

О результатах подконтрольной эксплуатации инфраструктуры участка Качканар – Смычка под полувагонами с осевой нагрузкой 27 тс

Е.Ю. Семенов,
исполнительный директор Ассоциации
испытательных центров железнодорожной
техники

Е.А. Монастырев,
генеральный директор АО «НИИ мостов»

С.В. Дмитриев,
генеральный директор ООО «Тихвинский
испытательный центр железнодорожной техники»

Р.А. Савушкин,
генеральный директор ПАО «Научно-
производственная корпорация «Объединенная
Вагонная Компания»

А.М. Соколов,
первый заместитель генерального директора
по стратегии и продукту ПАО «Научно-
производственная корпорация «Объединенная
Вагонная Компания»

В.С. Лесничий,
к.т.н., доцент, руководитель отдела
ремонтных и эксплуатационных документов
дирекции проектирования ходовых частей
ООО «Всероссийский научно-исследовательский
центр транспортных технологий»

В соответствии со Стратегией развития транспортного машиностроения Российской Федерации на период до 2030 года (далее – Стратегия), утвержденной распоряжением Правительства РФ от 17.08.2017 № 1756-р, в рамках развития грузового вагоностроения для обеспечения внедрения тяжеловесного движения на сети российских железных дорог ведутся работы, направленные на массовое внедрение грузовых вагонов с осевой нагрузкой 27 тс на существующей железнодорожной инфраструктуре общего пользования. Первый этап Стратегии предусматривает проведение подконтрольной эксплуатации и мониторинга инфраструктуры замкнутого участка протяженностью 100 км, о котором пойдет речь в настоящей статье. На втором этапе результаты планируется уточнить при внедрении осевой нагрузки на полигоне Кузбасс – Дальний Восток, обеспечивающем наиболее эффективное использование вагонов с осевой нагрузкой 27 тс в условиях ограниченной пропускной способности линий в режиме коммерческих перевозок.

Подзаголовок

Для проведения работ по первому этапу Стратегии был выбран участок Качканар – Смычка Свердловской железной дороге между Качканарским Горно-обогатительным комбинатом и Нижне-Тагильским металлургическим комбинатом (рис. 1). Подбор участка для организации эксплуатации вагонов 27 тс и оценки их влияния на инфраструктуру осуществлялся по следующим критериям:

- вагоны 27 тс должны составлять значимую долю в объемах перевозок по участку;
- участок должен иметь небольшую протяженность;

- перевозка должна осуществляться с выходом на загруженные пути общего пользования;
- груз должен обладать высокой плотностью для полной загрузки вагона до 82 т;
- маршрут должен быть закольцован.

Как правило [1], на зависимости изменения интенсивности накопления остаточных деформаций в земляном полотне от числа циклов повышенной нагрузки выделяют следующие характерные участки:

- первичная стабилизация, когда происходит доуплотнение частиц грунта и балластного слоя с появлением повы-

- шенных деформаций (порядка 2 тыс. циклов нагрузки);
- переход от первичных деформаций, вызванных повышением нагрузки, к периоду стабилизации интенсивности накопления деформаций (пропуск порядка 10 тыс. циклов нагрузки);
- стабилизация с переходом на интенсивность накопления деформаций, соответствующих повышенной осевой нагрузке (пропуск 100 тыс. циклов нагрузки).

В период проведения испытаний с июля 2017 по август 2018 года поезда, сформированные из загруженных до максимальной грузоподъемности вагонов с осевой нагрузкой 27 тс, обращались в челночном режиме без выгрузки на участке Качканар – Смычка. За это время были пропущены 100 тыс. тележек с осевой нагрузкой 27 тс. При этом поездами с осевой нагрузкой 27 тс была выполнена значимая доля (порядка 20%) в объемах перевозок. Испытания и мониторинг проводились в четыре этапа для учета всех возможных сезонных изменений в состоянии железнодорожного пути [2, 3] силами испытательных центров АО «ВНИИЖТ», АО «ВНИКТИ», ООО «ТИЦ ЖТ», ООО «ИЦ ВЭИП», АО «НИИ мостов», ООО «ВНИЦТТ», испытательного центра ФГБОУ ВПО «Российский университет транспорта (МИИТ)», ФГБОУ ВПО ПГУПС.

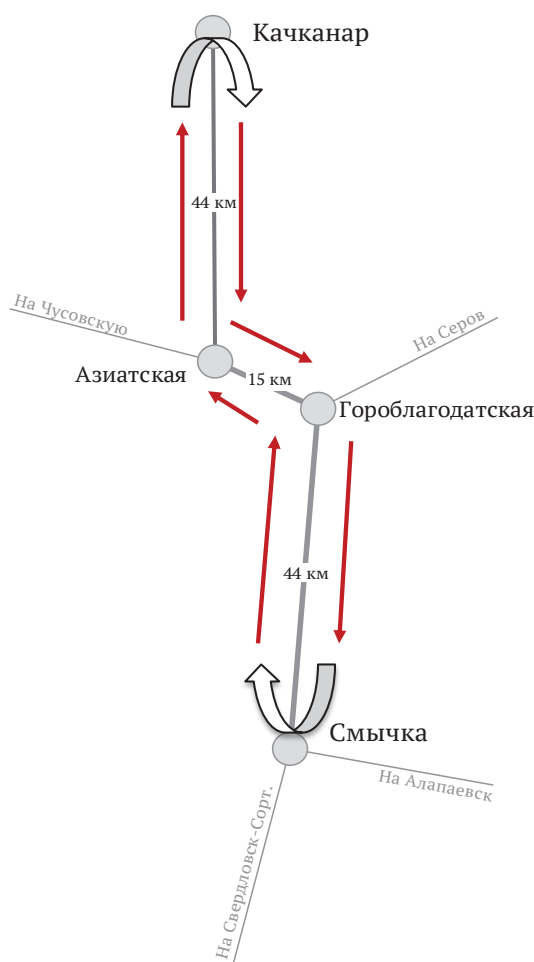


Рис. 1. Участок Качканар – Смычка Свердловской железной дороги с эксплуатацией поездов, сформированных из полувагонов модели 12 9548-01 с осевой нагрузкой 27 тс

