

**ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ  
КОНФЕРЕНЦІЇ, ПРИСВЯЧЕНОЇ 60-РІЧЧЮ ЗАСНУВАННЯ  
КАФЕДРИ ВАГОНІВ:  
ВАГОНИ НОВОГО ПОКОЛІННЯ – ІЗ ХХ В ХХІ СТОРІЧЧЯ**

---

УДК 629.4

*Ю.Я. Водяников, А.М. Сафронов,  
Т.В. Шелейко*

*Y.Ya.Vodyannikov, A.M. Safronov,  
T.V. Sheleyko*

**ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА КОЭФФИЦИЕНТ ТРЕНИЯ  
КОМПОЗИЦИОННОЙ КОЛОДКИ**

**INFLUENCE OF TEMPERATURE ON THE FRICTION COEFFICIENT  
COMPOSITE BLOCK**

Тормозная эффективность единиц подвижного состава железных дорог является одним из основных факторов, влияющих на безопасность движения поездов. В настоящее время наибольшее распространение на железнодорожном транспорте получили фрикционные пневматические тормозные системы, в которых тормозная сила реализуется за счет коэффициента трения и силы прижатия тормозных колодок к поверхности катания колеса. При торможении кинетическая энергия поезда превращается в другие виды энергии, в основном в тепловую, и сопровождается повышением температуры фрикционных узлов. Очевидно, температура может оказывать влияние на величину коэффициента трения и, следовательно, на тормозную эффективность поезда. Особую важность указанные проблемы приобретают для грузовых вагонов с повышенными осевыми нагрузками и скоростями движения до 140 км/ч и выше. Поэтому задачи, связанные с исследованиями влияния температуры

нагрева колеса при торможении на коэффициент трения тормозной колодки, являются актуальными.

Решение поставленной проблемы на натуральных образцах в реальных условиях эксплуатации связано со значительными трудностями, поэтому предлагается выполнять ее в два этапа: на первом этапе определяются общие закономерности и характер зависимости коэффициента трения от температуры, второй этап состоит в уточнении фактических характеристик процессов торможения на натуральных образцах в реальных условиях эксплуатации. Исследования на первом этапе целесообразно проводить на инерционном стенде, который позволяет имитировать условия эксплуатации и реализовать различные скорости в начале торможения и в дальнейшем конкретизировать цели и задачи исследований на натуральных образцах.

Выполненные исследования свидетельствуют о неоднозначной зависимости коэффициента трения от температуры:

- пороговые значения температур, до достижения которых коэффициент трения увеличивается, составили при силе нажатия колодки на колесо 10 кН – 85 °С, при силе нажатия колодки на колесо 20 кН – 120 °С;
- сухие и влажные условия торможения отличаются как по характеру изменения коэффициентов трения, так и по их величинам;
- коэффициенты трения выше при силе нажатия 10 кН, чем при силе нажатия 20 кН.

Таким образом, для повышения тормозной эффективности требуется:

- предварительный разогрев колодки и колеса, который может быть осуществлен в процессе последовательных регулировочных торможений поезда;
- при торможении необходимо учитывать погодные условия, так как повышенная влажность уменьшает коэффициент трения.

**УДК 629.4**

*А.В. Гречко, О.Є. Ніщенко, Т.В. Шелейко*

*A.V. Grechko, A.E. Nishchenko, T.V. Sheleyko*

## **КОНСТРУКЦІЯ ТА ПРИНЦИП ДІЇ РОЗЧІПНОГО ПРИСТРОЮ**

### **DESIGN AND PRINCIPLE OF OPERATION UNCOUPLER DEVICE**

Виконання поїзних гальмівних випробувань за методом «кидання» потребує, крім злагодженої роботи усього персоналу, що бере участь у випробуваннях, застосування більш досконалого випробувального обладнання, зокрема, пристрою для автоматичного розчеплення автозчепу вагона-лабораторії з наступним перекриттям кінцевого крана для запобігання витоку стисненого повітря з гальмівної системи після відокремлення дослідного вагона.

Розчіпний пристрій складається з пульта управління, пристрою розчеплення автозчепу і пристрою перекриття кінцевого крана та виконаний як окрема електропневматична система, живлення стисненим повітрям якої здійснюється через роз'єднувальний кран від гальмівної магістралі вагона-лабораторії, де він встановлений.

Пульт управління призначений для дистанційного електричного керування механізмом розчеплення вагона-лабораторії

і дослідного вагона. До складу пульта управління входять електричні кола керування електропневматичними клапанами пристроїв розчеплення автозчепу і перекриття кінцевого крана, а також сигналізації щодо їх стану. Корпус пульта управління забезпечує необхідну фіксацію його складових частин та захист від зовнішніх механічних факторів. На передню панель пульта управління виведені кнопка вмикання розчіпного пристрою та сигнальні лампи (зелена – «розчеп увімкнено», червона – «кінцевий кран перекрито»).

Випробувальне обладнання (складові частини пристрою разом з кабелями і трубопроводами) змонтовано таким чином, що його робота не перешкоджає нормальному функціонуванню інших елементів вагона, та надійно закріплено аби виключити можливість їхнього падіння, ушкодження або самовільного спрацювання під час руху.

Пристрій дозволяє здійснювати автоматичне розчеплення автозчепу та перекриття кінцевого крана вагона-лабораторії і може використовуватися під час проведення поїзних випробувань гальм

залізничного рухомого складу за методом «кидання», коли розігнаний до заданої швидкості дослідний вагон необхідно відокремити від дослідного поїзда.

