

3 **Antipin, D.** Research of dynamic load capacity of tipper car using mathematical model method / D. Antipin, T. Motyanko, D. Rasin // Proceedings of 2015 International Conference on Mechanical Engineering, Automation and Control Systems. – 2015. – С. 741–748.

4 **Мотянко, Т. А.** Исследование динамической нагруженности четырехосного вагона-самосвала / Т. А. Мотянко, Д. Я. Антипин // Trans-mech-art-chem : труды X международной науч.-практ. конф. ; под общ. ред. проф. В. Н. Глазкова. – 2014. – С. 73–74.

5 **Тюбаева, Т. А.** Исследование динамической нагруженности кузова вагон-самосвала методами математического моделирования / Т. А. Тюбаева, М. А. Лазарев, Д. Я. Антипин // Проблемы и перспективы развития вагоностроения : материалы VII Всероссийской науч.-практ. конф., 2016. – С. 145–149.

6 **Антипин, Д. Я.** Методика разработки трехмерных моделей технических средств железнодорожного транспорта : учеб. пособие / Д. Я. Антипин, Д. Ю. Расин, С. Г. Шорохов. – Брянск : БГТУ, 2016. – 176 с.

УДК 629.4.027.52

## ПОСТРОЕНИЕ ЦИФРОВОЙ 3D МОДЕЛИ РАЗДВИЖНОЙ КОЛЕСНОЙ ПАРЫ С ТАНГЕНЦИАЛЬНО-ОСЕВЫМ ЗАМКМ

*О. В. НИКИТИН, Д. О. НИКИТИНА*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Перестановка тележек вагонов с колеи 1520 мм на колею 1435 мм и наоборот на перестановочных пунктах вблизи пограничных станций имеет существенные недостатки: увеличение времени оборота вагонов; существенные затраты технологических и производственных ресурсов.

Поэтому актуальным является вопрос разработки раздвижных колесных пар (РКП), способных без остановки движения изменять ширину колеи на специальных переводных путевых устройствах. При этом должна обеспечиваться почти абсолютная надежность, поскольку отказ раздвижной колесной пары приводит к аварийным ситуациям с тяжелыми последствиями.

Основными задачами данной работы являются:

- изучение перспектив эксплуатации раздвижных колесных пар на железных дорогах мира;
- восстановление отсутствующей необходимой технической документации и построение цифровой 3D-модели;
- подготовка цифровой модели к получению макета колесной пары и тележки в сборе к печати на 3D принтере.

В СССР впервые проблематикой проектирования раздвижных колесных пар заинтересовались в середине прошлого века. На Брянском машиностроительном заводе в 1957 г. была создана колесная пара с раздвижными на оси колесами.

Передвижение колёс из одного положения в другое происходит автоматически при движении вагона по специальному переводному стенду, соединенному одним концом с колеей 1520 мм, а вторым – с колеей 1435 мм.

Были изготовлены опытные образцы РКП типа ТГ-14.

Эти колесные пары прошли цикл заводских и эксплуатационных испытаний, по результатам которых был выявлен ряд недостатков.

Основным таким недостатком являлась ненадежная работа предохранительного устройства (замка), предназначенного для исключения случаев самопроизвольного перевередения колес.

К концу 1960-х гг. все работы в СССР по созданию надежной и работоспособной конструкции РКП для ускоренного перехода грузовых и пассажирских вагонов с колеи 1520 мм на колею 1435 мм (и обратно) в силу различных причин были остановлены.

Позднее усовершенствованную конструкцию РКП создали на Уралвагонзаводе с применением тангенциально-осевого замка, предложенного БелИИЖТом.

В 1975 г. этими колесными парами были оборудованы две тележки модели 18-100. Одновременно была разработана и изготовлена рычажная тормозная передача для тележек с РКП и колесо-переводное устройство [1].

В настоящее время в России, Испании, ФРГ, Японии, Болгарии и Польше ведутся разработка и испытания различных систем перевода подвижного состава с одной колеи на другую. Дальше всего в этом направлении продвинулись в Испании и Польше.

Раздвижная колесная пара SUW-2000 прошла апробацию в поездах, обращающихся на отдельных направлениях между Польшей, Украиной и Литвой [2].