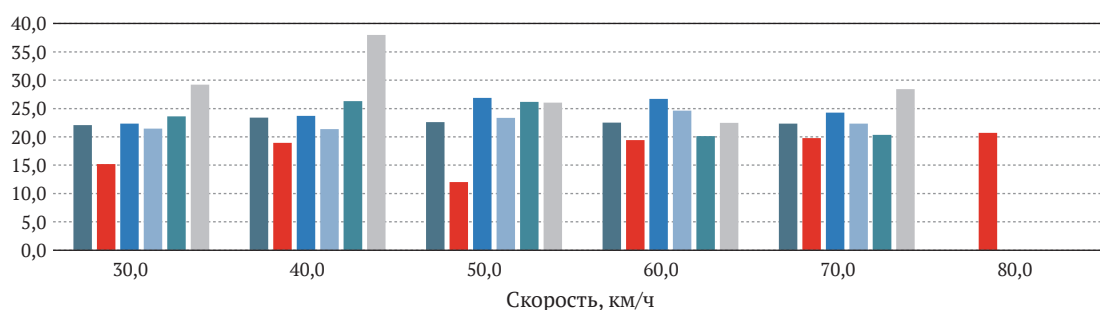
Испытания по определению воздействия состава вагонов с осевой нагрузкой 27 тс на путь

Испытания по воздействию на путь одновременно проводились четырьмя испытательными центрами: АО «ВНИИЖТ», АО «ВНИКТИ», ООО «ТИЦ ЖТ» и ООО «ИЦ ВЭИП», в том числе в сравнении с уровнем силового воздействия от эксплуатируемых на данном участке вагонов для перевозки окатышей с осевой нагрузкой 23,5 тс.

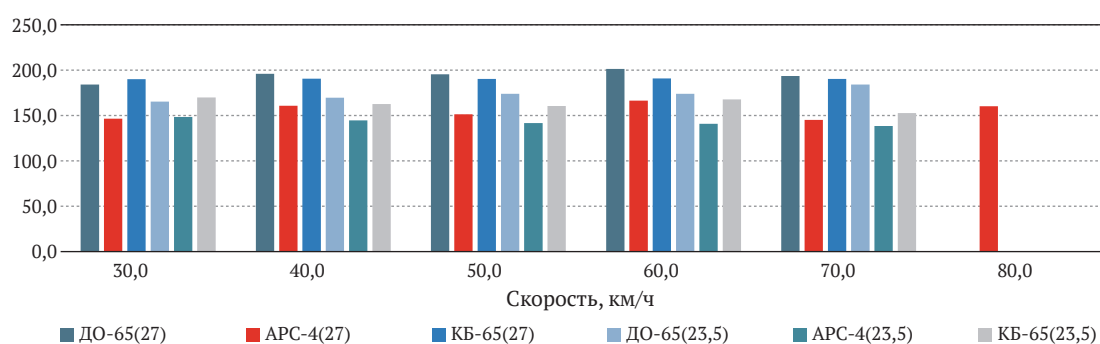
Целью данных испытаний являлось определение значений фактического силового воздействия на верхнее строение железнодорожного пути при движении составов грузовых вагонов с осевыми нагрузками 23,5 тс и 27 тс в прямых и кривых участках пути различной конструкции. При этом измерения были проведены на

прямых участках пути на рельсах Р65 со скреплениями КБ-65, АРС-4, ДО-65, эпюра шпал 1 840 и 2 000 шт./км; в кривых радиусом 600-700 м на рельсах Р65 со скреплениями КБ-65, АРС-4, ДО-65, эпюра шпал 2 000 шт./км на щебеночном и асбестовом балласте; в кривых радиусом 300-400 м на рельсах Р65 со скреплениями КБ-65, ДО-65, эпюра шпал 2000 шт./км на щебеночном и асбестовом балласте; в стрелочных переводах.

Примеры полученных максимальных значений боковой и вертикальной силы на прямых участках пути различной конструкции приведены на рисунке 2, для кривых радиусами 600-700 м – на рисунке 3.