**УДК 629.4.014.62.027.4-592.117:625.032.3**

*Ю.Я. Водяников, Т.В. Шелейко, С.М. Свистун*

*Y.Ya. Vodyannikov, T.V. Sheleyko, S.M. Svistun*

**ОСОБЕННОСТИ КИНЕМАТИКИ ДВИЖЕНИЯ КОЛЕСНОЙ  
ПАРЫ ПО РЕЛЬСОВОМУ ПУТИ ПРИ ТОРМОЖЕНИИ  
ПАССАЖИРСКОГО ВАГОНА С ДИСКОВЫМ ТОРМОЗОМ**

**FEATURES OF THE KINEMATICS OF MOTION OF THE WHEEL  
COUPLES ON A RAIL WAY WHEN BRAKING OF PASSENGER  
CARRIAGE WITH THE DISK BRAKE**

Взаимодействие колеса и рельса является физической основой движения поездов по железным дорогам. Именно оно во многом определяет безопасность, а также такие технико-экономические показатели, как масса поездов, скорость их движения и уровень эксплуатационных расходов. При этом требования к показателям взаимодействия колес и рельсов в зонах их контакта противоречивы. С одной стороны, сцепление колес с рельсами должно быть таким, чтобы обеспечивалось малое сопротивление движению поезда. С другой стороны – для реализации требуемой силы тяги необходимо обеспечивать высокий и стабильный уровень сцепления колес с той же поверхностью. При этом контактная усталость и износ являются конкурирующими механизмами повреждаемости и при сочетании определенных условий поочередно возникают на железных дорогах, приводя к повышенной сменяемости колес и рельсов.

Как показывает опыт эксплуатации, наибольшим температурным воздействиям подвергаются колесные пары в процессе торможения, когда к влиянию динамических сил добавляется влияние сил торможения. Для исследования влияния тормозных сил на кинематику вращения колеса при торможении были проведены тормозные испытания пассажирского вагона с дисковыми тормозами. Испытания проводились методом «бросания», при котором исследуемый вагон автоматически отцепляется от опытного поезда и тормозится только под действием собственной тормозной системы. Сигналы от датчиков оборотов каждой колесной пары, а также давления в тормозных цилиндрах и питательном резервуаре записывались на компьютер.

Анализ результатов исследований показал, что при торможении вагона наблюдаются два временных участка, характеризующиеся максимальным отклонением линейной скорости вращения колесных пар от средней скорости

движения вагона. Первый участок обусловлен нарастанием давления (тормозной силы) в тормозных цилиндрах,

второй участок наблюдается при достижении скорости движения вагона от 40 км/ч до полной его остановки.

УДК 629.4.77-592.117

*Ю.Я. Водяников, Т.В. Шелейко, С.М. Свистун  
Y.Ya. Vodyannikov, T.V. Sheleyko, S.M. Svistun*

## ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА РУНГЕ-КУТТЫ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТОРМОЗНОГО ПУТИ ЕДИНИЦ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

## APPLICATION OF THE RUNGE-KUTTA METHODS TO DETERMINE THE BRAKING UNITS OF ROLLING STOCK

Как показывает практика, движение поезда как единой массы при неустановившемся торможении довольно точно описывается обыкновенным дифференциальным уравнением класса задач Коши, из всего многообразия численных решений которых наибольшее распространение получил метод Рунге-Кутты, основанный на вычислении приближенного решения  $y_{i+1}$  в узле  $x_{i+1} = x_i + h$  в виде линейной комбинации с постоянными коэффициентами, разработанный около 1900 года немецкими математиками К. Рунге и М. Куттой.

Популярность метода Рунге-Кутты среди значительного числа исследователей объясняется его весомыми достоинствами, среди которых легкость программирования, достаточно широкий круг решаемых задач и устойчивость. Кроме того, являясь одношаговым, а значит, самостартующимся, метод не требует предварительных начальных данных и позволяет на любом этапе вычислений легко изменять шаг интегрирования.

В соответствии с особенностью изменения силы нажатия накладок (колодок), математическая модель движения пассажирского вагона с учетом изменения тормозной силы во времени от нулевого значения до установившегося – дифференциальное уравнение второго порядка – методом Рунге-Кутты была приведена к системе дифференциальных уравнений первого порядка путем ввода дополнительных аргументов. Разработанный алгоритм расчета с учетом особенностей тормозных систем вагонов с колодочными и дисковыми тормозами был реализован в виде программного комплекса на ЭВМ.

Сравнительный анализ методов расчетных исследований тормозного пути единицы подвижного состава железных дорог показал, что наилучшее совпадение с результатами экспериментальных данных получено при решении дифференциального уравнения движения поезда методом Рунге-Кутты, что может быть использовано для уточненной оценки тормозного пути.

УДК 756.223

*А.Д. Анофриев, К.В. Макаров,  
С.Д. Мокроусов, Н.М. Найш*

*A.D. Anofriev, K.V. Makarov,  
S.D. Mokrousov, N.M. Naysh*

## СЕГОДНЯ И ЗАВТРА ВАГОНОСТРОЕНИЯ

## TODAY AND TOMORROW CAR-BUILDING

Экономическая ситуация, сложившаяся в настоящее время на постсоветском пространстве, усугубляемая кризисом в мировом масштабе, не могла не повлиять на производство железнодорожного подвижного состава. В условиях профицита парка полувагонов заводы переключают свои производственные мощности на изготовление специализированного подвижного состава. В представленной ниже таблице показано перераспределение выпуска различных видов вагонов. Представленные данные свидетельствуют о значительном увеличении выпуска хопперов, крытых вагонов и стабильности выпуска платформ.