Надежную работу показывает конструкция испанской фирмы «TALGO». Раздвижные колесные пары эксплуатируются на пассажирских экспрессах, разработанных этой же фирмой. Они курсируют между Испанией (где ширина колеи 1676 мм) и другими странами Европы (1435 мм) и работают безаварийно десятки лет. Поезда TALGO поставлены на одноосные тележки (рессорное подвешивание, тормозное и другое оборудование смонтированы на одной раздвижной колесной паре). Чтобы при этом нагрузка на каждую ось не превышала допустимой нормативами, длина каждого вагона меньше, чем стандартного пассажирского четырехосного вагона.

Раздвижная колесная пара DBFG V (разработка ФПГ) равноценна SUW-2000 и может эксплуатироваться на том же переводном путевом устройстве [3].

Конструкторские работы по восстановлению технической документации и построению 3D модели выполнены в среде трехмерного твердотельного моделирования AUTODESK INVENTOR как наиболее отвечающей современным стандартам проектирования.

В связи с оригинальной конструкцией замка одним из сложных элементов являлось моделирование эвольвентных шлицевых соединений.

На рисунке 1 показана конструкция раздвижной колесной пары с тангенциально-осевым замком, включающая в себя ось, два стандартных облегченных цельнокатаных колеса, насаженных на ось подвижно, и два замка, удерживающие колеса от осевого перемещения и от проворачивания.



Рисунок 1 – 3D модель раздвижной колесной пары

Примененное безбандажное колесо, повышенная несущая способность элементов замка, малый вес замка, высокая степень центрирования подвижных деталей, надежность фиксации замка дают возможность эксплуатировать раздвижные колесные пары с тангенциально-осевым замком при движении поездов на высоких скоростях.

Тангенциально-осевое замковое устройство, разработанное в БелИИЖТе, принципиально отличается от известных замков для раздвижных колесных пар.

Кинематическая схема тангенциально-осевого замка представляет собой косозубое шлицевое подвижное соединение с одной степенью подвижности.

Для достижения нулевой степени подвижности применена замковая муфта с прямозубым двойным шлицевым соединением. В нем применяется эвольвентное шлицевое соединение силовых деталей с большой контактируемой площадью, способной переносить значительные динамические нагрузки.

В основу работы замка положена фиксация подвижной втулки, соединенной с колесом, тангенциально-осевыми силами, возникающими в элементах зубчатого зацепления.

Термически обработанные контактирующие поверхности с наличием постоянной жидкой смазки в замковом узле, обеспечивают длительный срок службы раздвижной колесной пары с тангенциально-осевым замком.

В свою очередь тангенциально-осевой замок (рисунок 2, а, б) состоит из трех силовых деталей: втулки неподвижной (рисунок 2, в), втулки подвижной (рисунок 2, г), и муфты замковой (рисунок 2, д).

Втулка подвижная насажена на ось с гарантийным натягом методом горячей посадки и соединена со ступицей колеса болтами. Болты затягиваются гайкой и шплинтуются шплинтом.

С внутренней стороны ступица колеса проточена. Проточенная поверхность ступицы сопрягается с подвижной втулкой.

Наружная сторона ступицы колеса проточена для посадки корпуса уплотнительной манжеты. Для установки гаек диск подвергается цековке. В ступицу колеса запрессована втулка из катаной бронзы.

Муфта замковая соединена с корпусом фиксатором и диском буферным болтами.

Втулка подвижная косыми зубьями сочленена с венцом неподвижной втулки. Такое сочленение позволяет подвижной втулке свободно перемещаться по неподвижной по винтовой линии.