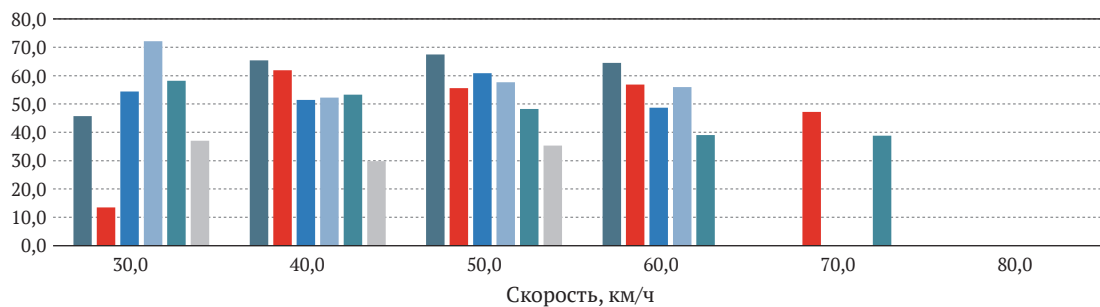


а) боковая сила от колеса на рельс, кН

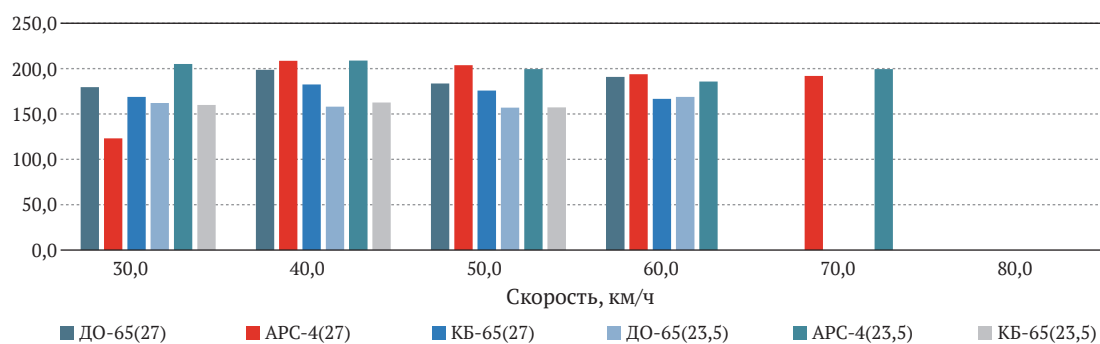


б) вертикальная сила от колеса на рельс, кН

Рис. 2. Максимальные значения боковой и вертикальной силы на прямых участках пути различной конструкции



а) боковая сила от колеса на рельс, кН



б) вертикальная сила от колеса на рельс, кН

Рис. 3. Максимальные значения боковой и вертикальной силы для кривых радиусами 600-700 м с путем различной конструкции*

* Для каждой скорости и каждой конструкции пути в каждом опытном участке (прямая либо кривая малого или большого радиуса) выполнялось минимум по 2 заезда – это 4 максимума боковой и вертикальной силы. Регистрацию вели 4 ИЦ. Итого 16 максимумов на 36 вагонах по 4 оси. Суммарно 2 304 максимумов для каждого из опытных участков.

Измеренные показатели воздействия поезда, сформированного из вагонов с осевой нагрузкой 27 тс, при всех типах верхнего строения пути соответствовали требованиям ГОСТ Р 55050 «Железнодорожный подвижной состав. Нормы допустимого воздействия на путь и методы испытаний» [4], что указывает на возможность эксплуатации поездов, сформированных из вагонов с осевой нагрузкой 27 тс, на участках пути аналогичной конструкции во всех предусмотренных режимах тяги и торможения.

Комплексной программой [1] было предусмотрено четыре этапа таких испытаний: в летний, осенний, зимний и весенний периоды – для отслеживания изменения воздействия по мере роста наработки железнодорожным путем под вагонами с осевыми нагрузками 27 тс. Существенных отличий в воздействии полувагонов с осевой нагрузкой 27 тс на путь в различные периоды испытаний по сравнению с вагонами с осевой нагрузкой 23,5 тс не обнаружено. За время наработки тоннажа участками железнодорожного пути воздействие поездов, сформированных из вагонов с осевой нагрузкой 27 тс, статистически значимо не изменилось. Измеренные вариации в силовом воздействии на путь лежат в пределах статистических различий в условиях испытаний, связанных с изменением коэффициента трения между колесом и рельсом, жесткости подрельсового основания, отличиями в состоянии поверхностей катания колес и рессорного подвешивания, вариациями в степени загрузки вагонов. Применяемая система технического обслуживания верхнего строения пути для обеспече-



Рис. 4. Установка устройства разработки ООО «ТИЦ ЖТ» для определения масштабов измерения по методу измерения боковой и вертикальной силы «РЖД-2016»

ния соответствия неровностей нормативам также показала свою эффективность.

Одновременно осуществлена масштабная апробация метода «РЖД-2016» [5-7] при проведении испытаний поездов (локомотивов и грузовых вагонов) с различными осевыми нагрузками на прямых участках пути и кривых различных радиусов, имеющих различные варианты шпал (деревянные и железобетонные) и различные варианты рельсовых креплений (ДО, АРС-4, КБ-65). Подтверждено, что метод «РЖД-2016» позволяет разделить изгибающий момент, возникающий от бокового смещения точки приложения вертикальной силы на рельс, и непосредственное значение боковой силы. Для определения масштабов измерения опробованы устройства (рис. 4), оборудованные поверенными средствами измерения, которые разработаны ООО «ТИЦ ЖТ» и АО «ВНИКТИ».

Динамические испытания мостов

АО «НИИ мостов» выполнены работы по проведению сравнительных динамических испытаний 6 мостовых сооружений на участке Качканар – Смычка с металлическими и железобетонными конструкциями пролетных строений длиной от 2,7 до 55 м.

