогательным функциям колесных пар относятся:
- а) перенос угловой силы от тяги и торможения;
 - б) перенос динамических нагрузок;
 - в) использование мощности вращения колес для работы дополнительных устройств;
 - г) восприятие веса дополнительных устройств.

Под понятием колесной пары имеются в виду два колеса, соединенных между собой осью. Колеса могут быть закреплены жестко или эластично. Ось в тележке закрепляется вращательно.

Приступая к анализу перспектив развития конструкции колесных пар нужно иметь в виду, что это является важной технической и экономической проблемой для железнодорожного транспорта. Вес современных колесных пар составляет около 20 % веса грузовых вагонов и около 10 % веса пассажирских [1].

От надежной работы колесных пар во многом зависит безопасность движения с точки зрения безотказности и взаимодействия колеса и рельса. Работоспособность колесных пар в большой степени определяет циклы ремонта подвижного состава.

Среди множества проблем, которые решаются сейчас в научно-исследовательских работах, касающихся железнодорожного транспорта, можно выделить две очень важные:

- исследование динамических явлений в системе подвижной состав-путь при больших скоростях движения;
- анализ явлений износа системы колесо - рельс.

Обе эти проблемы тесно связаны с явлениями, происходящими в системе колесо-рельс. Здесь нужно прежде всего найти причины, ограничивающие скорость движения (действующие при больших скоростях касательные силы вызывают колебания, которые в результате приводят к неустойчивости движения и сильному воздействию гребня колеса на рельсы), а также вызывают износ колес и рельсов (это явление связано прежде всего с поперечным, продольным и вертикальным скольжением

/lateral, longitudinal, spin creepages/ в области контакта) . Теорию этих явлений можно, например, найти в [2,3] .

В табл.1 показаны теоретические возможности других конструкций колесных пар и их влияние на явления, происходящие в области контакта. Нужно отметить, что по сравнению с основным вариантом (тип А) в нестандартных решениях наблюдается значительное уменьшение касательных сил. Однако, следует иметь в виду, что пока эти теоретические решения не имеют полного математического описания конструкции, а экспериментальные исследования выявляют негативные явления, которые не учитывались при моделировании математическими методами.

Можно выделить несколько направлений модернизации конструкции колесных пар. Среди них: изменение размеров, веса, технологии изготовления колесных пар, а также вспомогательных и тормозных устройств.

Одной из основных функций колесной пары является перенос энергии торможения. В основном применяется торможение колодками на поверхности катания колес. Этот способ торможения ускоряет износ поверхности катания, а также влечет за собой много трудностей с подбором материала. При торможении выделяется большое количество тепла, а температура достигает 1000 °С. Вследствии действия этих температур на поверхности катания образуются термические трещины. Термические нагрузки колес создают большие трудности при выборе материала и сильно влияют на конструкцию колес. Наибольшим термическим повреждениям подвержены колеса подвижного состава, работающего в пригородном сообщении и в горной местности. Сейчас применяются иные конструкции тормозов, в которых ограничивается влияние их элементов на поверхность катания. Например, дисковые тормоза с диском, закрепленным в середине оси, с дисками на колесной паре, а для экстренного торможения - рельсовые тормоза.



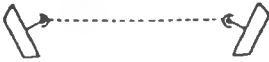




Размеры колесных пар в значительной степени зависят от параметров вспомогательных устройств, расположенных на подвижном составе. Вес этих элементов увеличивает необрессоренную массу вагона, ухудшая влияние на путь и возможности уменьшения размеров осей. Можно предполагать, что в будущем за счет применения центрального энергоснабжения пассажирских вагонов их колесные пары не будут нести этот вес.

Колесные пары тягового подвижного состава имеют дополнительные необрессоренные массы: часть веса электродвигателя, главную передачу. Это сокращает возможности минимизации размеров колесных пар. Однако, такие направления изменения конструкции применяются, например, в тяговом подвижном составе Германии. Диаметр колесных пар составляет 850 мм. В тяговых колесных парах есть несколько элементов, связанных с переносом крутящего момента,

которые усложняют профиль колеса и возможность оптимальной с точки зрения усталостной прочности минимизации размеров колеса.