Перераспределение выпуска приведенных видов вагонов остается стабильным в настоящее время. Указанное позволяет считать обоснованной актуальность в сложившейся ситуации производства крытых вагонов, платформ и вполне перспективным направление создания и тиражирование платформ для перевозки крупнотоннажных контейнеров в два яруса. При детальном рассмотрении технических параметров выпускаемых, а следовательно востребованных вагонов, можно заключить, что вагоны, не меняющие своего назначения, претерпевают изменения в части

оптимизации конструктивных особенностей и технических характеристик для удовлетворения требований рынка. Поэтому одним из направлений стратегии производства в настоящее время является модернизация серийно выпускаемых вагонов, заключающаяся в оптимизации технических параметров последних, и внедрение конструктивных изменений по усовершенствованию их показателей. Так, например, уже сегодня на ЧАО "НПЦ "ТРАСМАШ" осваивается производство различных типов вагонов:

- универсальные полувагоны модели 12-9955, 12-9955-01 с объемами кузова 90 м<sup>3</sup> и 78 м<sup>3</sup> соответственно, специализированный полу-вагон с глухим кузовом модели 12-9955-02;

- вагоны-хопперы для сыпучих грузов, требующих защиты от атмосферных осадков, и имеющие следующие исполнения: модель 19-9966 для зерна и других пищевых сыпучих грузов, модель 19-9966-01 для некоррозионно-активных минеральных удобрений, сыпучего сырья для их производства и других сыпучих грузов, модель 19-9966-02 для коррозионно-активных минеральных удобрений и сырья для их производства;

- цистерна для светлых нефтепродуктов модели 15-9857.

УДК 625.115:625.114

*А.Н. Носач*

*A.N. Nosach*

## ВЛИЯНИЕ ШИРИНЫ КОЛЕСНОЙ ПАРЫ НА ИНТЕНСИВНОСТЬ ИЗНОСА ГРЕБНЕЙ

## THE EFFECT OF THE WIDTH OF WHEEL PAIR ON THE WEAR OF

Одной из причин, вызывающих увеличение интенсивности износа гребней, а соответственно и боковых поверхностей рельсов, является *отсутствие достаточного зазора* между гребнями и боковыми поверхностями головок рельсов в начальный период эксплуатации колесной пары после восстановления поверхности катания с обтачиванием на максимальную толщину гребней.

Для оценки условий прохождения колесной пары по рельсовой колее можно применить условный суммарный зазор  $\Sigma\delta$ , значение которого равно разнице между размерами ширины рельсовой колеи  $S$  и ширины колесной пары  $Q$ . Для отдельных размеров ширины колесной пары на зауженной колее суммарные зазоры между гребнями и боковыми поверхностями головок рельс составляют минимальные значения вплоть до отрицательных (минус 1 мм). Такие разбеги зазоров негативно действуют на общую динамику движения поезда, способствуют интенсивному износу пары колесо-рельс. Кроме того,

увеличивается сопротивление движению поезда, на преодоление которого необходимы повышенные затраты энергии. Поэтому в настоящий момент приобретает острую актуальность введение в перечень нормативных показателей размера ширины колесной пары и внедрение в практику контроля этого показателя. Результаты расчетов возможных зазоров между гребнями и рельсами при всех возможных сочетаниях размеров колес и рельсовой колеи свидетельствуют о необходимости установления предельных размеров ширины колесной пары, **максимальное значение которой должно быть 1505 мм, а минимальное – 1490 мм.**

Для контроля ширины колесной пары предлагается применить штанген, Конструкция штангена позволяет определять размер между наружными поверхностями гребней колес на определенном расстоянии от вершины в месте измерения толщины гребней, а также расстояние между внутренними поверхностями ободов колес.

УДК 629.2

*Н.В. Безрукавий*

*N.V. Bezrukaviy*

**РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ  
ИЗНОСОСТОЙКИХ ПРОФИЛЕЙ ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ СРОКА  
ЭКСПЛУАТАЦИИ ВАГОННЫХ КОЛЕС**

**MANAGEMENT WEARPROOF PROFILES FOR INCREASING USE  
OF WAGON WHEEL**

Как известно, на сети железных дорог Украины используются колеса, толщина ободьев которых позволяет производить их многократную переточку для восстановления контролируемых размеров поверхности катания. При этом срок службы колес может быть увеличен за счет возможности выполнения большего числа переточек колесной пары. Из этого следует, что существуют такие способы увеличения срока эксплуатации колесных пар: снижение износа колес, а также рациональное использование металла ободьев при их обточке.

При этом первое направление является более приоритетным, так как снижение износа колес позволяет значительно увеличить межремонтные пробеги вагона. Снижение износа колес достигается за счет применения комплексной модернизации тележек грузовых вагонов, разработанной на основе результатов теоретических и экспериментальных исследований сотрудников ИТМ НАНУ и ГКАУ. Одним из основных элементов модернизации, снижающих износ, является износостойкий профиль ИТМ-73. Опытная эксплуатация вагонов с колесами, обточенными по данному профилю, доказала его эффективность.

С целью дальнейшего увеличения срока эксплуатации вагонных колес был предложен профиль ИТМ-73-01, который позволяет снимать при обточке меньший слой металла, что увеличивает число возможных обточек колес за весь период эксплуатации. В данной работе была проанализирована эффективность использования колес, обтачиваемых по этому профилю, в сравнении с колесами, имеющими профиль ИТМ-73 и стандартный.

Показано, что применение износостойкого профиля ИТМ-73 способствует увеличению срока эксплуатации колес за счет уменьшения интенсивности износа гребней, а применение профиля ИТМ-73-01, кроме указанного преимущества, позволяет более рационально использовать металл обода колеса при его обточке. Использование профиля ИТМ-73-01 также более эффективно в сравнении со стандартным профилем, при устранении поверхностных дефектов у колес со значительным ресурсом по толщине гребня. Рациональное использование сочетаний двух износостойких профилей позволяет значительно повысить надежность колесных пар, а также сократить затраты, связанные с ремонтом колес.