Целью работы являлось проведение сравнительных динамических испытаний мостов при воздействии грузовых вагонов модели 12-9548-01 со статической осевой

нагрузкой 27 тс (на тележках модели 18-6863) и вагонов эксплуатационного парка с осевой нагрузкой до 23,5 тс (на тележках модели 18-100 или их аналогах).

Для осуществления испытаний опоры и пролетные строения мостов были оборудованы датчиками деформации и датчиками напряжений, проведены измерения под составом полувагонов 12-9548-01 со скоростями движения от 5 до 80 км/ч, а также под



Рис. 5. Проведение испытаний пролетных строений и опор моста под испытательным поездом и обращающимися нагрузками

проходящими составами с осевыми нагрузками не более 23,5 тс (рис. 5).

Результаты динамических испытаний показали, что разница в величинах деформаций (напряжений) пролетных строений мостов при загрузении их вагонами модели 12-9548-01 при скоростях движения до 80 км/ч и вагонами с осевыми нагрузками до 23,5 тс при скоростях движения до 67 км/ч не превышает 8% и соизмерима с погрешностью измерений.

Экспериментальные величины динамического коэффициента к поездным нагрузкам как для стальных, так и для железобетонных пролетных строений не превосходят его нормативных значений по СП.35.13330.2011 [8]. Величины динамического коэффициента для вагонов с осевой нагрузкой до 23,5 тс в среднем имеют такую же величину, как и для вагонов модели 12-9548-01. В отдельных случаях динамические воздействия вагонов с осевой нагрузкой до 23,5 тс превышают динамические воздействия вагонов модели 12-9548-01.

Расчетная эквивалентная статическая нагрузка на мостовые конструкции с длиной пролета более 6 м от поезда, сформированного из полувагонов 12-9548-01 с осевой нагрузкой 27 тс, не превосходит эквивалентной статической нагрузки от другого обращающегося подвижного состава, например от вагонов-хопперов для перевозки окатышей модели 20-9749 (осевая нагрузка 23,5 тс), 20-480 (23,25 тс), 20-5197 (25 тс), вагонов-цистерн модели 15-150 (23,5 тс). Аналогичная нагрузка на мостовые конструкции с длиной пролета менее 6 м от поезда, сформированного из полувагонов 12-9548-01 с осевой нагрузкой 27 тс, – выше, чем для

грузовых вагонов эксплуатационного парка с осевыми нагрузками 23,5-25 тс на 7-8% [2], однако не превосходит эквивалентной статической нагрузки от тягового подвижного состава в виде сплотки 6-осных тепловозов с осевыми нагрузками 25 тс с погонной нагрузкой 7,2 т/м и более.

Измерения напряженно-деформированного состояния кладки опор показали, что подобные массивные сооружения не чувствительны к динамическим воздействиям от поездной нагрузки. Испытания опор подтвердили, что с повышением скоростей движения поездов коэффициент динамики к поездной нагрузке при расчете опор не увеличивается и остается равным 1, в том числе для вагонов с осевой нагрузкой 27 тс.

Максимальные сжимающие напряжения в главных балках железобетонных пролетных строений как для вагонов модели 12-9548-01 так и для вагонов с осевыми нагрузками до 23,5 тс не превышают расчетного сопротивления на сжатие бетона класса В25 по СП.35.13330.2011 [8], а напряжения в элементах главных ферм и балок проезжей части стальных пролетных строений не превышают допустимого расчетного сопротивления металла по СП.35.13330.2011 [8]. Требования динамической прочности мостовых сооружений при пропуске поездов из вагонов модели 12-9548-01 выполняются. Сравнение динамических напряжений с учетом различия по скоростям движения показало отсутствие статистически существенных различий между вагонами модели 12-9548-01 и обращающимися вагонами с осевой нагрузкой 23,5 тс.

Испытания по определению экономических коэффициентов

Для выполнения технико-экономических оценок в соответствии с «Методикой оценки экономической эффективности эксплуатации грузовых инновационных вагонов на железнодорожной инфраструктуре российских железных дорог» [9] АО «ВНИИЖТ» проведены тяговые испытания по определению коэффициента изменения сопротивления движению (k_w) и коэффициента изменения затрат на текущее содержание верхнего строения пути (k_p) в сравнении с полувагонами-аналогами, имеющими нагрузку на ось 23,5 т. Тяговые испытания и испытания по определению коэффициента изменения воздействия на путь проведены с опытными составами из 65 вагонов на дополнительно выбранном участке Свердловской железной дороги – Каменск-Уральский – Богданович.

Анализ технических характеристик показал, что по числу осей, массе тары, базе вагона, длине по осям сцепления и габариту вагоны 12-9548-01 аналогичны выбранному аналогу модели 12-132. К улучшенным характеристикам оцениваемых вагонов относятся увеличенный на 4 м³ объем и повышенная грузоподъемность, которая достигается за счет повышения расчетной статической осевой нагрузки до 27 тс. Пропорционально росту статической осевой нагрузки изменяется погонная нагрузка на путь. Конструкционная скорость оцениваемого полувагона модели 12-9548-01 составляет 100 км/ч, что ниже, чем у вагона-аналога модели 12-132, конструкционная скорость которого составляет 120 км/ч, однако позволяет его эксплуатацию с теми же допускаемыми значениями скорости (до 90 км/ч).