Таблица 1

Тип	Схема	S_v	F_v	F_x	M_t
A		x	x	x	x
B		x	x	x	-
C		x	x	-	x
D		x	-	x	x
E		-	x	x	x
F		x	x	-	-
G		x	-	x	-
H		-	x	x	-

I		x	-	-	x
J		-	x	-	x
K		-	-	x	x
L		x	-	-	-
M		-	x	-	-
N		-	-	x	-
O		-	-	-	x

S_y - сила влияющая на движение колесной пары в центре пути

F_x, F_y - продольная и поперечная касательная сила в контакте колесо-рельс

M_t - момент вертны в контакте колесо-рельс

x - выступает - - не выступает

- муфта Кардана

В настоящее время одна из основных проблем в развитии конструкции колесных пар - это уменьшение их веса, который составляет значительный процент массы подвижного состава. Он оказывает негативное воздействие на характер движения поезда так как:

- а) уменьшает возможности перевозки грузов, являясь балластом;
- б) уменьшает ускорение при разгоне и увеличивает запаздывание при торможении за счет инерции в поступательном и вращательном движении и уменьшает среднюю скорость движения поезда;
- в) негативно влияет на путь, деформируя его и уменьшая надежность;
- г) увеличивает избыточный расход материала.

Из вышесказанного вытекает необходимость исследований, направленных на уменьшение веса колесной пары.

Снижение веса колесных пар возможно за счет уменьшения толщины диска, что положительно влияет на усталостную прочность диска, увеличивая поперечную упругость. Для применения тонких дисков толщиной 12 мм и менее применяется гофрирование диска (рис.1).

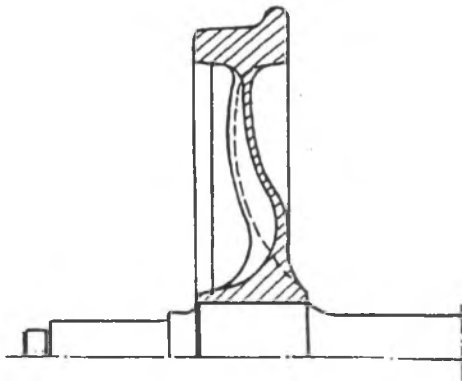


Рис.1

Полезную массу колеса можно увеличить уменьшая толщину ступицы. На размеры ступицы основное влияние оказывает конечная сила при напрессовке колеса на ось.

Для дальнейшего снижения веса предусматривается уменьшение толщины обода (для колес диаметром 920 мм - 55 мм), которое можно использовать без потери работоспособности колеса, благодаря термообработке обода.

Еще одно направление снижения веса колесной пары - уменьшение веса оси за счет использования материалов с лучшими характеристиками, либо применение полых осей.

Диаметр колеса в основном выбирается по осевой нагрузке. Уменьшая нагрузку на ось можно добиться значительного эффекта в снижении веса колесных пар.

Оптимальное с экономической точки зрения направление развития конструкции колесных пар - уменьшение диаметра поверхности катания. Такая минимизация колесных пар дает наибольший эффект, так как позволяет значительно снизить вес колесной пары и величину моментов инерции, сократить расходы энергии, увеличить ускорения при разгоне. Уменьшение диаметра колес позволяет понизить уровень пола, увеличивая полезный объем вагона. Например, конструкция тележек Minden-Deutz пассажирских вагонов ДВ может быть изменена для диаметров колес 680\660 мм [1]. Выигрыш в весе от уменьшения размеров колес значителен:

- колесная пара с диаметром колес 1000 мм весит 1260 кг
- колесная пара с диаметром 600 мм - 650 кг.