УДК 621.791.927

*В.А. Роянов, П.В. Коросташевский, Е.В. Сотников*

*V.A. Royanov, P.V. Korostashevsky, E.V. Sotnikov*

**ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИИ ОБОРУДОВАНИЯ  
УНИВЕРСАЛЬНЫХ ЛИНИЙ СБОРКИ И СВАРКИ ЛИСТОВЫХ  
ПОЛОТНИЩ ОБЕЧАЕК КОТЛОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ВАГОНОВ-  
ЦИСТЕРН И ТЕХНОЛОГИИ СБОРКИ И СВАРКИ ПОЛОТНИЩ В  
УСЛОВИЯХ СОВРЕМЕННОГО РЫНКА**

**DESIGN FEATURES OF EQUIPMENT AND COMPACT LINE  
ASSEMBLY WELDING SHEET THE CLOTH SHELLS BOILERS TANK  
CARS AND TECHNOLOGIES FOR ASSEMBLY AND WELDING PANELS  
IN THE MARKET TODAY**

Линии сборки и сварки листовых полотнищ железнодорожных вагонов-цистерн и контейнеров цистерн включают в себя станды сборки полотнищ из листов различной толщины и ширины, автоматической стыковой (как правило, под слоем флюса на флюсовых подушках) сварки первой стороны полотнищ, автоматической сварки второй стороны полотнищ, промежуточные станды отстоя и кантователь полотнищ. В конце линии располагаются вальцы, формирующие полотнища в обечайку. Станды сварки первой и второй стороны полотнищ конструктивно выполняются для автоматической сварки всех швов каждого полотнища (как правило – четырех) одновременно. Это предопределяет максимальную производительность оборудования и высокое качество сварных соединений, эффективно использовалось при стабильной ширине листов в крупносерийном и массовом производстве. Однако, в последние годы технология сварки полотнищ путем одновременной автоматической сварки нескольких швов даже в условиях современного массового производства по ряду причин становится невозможной. Это обусловлено не только ростом номенклатуры вагонов-цистерн для

перевозки различных продуктов, имеющих полотнища обечайек котлов из листов различной ширины, но и, в первую очередь, нестабильностью условий приобретения и поставки листового металлопроката требуемых параметров. Из-за невыгодности металлургам заниматься относительно мелкими, к тому же требуемыми часто по срочным контрактам, заказами, вагоностроителям приходится приобретать не то, что необходимо, а то, что хоть как-то подходит по параметрам и цене. При этом предсказать ширину листов, из которых будут изготавливаться те или иные полотнища, практически нереально.

В этом случае приходится выполнять сварку полотнищ путем последовательной сварки каждого стыка на одном рабочем месте, на одной

флюсовой подушке (при сварке первой стороны), одним сварочным автоматом с постоянными передвижками полотнища. Несмотря на универсальность такой технологии (она совершенно не зависит от ширины свариваемых листов), при ее использовании в разы снижается производительность оборудования и выпуск продукции в целом. Кроме того, при сварке на одной флюсовой подушке нескольких швов без промежуточной

подготовки флюса ухудшается качество сварки последних стыков.

Повышения производительности линий сборки и сварки листовых полотнищ и увеличения выпуска продукции без ухудшения ее качества в современных условиях можно достичь несколькими путями, а именно:

1. Увеличить в несколько раз скорость автоматической сварки полотнищ под слоем флюса. Это было бы самым радикальным решением, однако его реализация требует длительных дополнительных исследований, поиска и отработки новых режимов сварки и технологии в целом, проведения дополнительных серьезных испытаний готовой продукции.

2. Разработать и изготовить универсальное технологическое оборудование – станды сварки листовых полотнищ с передвижными и стационарными порталами со сварочными автоматами и флюсовыми подушками, секциями раздвижного роликового поля, специальным транспортом. Это решение обеспечит максимальную производительность при любом раскрое полотнищ, улучшит качество, но такое оборудование требует значительных капитальных и эксплуатационных затрат.

3. Разработать и изготовить универсальные 2-местные станды сварки листовых полотнищ со стационарными порталами со сварочными автоматами и стационарными флюсовыми подушками, позволяющие вдвое увеличить производительность оборудования путем одновременной сварки двух стыков при любом их количестве в полотнище.

Последний вариант представляется наиболее рациональным в современных условиях. Его применение потребует модернизации существующего оборудования с увеличением длины стандов сварки полотнищ (что повлечет за собой увеличение требуемых площадей) и изменения общей схемы технологии сварки первой и второй стороны полотнищ в зависимости от количества сварных стыков. Несмотря на дополнительные затраты, его использование позволит не только существенно повысить производительность оборудования и выпуск продукции, но и оптимизировать численность постоянно работающих на линиях сборки и сварки листовых полотнищ сварщиков и иных рабочих, что является важным организационным фактором в условиях постоянно изменяющихся раскроев полотнищ (ширины листов).

**УДК 621.833.1: 539.43: 620.179.118**

*П.В. Колодяжний*

*P.V. Kolodyazhnyi*

## **ИННОВАЦИОННЫЕ ОПЕРАЦИИ В ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС ЛОКОМОТИВОВ**

### **INNOVATIVE OPERATIONS IN TECHNOLOGY OF LOCOMOTIVE GEARS MANUFACTURING**

Обеспечение эксплуатационных свойств зубчатых колес локомотивов достигается за счет упрочняющих технологий. Надежность зубчатых колес в

эксплуатации зависит от контактной и изгибной прочности.

В связи с этим актуальной задачей является повышение прочностных свойств

зубчатих колес за счет инновационных операций в технологии их изготовления.

Для исследований использовались образцы, представляющие собой фрагменты зубчатых колес локомотивов из стали 45 ХН, изготовленные по различным технологиям. Термическое упрочнение зубчатых колес осуществлялось закалкой ТВЧ (секторной и контурной). Ультразвуковое упрочнение впадин и переходной области зубьев осуществлялось на экспериментальной установке для УЗО. На основе экспериментальных исследований установлено, что после УЗО впадин зубчатых колес шероховатость поверхности  $R_a$  изменяется с 0,8 до 0,21 мкм, в то время как после накатки роликом она составляет 1,25 мкм.

Проведены исследования по определению твердости по толщине упрочненного слоя после накатки роликом и УЗО. Толщина упрочненного накаткой слоя составляет 2 мм, однако возникает различие в степени упрочнения впадины (18 %) и переходной области зубьев (12 %).