При проведении испытаний для расчета коэффициента изменения затрат на текущее содержание верхнего строения пути (k_p) были определены значения вертикальных и боковых сил, действующих на верхнее строение железнодорожного пути, методами, описанными в [4]. Измерительное оборудование для определения воздействия подвижного состава на путь было размещено на втором пути перегона на прямом участке пути (258 км 2 пк), в кривой радиусом 610 м (255 км 8 пк) и кривой радиусом

389 м (253 км 9 пк). На каждом из участков пути было выполнено не менее 4 поездок поезда с составом из 65 испытуемых вагонов каждой модели со скоростями 40, 60 и 80 км/ч. Результирующий приведенный среднесетевой коэффициент изменения затрат на текущее содержание пути составил 1,218, что соответствует ожидаемому росту переменной части затрат на текущее содержание пути на 21,8% при условии 100-процентной замены всего парка грузовых вагонов на вагоны с осевой нагрузкой 27 тс.

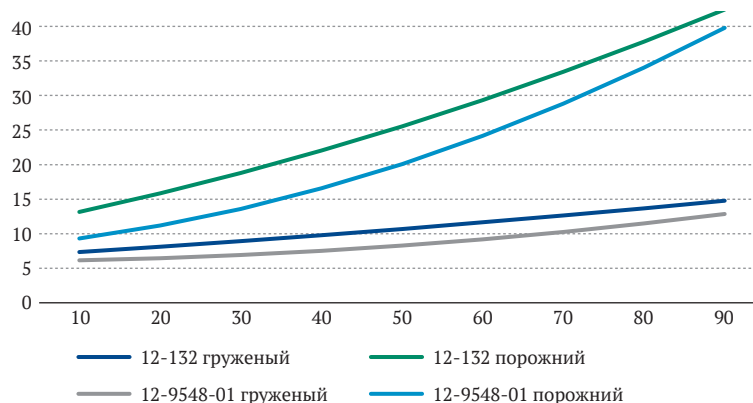


Рис. 6. Аппроксимация основного удельного сопротивления движению для порожнего и груженого режимов

Для расчета коэффициента изменения сопротивления движению (k_w) проведены испытания по определению основного удельного сопротивления движению поезда. Оно определялось динамометрическим методом на основе измерения силы тяги на автосцепке перед первым вагоном состава. При этом в процессе опытных поездок непрерывно регистрировали силу тяги на автосцепке, скорость движения и координату пути. На подходящих по величине уклона (менее 2‰) элементах профиля режим движения подбирался так, чтобы поезд следовал по ним с постоянной скоростью и с постоянной силой тяги. Величины скоростей на каждом конкретном участке выбирались таким образом, чтобы охватить весь требуемый диапазон от 20 до 80 км/ч.

Полученные точечные значения основного удельного сопротивления движению были аппроксимированы отдельно для порожнего и груженого режимов движения

поезда из оцениваемых вагонов и вагонов-аналогов зависимостями вида:

$$w_0'' = a + bV + cV^2 (1),$$

где a, b, c – коэффициенты аппроксимирующей зависимости усредненных по интервалам скоростей значений основного удельного сопротивления движению;

V – скорость движения грузовых поездов, км/ч.

Испытания по определению воздействия на земляное полотно и его деформаций

В процессе проведения первого этапа испытаний на участке Качканар – Смычка Российским университетом транспорта (МИИТ) было установлено измерительное оборудование для определения воздействия на земляное полотно (рис. 7а) по результатам измерения напряжений на основной площадке земляного полотна.

Петербуржским государственным университетом путей сообщения (ПГУПС) для контроля за осадками основной площадки земляного полотна при обращении вагонов с нагрузкой на ось 27 тс создана высотная опорная сеть 4-го класса точности; изготовлены и установлены на трех экспериментальных и на одном контрольном участках грунтовые реперы; изготовлены и установлены на трех экспериментальных и одном

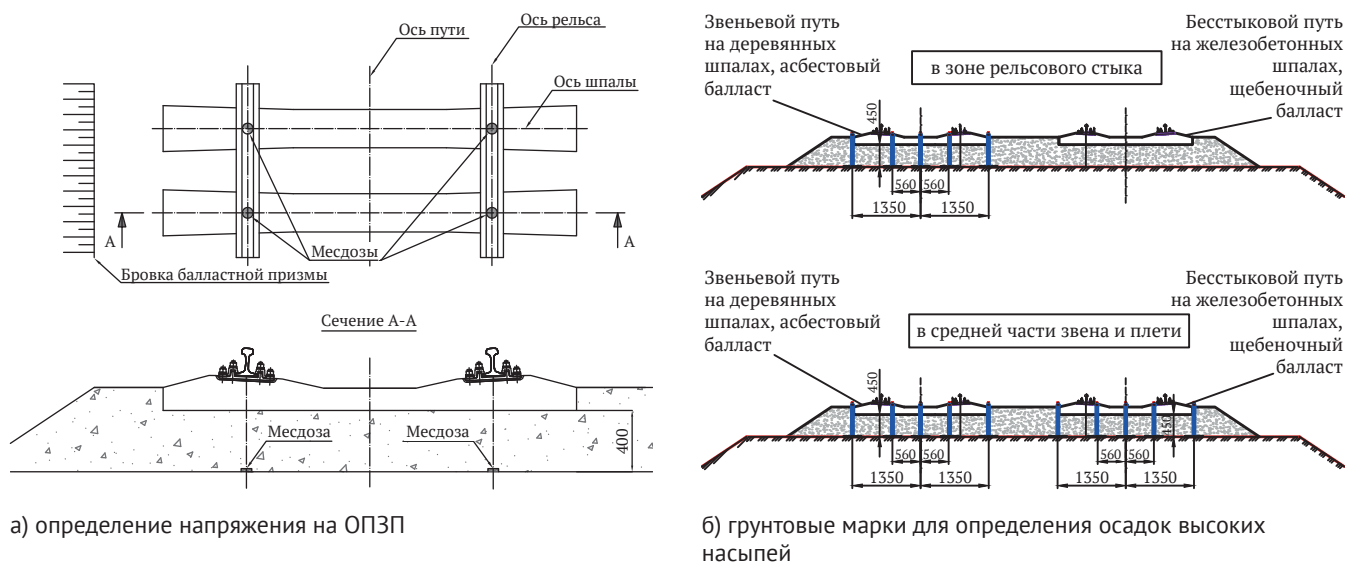
Примеры полученных зависимостей приведены на рисунке 6.