Очевидно, что уменьшение диаметра потребует снижения допускаемых нагрузок на ось, что по UIC - 510 -2 представлено в табл. 2.

Колесная пара с колесами малого диаметра усложняет процесс торможения. Трудно так расположить диск на оси, чтобы он правильно отводил тепло, учитывая, что мощность торможения уменьшается пропорционально уменьшению диаметра [4]. В качестве допускаемой принимается такая мощность торможения, при которой за 20 минут торможения не произойдет юза. Например, для колес диаметром 600 мм эта мощность составляет приблизительно 24 л.с. Для больших мощностей торможения можно использовать только цельнокатаные колеса.

Отдельной задачей является проблема использования колес очень малого диаметра - от 500 до 320 мм. Это создает дополнительные трудности, связанные с :

а) подшипниковыми узлами;

Таблица 2

Диаметр колеса [mm]	Допустимые нагрузки [Т]	
	для движения "S"	для движения "SS"
840 - 760	18	16
760 - 680	16	14
680 - 630	14	12

- б) процессом торможения;
- в) безопасностью движения на стрелочных переводах;
- г) габаритами вагона.

Профиль поверхности катания колеса оказывает заметное влияние на условия эксплуатации подвижного состава. Оптимальный профиль должен обеспечивать: снижение износа колес и рельсов, повышение безопасности от схода рельсов при различных условиях эксплуатации, устойчивое движение в нормальном диапазоне скоростей, приемлемый уровень контактных напряжений. При разработке вариантов профилей применялись два подхода [4]. Первый основывался на форме, которую колесо приобретает в результате естественных изгибов в эксплуатации. Измерялись изношенные в эксплуатации колеса, и по нескольким сотням измерений определялся усредненный профиль. При втором подходе профиль колеса получали путем развертки форм головок рельсов, которые обеспечивают одноточечный контакт при движении по рельсу, на котором базируется профиль колеса. В этом случае использовались измерения изношенных профилей рельсов и профилей типового рельса.

Еще одним направлением модернизации конструкции колесных пар является применение новых материалов и технологий. С целью уменьшения напряжений, возникающих после надрессовки колеса на ось или бандажа на колесо, делаются экспериментальные попытки применения склеивания металла. Сейчас имеются два метода:

- а) чистое склеивание;
- б) склеивание с 10 - 30% натягом по отношению к стандартному натягу без склеивания.

Первый метод требует специального оборудования для центрирования колесных пар, поэтому второй способ наиболее приемлим. Метод склеивания дает возможность использования неметаллических материалов и цветных металлов. Например, на рис.2. представлено колесо, которое состоит из алюминиевого диска и стального обода. Однако, такое колесо создает необходимость использования других тормозов. Алюминевое колесо без обода весит 50 кг при внешнем диаметре 720 мм, а стальное - 128 кг.

Нельзя не отметить необходимость модернизации конструкции не только железнодорожных колес, так как значительную часть производимых колесных пар составляют колеса для городского транспорта (трамвай, пригородные поезда, метро). Требования для этих колесных пар несколько иные, чем для железнодорожных колес. Кроме всех требований, предъявляемых к железнодорожным колесам, эти должны быть тихоходны, ограничивать удары и минимально повреждать путь, так как его ремонт очень дорогостоящий. Эту проблему можно решить, например, за счет применения резины, в качестве

элемента, уменьшающего удары и шум. Стоимость таких колес достаточно высокая.