После УЗО толщина упрочненного слоя составляет 1мм, характерно равномерное упрочнение впадины между зубьями (17,7 %) и переходной области зубьев (17,3 %). Исследования по определению предела выносливости зубьев, изготовленных по различной технологии, выполнялись на машине ЦДМ-200 на базе  $5 \cdot 10^6$  циклов. На основе исследований установлено, что наибольший предел выносливости зубьев зубчатых колес достигается после комбинированной обработки: упрочнение рабочих поверхностей зубьев секторной закалкой ТВЧ и упрочнение переходной области зубьев и впадин УЗО.

Выводы: доказана эффективность применения УЗО переходной области зубьев и впадин между зубьями зубчатых колес локомотивов для улучшения шероховатости поверхности, равномерного упрочнения, повышения твердости, а также увеличения предела выносливости зубьев.

**УДК 625.032**

*Є.В. Михайлов, М.Д. Солодовник, С.О. Семенов*

*E.V. Mikhailov, M.D. Solodovnik, S.O. Semenov*

## **МОЖЛИВОСТІ ЗНИЖЕННЯ ЗНОСУ ГРЕБЕНЯ ДЛЯ НОВОЇ КОНСТРУКТИВНОЇ СХЕМИ КОЛЕСА**

## **OPPORTUNITIES FOR REDUCING WEAR CREST DESIGN SCHEMES NEW WHEELS**

Кінематичне прослизання в точці контакту гребеня колеса з бічною гранню головки рейки визначає підвищений знос контактуючих поверхонь і додатковий опір руху рухомого складу, що являє серйозну технічну й економічну проблему для рейкового транспорту.

Очевидно, що без зміни традиційної конструкції колеса уникнути відміченого кінематичного прослизання не уявляється можливим, тому доцільно розглянути можливості принципової зміни конструктивної схеми, що дозволяє гребеню повертатися щодо колеса навколо їх загальної осі.

У разі наявності конструктивної можливості повороту гребеня щодо колеса модуль і кут нахилу до горизонталі вектора швидкості прослизання гребеня по рейці, відповідної сили тертя в гребеневому контакті, та величина миттєвої потужності цієї сили залежать від співвідношення кутових швидкостей обертання колеса  $\dot{\varphi}_K$  і рухомого гребеня  $\dot{\varphi}_G$ .

Жорсткий зв'язок величини кутової швидкості рухомого гребеня з кутовою швидкістю колеса в пропонованій конструктивній схемі колеса відсутній. Тому для визначення стаціонарного стану даної механічної системи був застосований відомий принцип мінімуму ентропії системи, згідно з яким реалізується той з безлічі можливих станів, якому відповідає

мінімальне розсіювання енергії в системі. З урахуванням цього можемо вважати квазістаціонарним (стабільним) той стан даної системи, при якому розсіювання енергії у гребеневому контакті є мінімальним.

Аналіз характеру залежності показує можливість істотного зниження потужності сил тертя у гребеневому контакті для колеса з рухомим гребенем у порівнянні з колесом традиційної конструкції при певному співвідношенні  $\dot{\varphi}_G / \dot{\varphi}_K$ . Це дає підстави чекати відповідного зниження зносу гребенів коліс і рейок, а також зменшення опору руху рейкового рухомого складу при використанні коліс перспективної конструктивної схеми.

**УДК 629.4.027.11**

*I.E. Мартинов, В.О. Шовкун*

*I.E. Martinov, V.A. Shovkun*

## **ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ЕЛЕМЕНТІВ БУКСОВИХ ПІДШИПНИКОВИХ ВУЗЛІВ**

## **RESEARCH THE STRESSED-DEFORMED STATE OF ELEMENTS OF THE AXLE BOX BEARING UNITS**

Забезпечення безпеки руху поїздів є важливим завданням для залізничного транспорту. Важливим елементом ходових частин вагона є буксові вузли. Тому підвищення показників їх надійності є актуальним та важливим питанням.

Проте відомі методи розрахунку надійності та довговічності буксових вузлів є застарілими і не повністю враховують імовірнісну природу дії навантажень, прикладених до елементів буксового підшипникового вузла.

При розрахунку на міцність і надійність елементів конструкції буксових

вузлів використовуються спрощені схеми, які не враховують ряд діючих чинників. З метою дослідження напружено-деформованого стану буксового вузла та вдосконалення методик розрахунку надійності і довговічності буксових вузлів у програмному середовищі ANSYS Mechanical APDL розроблено 3D модель буксового підшипникового вузла вантажного вагона, яка включає модель корпусу букси та модель здвоєного касетного підшипника з короткими циліндричними роликами. У подальшому геометрична модель буксового вузла з

підшипником перетворювалась у скінченноелементну. Модель враховує, не лише внутрішню геометрію підшипників, але й особливості передачі навантаження на них, а також дозволяє імітувати різні варіанти навантаження, з оцінкою напружено-деформованого стану, як самого підшипника, так і інших елементів буксового підшипникового вузла.

Отримані результати дозволять встановити величини та місця локалізації максимальних контактних напружень в зоні контакту роликів та доріжок кочення, а

також епюри розподілу радіальних зусиль на ролик у процесі обертання. Це, у свою чергу, дасть змогу використати ці дані при доопрацюванні конструкцій буксових вузлів, схем передачі навантаження та існуючих методик розрахунку довговічності підшипників, з урахуванням уточнених контактних напружень, які виникають в підшипниковому вузлі, характеру розподілу радіальних навантажень, а також часу перебування ролика під кожним з навантажень.