По результатам испытаний в диапазоне скоростей от 20 до 80 км/ч основное удельное сопротивление движению оцениваемых вагонов модели 12-9548-01 (осевая нагрузка 27 тс) в груженом и порожнем состоянии соответственно на 16-23 % и 10-29% ниже, чем у вагонов-аналогов модели 12-132 (осевая нагрузка 23,5 тс).

контрольном участках геодезические марки на основной площадке земляного полотна (рис. 7б); выполнено нивелирование марок относительно грунтовых реперов.

В весенний 2017 года и летний 2018 года периоды после стабилизации установленных датчиков проведены соответствующие измерения.

Измерения напряжений на основной площадке земляного полотна (ОПЗП) проводились под воздействием локомотивов ВЛ-11, вагонов-окатышевозов (осевая нагрузка 23,5 и 25 тс) и полувагонов с нагрузкой 27 тс/ось. Влияния скорости движения поездов на напряжения на ОПЗП в реализованном диапазоне скоростей от 40 до 84 км/ч не выявлено. Средние напряжения на ОПЗП под вагонами с нагрузкой 27 тс/ось



а) определение напряжения на ОПЗП

б) грунтовые марки для определения осадок высоких насыпей

Рис. 7. Расположение измерительного оборудования

Табл. 1. Критические напряжения, которое могут воспринимать глинистые грунты на опытных участках

Параметр	Участок			
	34 км ПК 1+4	319 км ПК 6+53	320 км ПК 4+32,5	
Глубина залегания глинистого грунта от ОПЗП, м	0,51	0,11	1,5	0,46
Наименование грунта	Суглинок			
Консистенция	текучепластичная			мягкопластичная
Критические напряжения в увлажненном состоянии грунта, кПа	84	69	117	120
Критические напряжения в сухом состоянии грунта, кПа	178	129	195	160
Суммарные напряжения (при осевой нагрузке 23,5 тс), кПа	89	102	110	100
Суммарные напряжения (при осевой нагрузке 27,0 тс), кПа	93	107	116	109

на участках с щебеночным балластом (319 и 320 км) отличаются от вагонов 23,5 тс/ось на 5,9 и 12,2 %. На участке с асбестовым балластом (34 км) средние напряжения увеличиваются под нагрузкой в 27 тс/ось на 7,2%. Подобная разница связана с различным состоянием грунтов земляного полотна по его высоте, что влияет на величину модуля упругости пути на опытных участках, а следовательно, на величину напряжений на основной площадке земляного полотна.

Для сравнения полученных значений напряжений на ОПЗП были рассчитаны критические (допускаемые) напряжения для глинистых грунтов опытных участков в соответствии со сводом правил СП 32-104-98 [10]. Результаты расчета приведены в таблице 1. В период оттаивания при плохом водоотводе с близким расположением к уровню основной площадки земляного полотна глинистых грунтов возникает превышение их допускаемых напряжений как при осевой нагрузке 23,5 тс, так и при осевой нагрузке 27 тс, однако наличие накопленных балластных материалов под основной площадкой земляного полотна может выполнять функцию защитного слоя земляного полотна¹.

По результатам измерений с использованием грунтовых марок на экспериментальных участках № 1 и № 2 в зимний период наблюдалось интенсивное морозное пучение грунтов. К моменту последнего измерения в июле 2018 года земляное полотно оттаяло, средние накопленные остаточные деформации основной площадки земляного полотна сравнимы по абсолютной величине с данными по контрольному участку, на котором вагоны с осевой нагрузкой 27 тс не эксплуатировались. Таким образом, можно констатировать, что на экспериментальных участках №1 и №2 остаточные деформации основной площадки земляного полотна также практически отсутствуют.

На экспериментальном участке №3 наблюдался интенсивный рост остаточных деформаций, который ускорился в период оттаивания земляного полотна. К моменту последнего измерения в июле 2018 года интенсивность накопления остаточных деформаций основной площадки уменьшилась. Это подтвердило выводы о недостаточной несущей способности земляного полотна под любыми осевыми нагрузками в условиях его переувлажнения.

Вибрационные испытания земляного полотна и высоких насыпей

ПГУПС исследован колебательный процесс грунтов основной площадки земляного полотна как при движении вагонов с нагрузкой на ось 23,5 тс, так и при движении вагонов с нагрузкой на ось 27 тс; проведена

вибродиагностика насыпей на выбранных экспериментальных участках.

Для выполнения исследований были определены три экспериментальных и один контрольный участок. По экспери-

¹ Дальнейшее наблюдение за грунтами продолжается.