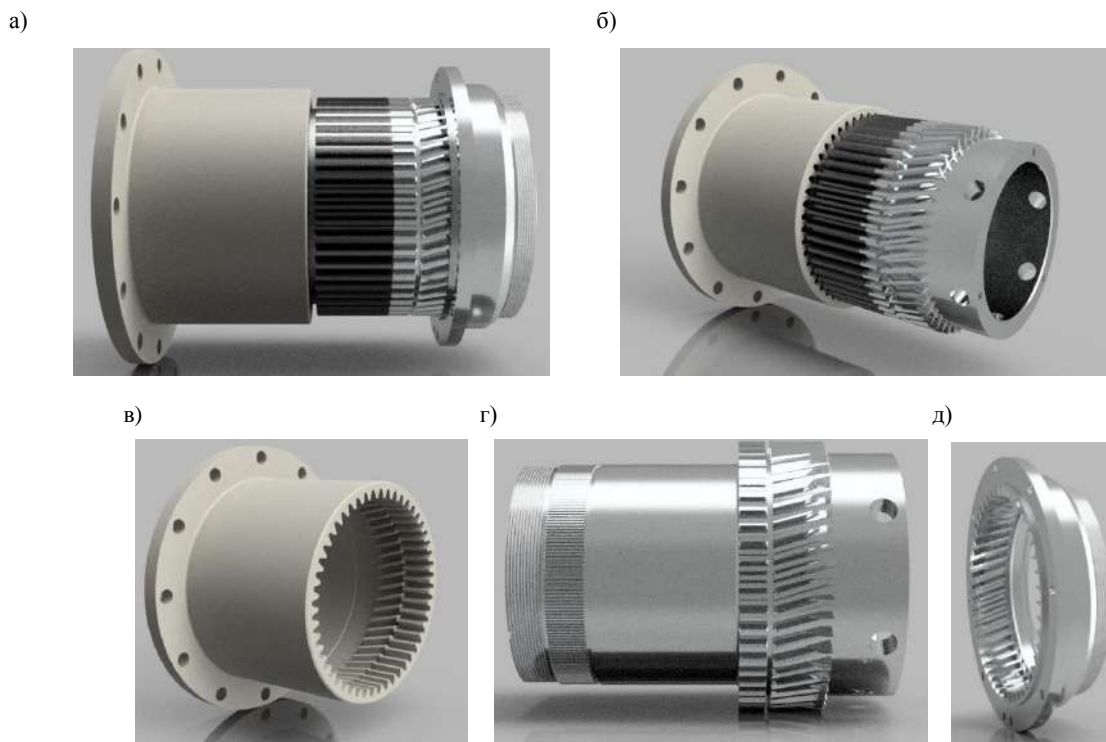


Рисунок 2 – 3D модель тангенциально-осевого замка:  
*а, б* – тангенциально-осевой замок; *в* – втулка неподвижная; *г* – втулка подвижная; *д* – муфта замковая

Таким образом, при движении подвижной втулки по винтовой линии происходит осевое перемещение подвижной втулки относительно неподвижной и проворачивание.

Для предотвращения осевого перемещения подвижной втулки достаточно ее ограничить от проворачивания. Эту функцию выполняет замковая муфта.

Замковая муфта наружными зубьями постоянно зацеплена с внутренними прямыми удлиненными зубьями подвижной втулки и свободно может перемещаться по оси относительно ее.

Одновременно замковая муфта внутренними зубьями в крайнем левом положении сочленяется с прямым и зубьями неподвижной муфты.

При крайнем правом положении зубья замковой муфты и зубья неподвижной втулки разомкнуты.

Так как замковая муфта постоянно сочленена с подвижной втулкой, то при крайнем правом положении замковой муфты подвижная втулка может перемещаться вдоль косых зубьев до тех пор, пока зубья венца замковой муфты не упрутся в зубья венца неподвижной втулки.

Следовательно, ограничение окружному проворачиванию подвижной втулки вызывает ограничение осевому смещению подвижной втулки относительно неподвижной. Это происходит при крайнем левом положении замковой муфты, которая своими венцами связывает подвижную втулку с неподвижной.

Изучение вопросов применяемости РКП позволяет сделать вывод о перспективности их использования в подвижном составе на железных дорогах.

Однако это требует проведения дополнительных исследовательских работ по оптимизации конструкции данных колесных пар с целью повышения надежности, ремонтпригодности и получения высоких эксплуатационных характеристик.

#### Список литературы

1 Раздвижные колёсные пары [Электронный ресурс] / Википедия. Свободная энциклопедия. Режим доступа : [https://ru.wikipedia.org/wiki/Раздвижные\\_колесные\\_пары](https://ru.wikipedia.org/wiki/Раздвижные_колесные_пары). – Дата доступа : 25.09.2020.

2 **Пигунов, В. В.** Конструкция ходовых частей вагонов: учеб. пособие / В. В. Пигунов, А. В. Пигунов. – Гомель : БелГУТ, 2018. – С. 12–13.

3 Раздвижные колесные пары для вагонов [Электронный ресурс] / Железные дороги мира. – Режим доступа : <http://1430mm.ru/node/264>. – Дата доступа : 25.09.2020.