**УДК 629.4.027.11**

*I.E. Мартинов, В.О. Юдін*

*I.E. Martinov, V.O. Yudin*

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ФАКТОРІВ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА МОМЕНТ ОПОРУ ТЕРТЯ БУКСОВИХ ПІДШИПНИКІВ**

## **RESEARCH OF THE INFLUENCE OF TYPE AXLE UNITS FREIGHT WAGONS ON ENERGY CONSUMPTION BY LOCOMOTIVE**

На сучасному ринку транспортних послуг спостерігається зростання попиту на вантажоперевезення сировини і продукції важкої промисловості. Тому перед транспортними компаніями ставиться завдання підвищити ефективність вантажоперевезень. Існують два шляхи вирішення даної задачі: інтенсивний та екстенсивний. При цьому перший - модернізація існуючого рухомого складу і використання вагонів з поліпшеними техніко-економічними характеристиками, а другий - кількісне збільшення морально застарілого рухомого складу.

З метою порівняння показників опору руху на вагонах, обладнаних різними типами підшипників, були проведені порівняльні експлуатаційні тягово-енергетичні випробування на ділянці

Ароматна - Таврійськ Придніпровської залізниці Укрзалізниці. У випробуваннях брали участь напіввагони з візками моделі 18-100 (без модернізації), напіввагони з візками, що пройшли комплексну модернізацію за проектом С03.04 (з типовими циліндричними підшипниками), а також напіввагони з візками, обладнаними дворядними підшипниками касетного типу ТВУ різних виробників.

Під час випробувань за допомогою динамометричного вагона Придніпровської залізниці вимірювалися параметри, що характеризують режим руху поїзда. За вихідні дані приймалися витрати електричної енергії в локомотиві в режимі тяги, а також темпи втрат швидкості при русі в режимі вибігу.

Результати випробувань свідчать, що серед вагонів, обладнаних касетними конічними підшипниками, кращі результати показали вагони, обладнані підшипниками SKF. У порівнянні з вагонами, обладнаними підшипниками Бренко, у вагонів, обладнаних підшипниками SKF, питома витрата електроенергії в режимі тяги на прямих ділянках колії для навантаженого режиму була менше на 7,7 %, а в порожньому режимі відповідно на 19,82 %. В той же час

в режимі тяги в кривих ділянках колії для навантаженого режиму перевагу мали підшипники Бренко (питома витрата електроенергії менше на 11 %), а в порожньому режимі питома витрата електроенергії знову була кращою у підшипників SKF на 8,1 %.

На величину витрат енергоресурсів значний вплив роблять зовнішні фактори: тип і стан локомотива, а також характер ведення поїзда машиніста.

**УДК 629.472.7:658.527**

*В.В. Мямлин*

*V.V. Myamlin*

**ГЛАВНАЯ ЗАДАЧА В СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ  
ИНДУСТРИАЛЬНЫХ МЕТОДОВ РЕМОНТА ВАГОНОВ –  
АДАПТАЦИЯ ПОТОКА К КАЖДОМУ ОТДЕЛЬНОМУ ВАГОНУ**

**THE MAIN TASK IN IMPROVING  
INDUSTRIAL METHODS OF REPAIR OF WAGONS - ADAPTATION  
OF THE FLOW TO EACH INDIVIDUAL CAR**

На протяжении длительного времени вагонные депо строились только с жёсткой структурой. Это свидетельствует о том, что «традиционные» потоки не учитывают вероятностную природу вагоноремонтного производства. Только по вагоносборочному участку трудоёмкости ремонта, например полувагонов, отличаются в 3-4 раза, и носят вероятностный характер. Эта особенность ремонтного производства очень сильно сказывается на ритмичности потока. Поэтому вагоноремонтная наука и практика в деле совершенствования поточных методов ремонта шли по пути адаптации объектов ремонта к характеристикам существующих поточных линий. Таким образом, в «жёстких» поточно-конвейерных линиях происходила

«подгонка» вагонов к параметрам потока: подбор вагонов по трудоёмкости ремонта, организация предварительных уравнивательных позиций, на которых у вагонов с повышенной трудоёмкостью выполняются определённые работы, позволяющие приблизить трудоёмкость до «нормы». Во время пребывания вагонов на уравнивательных позициях использовался стационарный метод ремонта. Получалось, что одну часть времени вагоны ремонтируются стационарным методом, а только другую – поточным. Таким образом, называть в целом такую организацию ремонта вагонов поточной можно только с очень большой долей условности. Как показала практика, жёсткий поток оказался далеко не идеальным.

Совершенно иная картина наблюдается при организации гибких потоков ремонта вагонов, которые позволяют за счёт адаптации потока к каждому отдельному вагону до 50 % увеличить пропускную способность системы и значительно сократить продолжительность пребывания вагонов в ремонте. Один из самых реальных механизмов обеспечения гибкости потока может быть реализован за счёт использования специальных архитектурно-технологических компоновок зданий, позволяющих за счёт использования транспортного пролёта, оборудованного специальным транспортным агрегатом, осуществлять индивидуальное перемещение каждого вагона между позициями потока.

Главная сложность состоит в том, что здания всех вагонных депо в советское время строились под жёсткий поток. И теперь создать на этой основе полноценный гибкий поток не представляется возможным. Речь может идти только о внедрении отдельных элементов гибкого потока. Имеется целый ряд депо, территории которых позволяют произвести реконструкцию депо и пристроить новое

здание с соответствующей оригинальной планировкой, в котором может быть организован соответствующий гибкий вагоноремонтный поток. При новом же строительстве вагоноремонтных предприятий ориентация на использование гибкого потока должна быть однозначной.

На кафедре «Вагоны и вагонное хозяйство» Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна разработаны имитационные программы, позволяющие рассчитать пропускную способность гибких вагоноремонтных потоков с различной структурой для любых типов вагонов и разных видов ремонта. При разработке программы была использована среда приложений Microsoft Visual Studio 2010, а текст самой программы написан на алгоритмическом языке Visual Basic.

Таким образом, разработаны научные основы формирования гибких адаптивных потоков для ремонта вагонов и предложено оригинальное программное обеспечение, позволяющее производить оценку параметров будущих предприятий ещё на стадии их проектирования.