ментальным эксплуатировались как поезда, сформированные из вагонов с осевой нагрузкой 27 тс, так и поезда из типовых вагонов с осевой нагрузкой 23,5 тс; по контрольному участку – только поезда, осевая нагрузка которых не превышает 23,5 тс. Эксплуатационные условия всех участков схожие: участки двухпутные, расположены на насыпях высотой более 6 м, на каждом из них один из путей представляет собой бесстыковую путь на железобетонных шпалах, а другой – звеньевой путь на деревянных. На каждом из участков для проведения измерений вибрации были выбраны два сечения пути: одно из них в зоне рельсового стыка по звеньевому пути на деревянных шпалах, другое – в средней части плети на бесстыковом пути и в середине звена на звеньевом пути.

В процессе исследований установлено, что в условиях промерзания грунтов основной площадки земляного полотна и частичного промерзания грунтов рабочей зоны земляного полотна вагоны с повышенной осевой нагрузкой существенно не изменяют характер и интенсивность колебательного процесса грунтов земляного полотна. Вибродинамическое воздействие, передающееся грунтам основной площадки земляного полотна, во всех случаях оказалось несколько меньшим для вагонов с осевой нагрузкой 27 тс, с улучшенной конструкцией рессорного подвешивания. Общее снижение амплитуд смещений грунтов основной площадки насыпей высотой 6 м и выше при движении вагонов следующего поколения с нагрузкой на ось 27 тс на участках бесстыкового пути на железобетонных шпалах на щебеночном балласте в среднем состави-

ло 9%, на пути с деревянными шпалами на асбестовом балласте в средней части звена на расстоянии 12 м от зоны стыка – в среднем 5%. На пути с деревянными шпалами на асбестовом балласте в зоне рельсового стыка следует признать отсутствие изменения уровня вибродинамического воздействия в силу незначительной разницы в амплитудах смещений (не более 2% в меньшую сторону). Также не зафиксировано изменение состояния высоких насыпей по критерию устойчивости.

Данные исследования были повторены в весенний период 2018 года в условиях оттаивания грунтов. На основании данных, полученных при вибродиагностике насыпей, установлено, что при обращении по экспериментальным участкам вагонов с нагрузкой на ось 27 тс при текущем состоянии их ходовых частей не произошло изменение состояния откосов земляного полотна по критерию устойчивости. Исследуемые насыпи при движении как обычных поездов, так и поездов, сформированных их вагонов с нагрузкой на ось 27 тс, относятся к категории устойчивых. Со стороны II главного пути, как в средней части звена, так и в зоне рельсового стыка, в отдельных случаях откосы насыпей относятся к категории относительно устойчивых по коэффициенту затухания колебаний и по действующей амплитуде виброскорости. При этом обращение вагонов с нагрузкой на ось 27 тс не приводит к ухудшению показателей устойчивости: амплитуды полного вектора виброскорости не увеличиваются, коэффициенты затухания колебаний по длине откоса не уменьшаются, а интенсивность колебаний в полосе частот 0,1-10 Гц не возрастает.

Результаты плановых обмеров и контроля технического состояния вагонов в эксплуатации

Одновременно с испытаниями и мониторингом состояния инфраструктуры была проведена подконтрольная эксплуатация самих полувагонов модели 12-9548-01, которая предусматривала исследование изменения их технического состояния в процессе наработки, контроль за отказами

на всей партии, определение фактических темпов износа основных узлов трения и подтверждение технических характеристик. Периодический дополнительный контроль технического состояния с разборкой ходовых частей и обмерами изнашиваемых деталей проводится не реже одного раза в



Износостойкий диск в подпятнике



Корпус и колпак бокового скользунa (на колпаке видны индикаторы износа)



Фрикционный клин пространственной конфигурации



Фрикционная планка со следами приработки в зоне контакта с фрикционным клином

Рис. 8. Техническое состояние узлов и деталей тележек модели 18-6863

6 месяцев для пяти вагонов подконтрольной группы.

С июля 2017 по август 2018 года средний пробег полувагонов составил 90 567 км и на территории вагоноремонтного депо ВЧДр-Смычка АО «ВРК-3» в г. Нижнем Тагиле состоялся заключительный плановый комиссионный осмотр и контроль параметров пяти вагонов подконтрольной группы. В процессе осмотра были обследованы кузова вагонов, автосцепные устройства, тормозное оборудование, тележки. Комиссия отметила соответствующее эксплуатационным нормам исправное техническое состояние, отсутствие повреждений и штатную работу всех узлов и деталей. Были выполнены измерения глубины износа корпусов и замков автосцепок, которые не превысили 1 мм.

Особое внимание было уделено осмотру, контролю параметров деталей тележек, состоянию их износостойких элементов (рис. 8, 9): адаптеров, колпака и кор-

пуса бокового скользунa, износостойкого полимерного вкладыша в подпятнике, износостойкого кольца на упорной поверхности подпятника, фрикционных клиньев и фрикционных планок рессорного подвешивания, износостойких скоб и упоров в буксовых проемах боковых рам. Все узлы и детали имели износы, не превышающие заданных в эксплуатационной и ремонтной документации.