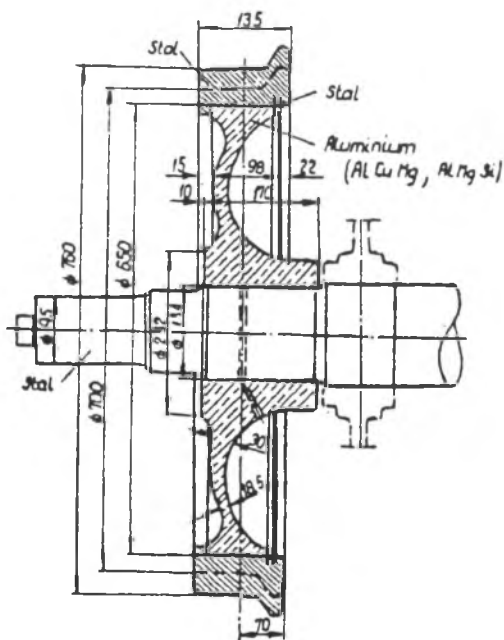


Рис.2

Важен еще один аспект в модернизации колесных пар. Железные дороги стран мира имеют различную ширину колеи. Это является серьезным препятствием для международного сообщения, а прежде всего для грузового движения. В Европе наиболее остро стоит проблема изменения ширины колеи с 1435 на 1520 мм на границе с государствами бывшего СССР. Неудобства и расходы, связанные с этим, стимулируют инженеров для поисков конструкций колесных пар, которые автоматически могли бы приспосабливаться к изменению ширины колеи. В настоящее время много конструктивных решений в Германии, России, Польше, Испании. Колесные пары такого типа очень сложны. Увеличена необрессоренная масса, что отрицательно влияет на путь. Они требуют также специального осмотра механизмов приспособления к изменяющейся ширине колеи, которые всегда имеют большую вероятность повреждения в тяжелых условиях эксплуатации. По причине измененной конструкции эти колесные пары не могут быть

использованы в обычном парке вагонов, а только для вагонного парка определенных направлений сообщения.

2. ОБЛАСТЬ КОНСТРУКЦИОННЫХ РЕШЕНИЙ

Железнодорожные колесные пары производятся уже около двухсот лет. Существующие сейчас конструкции колесных пар являются результатом многочисленных технологических и эксплуатационных испытаний. В последнее время для совершенствования конструкции широко применяется численный анализ. Исследование железнодорожных колесных пар началось с рассмотрения влияния условий эксплуатации на степень износа бандажей. Первым элементом колесных пар, в котором проведен анализ напряженного состояния была ось. В связи с тем, что колесо имеет сложную геометрическую форму, до недавнего времени было возможно только экспериментальное определение его оптимальных параметров.

Учитывались две причины возникновения сопротивления колеса:

- силы, возникающие вследствие контакта колеса с рельсом;
- термические деформации, связанные с торможением.

Процесс сборки рассматривался как с точки зрения определения нагрузки, а также напряженного состояния колеса после напрессовки на ось. Использование численных методов позволило провести точный анализ полей напряжений в элементах колесных пар. Распределение температурного поля, связанное с процессом торможения, исследуемое ранее только экспериментально теперь можно определять численными методами. Область возможных конструктивных решений ограничена необходимостью учитывать взаимодействие элементов подвижного состава, определяемое нормативной документацией, а также условиями технологических процессов.

Процессы, происходящие в зоне контакта колеса и рельса были многократно анализированы. Исследования в этой области были проведены в разных международных железнодорожных организациях и дирекциях железных дорог разных стран. Вследствие этих работ получены различные профили, основные размеры которых представлены на рис.3.

Литература

1. Sajdak T., Miężalik E. Tendencje rozwoju zestawów kołowych. Krajowa Narada Naukowo-Techniczna. Opole 1971 r. s.3-27
2. Kisielowski J. Dynamika układu mechanicznego pojazdu szynowy-tor. PWN, Warszawa 1991. s.623

3. Kalker J. On the rolling contact of two elastic bodies in the presence of dry friction. Delf 1987 p.155
4. Ситаж М. Методы повышения работоспособности системы колесо-рельс. Дисс. к.т.н. Ленинград, 1987

Recenzent: Doc.dr inż. Eugeniusz Turyk

Wpłynęło do Redakcji: 21.06.1995 r.