**УДК 629.472.7:658.527**

*С.В. Мямлин, В.В. Жижко,  
К.Б. Савченко*

*S.V. Myamlin, V.V. Zhizhko, K.B. Savchenko*

## **ИСТОРИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ТЕХНИКИ В ДИИТе**

## **HISTORY OF RESEARCH OF RAILWAY EQUIPMENT IN DNURT**

Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В.Лазаряна (прежнее

название Днепропетровский институт инженеров железнодорожного транспорта (ДИИТ) основан в 1930 году, а первые

результаты исследований уже опубликованы в 1932 году. Естественно, эти исследования относились к тем конструкциям подвижного состава, которые использовались в те времена на железных дорогах Советского Союза. Работы были связаны с оценкой эксплуатационных характеристик и совершенствованием ремонта отдельных типов подвижного состава, а именно: двухосных грузовых вагонов, двухосных пассажирских вагонов и различных типов паровозов. Развитие железнодорожной техники требовало от ученых различных научных школ применения современных, для каждого этапа развития техники, средств вычислительной техники и совершенствования методов проведения экспериментальных исследований.

Основная часть лабораторий создавалась уже после Великой Отечественной войны, и к середине 50-х годов прошлого века были созданы первые научно-исследовательские лаборатории, которые формировались сначала как научные группы, а затем приказами Министерства путей сообщения СССР организовывались отраслевые научно-исследовательские лаборатории. К ведущим научно-исследовательским лабораториям следует отнести лабораторию динамики и прочности подвижного состава, лабораторию вагонов, лабораторию динамики мостов и путеиспытательную лабораторию. Затем по мере развития научных школ и кафедр ДИИТа формировались новые научно-исследовательские лаборатории. На сегодняшний день в университете ведутся исследования в 27 научных подразделениях, в том числе в 22 научно-исследовательских лабораториях, трех конструкторских бюро, научно-исследовательском институте подвижного состава, пути и транспортных сооружений, Испытательном центре и двух испытательных лабораториях. Причем только за последние три года создано пять научных

подразделений, которые специализируются на проектировании подвижного состава, элементов инфраструктуры железных дорог и объектов промышленного строительства, а также ведут разработку технологий ремонта и эксплуатации нового подвижного состава.

Начиная с 60-х годов ХХ столетия научными лабораториями университета выполнены теоретические и экспериментальные исследования более чем 300 типов подвижного состава магистрального и промышленного железнодорожного транспорта как отечественного, так и иностранного производства. К объектам исследований относятся: грузовые, пассажирские и рефрижераторные вагоны, транспортеры, тепловозы и электровозы, путевые машины, дизель- и электропоезда, специальная железнодорожная техника (краны на железнодорожном ходу, дрезины, самоходные и несамоходные машины, военная техника на железнодорожном ходу и т.д.).

Для выполнения теоретических исследований в университете в 1962 году был создан первый в Днепропетровской области вычислительный центр, где применялись ЭВМ. В настоящее время университет располагает более чем 1000 современных компьютеров.

Базой современных экспериментальных исследований является значительный парк стендового оборудования – шесть вагонов-лабораторий для проведения натуральных экспериментов (четыре на базе пассажирских вагонов и два на базе грузовых вагонов). Целый комплекс исследований, связанных с определением ресурсных характеристик подвижного состава, проводится на специализированном полигоне университета на станции Илларионово Приднепровской железной дороги, который имеет горку, ударный тупик и цех для проведения стендовых испытаний.

Таким образом, в университете сформирована и успешно функционирует

система организации и проведения научных исследований железнодорожной техники и элементов инфраструктуры, которая позволяет осуществлять

комплексную оценку новой и модернизированной техники для нужд железнодорожного транспорта и транспортного строительства.

*С.В. Мямлин, В.И. Приходько,  
В.В. Жижко, В.Н. Дузик, А.В. Харченко*

*S.V. Myamlin, V.I. Prikhodko,  
V.V. Zhizhko, V.N. Duzik, A.V. Kharchenko*

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ КАЧЕСТВ ПАССАЖИРСКИХ  
ВАГОНОВ ЭЛЕКТРОПОЕЗДОВ КРЮКОВСКОГО  
ВАГОНОСТРОИТЕЛЬНОГО ЗАВОДА НА ПЕРСПЕКТИВНЫХ  
ТЕЛЕЖКАХ**

**DETERMINATION OF DYNAMIC PROPERTIES OF THE PASSENGER  
CARS OF ELECTRIC TRAINS “KRYUKOVSKY RAILWAY CAR  
BUILDING WORKS” ON PERSPECTIVE TROLLEYS**

Разработка подвижного состава железных дорог включает в себя проведение теоретических и экспериментальных исследований. Выбор характеристик новых конструкций на предварительных этапах разработки опытных образцов органично дополняется также теоретическими исследованиями по выбору рациональных параметров рессорного подвешивания [1-7]. Задачей данного исследования является определение динамических показателей головного и промежуточного вагонов межрегионального двухсистемного электропоезда производства ПАО «Крюковский вагоностроительный завод» (КВСЗ) [8] во всем диапазоне эксплуатационных скоростей движения, которые допускаются на имеющихся участках железных дорог Украины, с использованием моторных и немоторных тележек перспективных конструкций.

Определение показателей динамических качеств производилось с использованием математического

моделирования пространственных колебаний головного и промежуточного вагонов при их движении в составе электропоезда по прямому участку пути, а также по кривым среднего (600 м) и малого радиуса (300 м). При моделировании использовалась разработанная в Днепропетровском национальном университете железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна компьютерная программа «DYNRAIL» [9,10].

Для оценки динамических показателей выполнены исследования, моделирующие движение полученных пространственных математических моделей головного и промежуточного вагона электропоезда, а также объектов-эталонов по прямому пути и по кривым среднего и малого радиусов. Кроме основных динамических показателей, определялись еще два дополнительных: показатель износа колес по поверхности катания (Пк) и показатель износа на гребне колеса (Пг). Величины этих показателей, хоть и не регламентируются нормативной

документацією, но все же позволяют дополнительно оценить качества исследуемых вагонов на перспективных тележках в условиях эксплуатации.

Из результатов математического моделирования следует, что на прямом участке пути основные динамические показатели головного и промежуточного вагонов электропоезда не выходят за допустимые пределы при скоростях до 220 км/ч, при этом имеется значительный запас по всем величинам динамических показателей. Кроме этого, в рассмотренных диапазонах скоростей все динамические показатели промежуточного и головного вагонов электропоезда гораздо лучше, чем у объектов-эталонов, что свидетельствует о качественном отличии разработанных конструкций вагонов от имеющихся в эксплуатации.

Таким образом, в результате выполнения теоретических исследований динамической нагруженности головного и промежуточного вагонов межрегионального двухсистемного электропоезда производства ПАО «Крюковский вагоностроительный завод» на тележках перспективной конструкции получен вывод о подтверждении конструкционной скорости движения, которая составляет 200 км/ч для прямолинейных участков пути, что дает основание для формирования инновационного для Украины направления развития скоростного и высокоскоростного железнодорожного транспорта на базе предложенных моделей вагонов. Это дает возможность перейти к производству и эксплуатации инновационного подвижного состава нового поколения с использованием перспективных тележек.

*А.Н. Пшинько, С.В. Мямлин*

*A.N. Pshinko, S.V. Myamlin*

## **ПРОГРЕСС ТРАНСПОРТА – УСЛОВИЕ УСПЕШНОГО РАЗВИТИЯ НАЦИОНАЛЬНОЙ ЭКОНОМИКИ**

### **PROGRESS TRANSPORT - CONDITION FOR THE SUCCESSFUL DEVELOPMENT OF THE NATIONAL ECONOMY**

Во все эпохи научные открытия и развитие различных направлений науки способствовало совершенствованию технических средств и транспорта особенно. Не вдаваясь в исторический экскурс в незапамятные времена, когда было изобретено колесо, и в более близкие времена, когда был создан двигатель внутреннего сгорания и другие инженерно-технические новации, представляет интерес, насколько развитие науки и технологий способствует внедрению более прогрессивных средств транспорта. На железнодорожном транспорте прогресс в основном связывают с переходом от

конной тяги к паровой, от паровой тяги к использованию тепловой энергии, то есть двигателю внутреннего сгорания, которые уступили электротяге. Далее идут магнитолевитационные транспортные средства и экипажи с реактивной тягой, которые находятся на грани между наземным и воздушным транспортом. Это не предел как по методам приведения в действие транспортного средства, так и по способам перемещения экипажей. Но это то, что касается тяговых средств транспорта. При этом приведена далеко не полная ретроспектива, а укрупненная, но вполне адекватно дающая возможность

проследить связь между открытиями науки и прорывами в инженерной мысли с развитием транспортных средств.

Как видим, достижения инженерной мысли приводят к развитию технического прогресса. При всей банальности данного утверждения хотелось бы еще раз подчеркнуть, что именно творческий, инженерный подход позволяет производить, а точнее генерировать прогрессивные идеи и не только в технической области. Одним из примеров использования инженерного подхода при решении сложных нетехнических задач является создание различных экономических теорий. Это и физическая экономика, и модель технотронного общества, которые используют как основные или фундаментальные идеи именно главенства законов физики и соответствующих им закономерностей.

В соответствии с положениями теории физической экономики человечеством правит не физическая сила, применяемая людьми. Человечеством управляет сила идей, т.е. взаимодействие тех борющихся друг с другом идей, которые, реализуясь через разум людей, в конечном счете, управляют физическими процессами поведения общества.

Физическая экономика изучает особенности и принципы развития сферы материального (физического) производства с целью количественного и качественного улучшения наполнения «рыночной корзины» на базе непрерывного научно-технологического прогресса, обеспечивающего длительное существование человечества на Земле.

Транспорт, являясь, по определению классиков, стержнем национальной экономики, задает основной тон при формировании экономических отношений независимо от общественного строя, естественно, для тех стран, в которых присутствует транспортная отрасль. Для Украины, где транспортная отрасль не только присутствует, но и доминирует в экономике по целому ряду показателей,

развитие транспорта, его технический и технологический уровень являются ориентирами для других отраслей экономики. Именно от прогрессивных тенденций развития транспортной отрасли и зависит глобальное развитие национальной макроэкономики.

Курс на поддержку отечественного товаропроизводителя развивается и в других программных документах. Правительством страны был представлен проект Госпрограммы активизации развития экономики на 2013-2014 годы, к основным положениям которого относятся шесть приоритетных направлений: повышение конкурентоспособности экономики; улучшение инвестиционных условий; поддержка национального товаропроизводителя и реализация политики импортозамещения; развитие отраслей, производящих высокотехнологическую продукцию; структурная реформа в стратегических секторах, в частности, госсектор экономики, инфраструктура и связь, ТЭК, ЖКХ и строительство; развитие экспортного потенциала, включая финансовую поддержку экспортеров и продвижение украинских товаров на внешних рынках.

Таким образом, рассмотрено влияние развития транспорта на совершенствование национальной экономики, при этом прослеживается активная роль научно-технического прогресса в транспортной отрасли. Рассмотрены действенные инструменты повышения эффективности национальной экономики, одним из которых является государственный заказ на продукцию основных отраслей промышленности. Получен вывод о том, что обеспечение государственного заказа на продукцию отечественных предприятий – основной путь укрепления национальной экономики, и в конечном итоге – это основное направление на повышение уровня жизни в стране. Государственный заказ на продукцию транспортной отрасли позволит решить также целый ряд социальных задач регионального и общегосударственного уровня.

**Тези доповідей Міжнародної науково-практичної конференції:  
*Вагони нового покоління – із XX в XXI сторіччя***

---