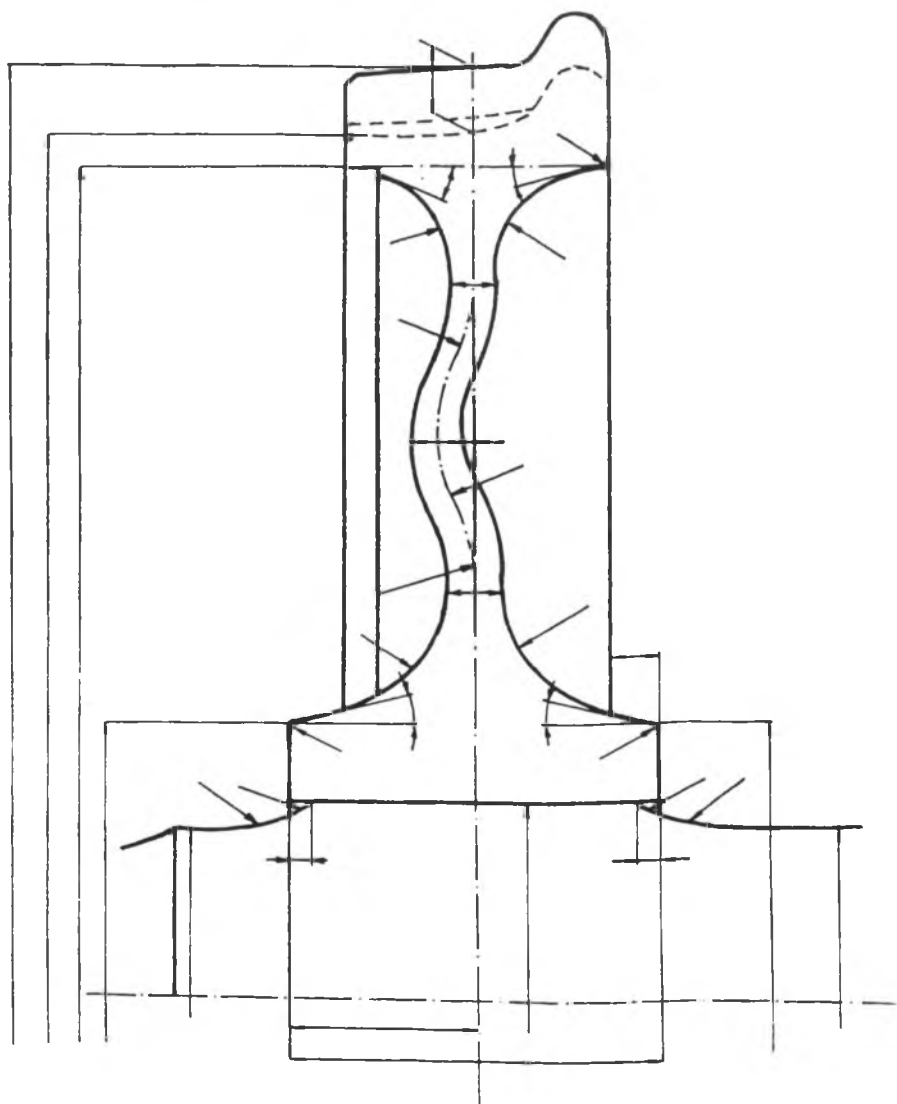


Рис.3

Abstract

The modernization of the design of the railway wheelsets is one of the fundamental ways to increase the durability and reliability of the rail vehicles and passenger safety. The paper describes the basic functions of the wheelsets. The existing design of the wheelsets have been discussed as well as the influence of the design on the interaction of the wheelset, vehicle and track. The principal problems touching the wheelsets covered in the paper are the following: track gauge, running conditions, i.e. factory, city and railway transport, the use of new materials and high-tech, the rolling surface profile, the wheel diameter and mass. The scope of the wheelset design is limited by the possibility of wheelset collaboration with other elements, the commissioning requirements and the manufacturing conditions. The research on the wheelset design is being done in many scientific centres, the basic measurements of the railway wheels are given in Fig.3.