На основании результатов измерений параметров колес полувагонов на тележках 18-6863, которые курсируют в грузном режиме в опытных составах на маршруте Смычка – Качканар, после пробега в 50 тыс. км было установлено, что у гребней колес наблюдается износ за период от начала эксплуатации. Средняя величина толщины гребня по совокупности всех колес составила 27,42 мм. По данным Свердловской железной дороги был проведен анализ отцепок по неисправности «тонкий гребень» вагонов-



Рис. 9. Проведение обмеров износов карманов надрессорных балок специалистами ООО «ВНИЦТТ»

окатышевостов на тележках модели 18-100 (осевая нагрузка 23,5 тс), курсирующих на замкнутом маршруте Смычка – Качканар – Смычка, у которых коэффициент порожнего пробега составляет 0,5. Сведения предоставлены об отцепках с января 2017 года по февраль 2018 года. Всего на данном маршруте курсирует 450 вагонов-окатышевостов. За указанный период было 448 отцепок по неисправности «тонкий гребень». В результате анализа установлено, что 22% вагонов-окатышевостов отцеплялись по тонкому гребню

Заключение

По результатам испытаний и мониторинга инфраструктуры, выполненных на участке Качканар – Смычка при обращении поездов, которые сформированы из вагонов с осевой нагрузкой 27 тс, критических изменений в состоянии пути и его техническом обслуживании, выходе из строя элементов верхнего строения пути не выявлено. В соответствии с Комплексной программой работ [1] и на основании полученных данных участниками испытаний и мониторинга готовится сводный отчет, учитывающий разработку:

- предложений по внесению в нормативную базу изменений, необходимых для подготовки земляного полотна и искусственных сооружений к пропуску поездов, сформированных из вагонов с осевой нагрузкой 27 тс;

не реже 1 раза в 6 месяцев (полный оборот окатышевостов на маршруте 220 км составляет 32 ч, соответственно, за 6 месяцев пробег составляет 30 тыс. км).

Данные ООО «ВНИЦТТ» об отцепках полувагонов модели 12-9548-01 на тележках 18-6863 с коэффициентом порожнего пробега 0 по неисправности «тонкий гребень» следующие: за пробег 50 тыс. км отцеплено 11% от общего количества курсирующих полувагонов данной модели.

Для сравнительной оценки отцепок по «тонкому гребню» были определены темпы износа гребней колес вагонов-окатышевостов и полувагонов 12-9548-01 в груженом режиме. В результате расчета темп износа колес отцепленных окатышевостов после пробега 30 тыс. км составил 3,3 мм/10 тыс. км, а у полувагонов 12-9548-01, отцепленных после пробега 50 тыс. км, составил 1,6 мм/10 тыс. км. Таким образом, сравнительный анализ отцепок двух типов вагонов (окатышевостов на тележках 18-100 с осевой нагрузкой 23,5 тс и полувагонов модели 12-9548-01 с осевой нагрузкой 27 тс) показал, что в пределах одного маршрута эксплуатации у полувагонов с осевой нагрузкой 27 тс темп износа гребней в 2,06 раза меньше, чем у окатышевостов с осевой нагрузкой 23,5 тс.

- технических требований к конструкции пути для участков обращения вагонов с осевой нагрузкой 27 тс;
- руководства по устройству, текущему содержанию и диагностике путевой инфраструктуры на участках обращения поездов, сформированных из вагонов с осевой нагрузкой 27 тс.

Методики испытаний и мониторинга объектов инфраструктуры, опробованные при испытаниях, планируется распространить для исследования объектов, не затронутых на участке Качканар – Смычка на Восточном полигоне, который позволяет дать наиболее полный ответ на вопрос влияния увеличенных осевых нагрузок на инфраструктуру железнодорожного транспорта. С целью дальнейшего исследования эффек-

тивности внедрения тяжеловесного движения на 2018-2019 годы запланировано проведение второго этапа: «Внедрение осевой нагрузки 27 тс на полигоне эксплуатации Кузбасс – Дальний Восток, обеспечивающем наиболее эффективное использование вагонов с осевой нагрузкой 27 тс в условиях ограниченной пропускной способности линий».

В качестве опытного полигона выбраны участки Чегдомын – Новый Ургал – Ванино (в пределах Дальневосточной железной дороги, протяженность маршрута – 824 км) и Челугай – Находка (Западно-Сибирская, Забайкальская, Восточно-Сибирская и Дальневосточная железные дороги, протяженность маршрута – 4 490 км).

Список использованной литературы

1. Комплексная программа работ по мониторингу состояния инфраструктуры, оценке накопления расстройств верхнего строения пути и деформации земляного полотна, с разработкой норм устройства, эксплуатации, технического обслуживания, диагностики путевой инфраструктуры, технологий вождения поездов для участков обращения составов, сформированных из вагонов с осевой нагрузкой 27 тс. Утверждена 25.06.2017 старшим вице-президентом ОАО «РЖД» С.А. Кобзевым.
2. Соколов А.М., Семенов Е.Ю., Дмитриев С.В., Монастырев Е.А. О ходе подконтрольной эксплуатации инфраструктуры участка Качканар – Смычка под полувагонами с осевой нагрузкой 27 тс / А.М. Соколов и др. // Вагоны и вагонное хозяйство». – № 4 (52). – 2017. – С.38–41.
3. Дмитриев С.В., Лесничий В.С., Савушкин Р.А., Семенов Е.Ю., Соколов А.М. О втором этапе подконтрольной эксплуатации инфраструктуры участка Качканар – Смычка под полувагонами с осевой нагрузкой 27 тс / С.В. Дмитриев и др. // Вагоны и вагонное хозяйство. – № 1 (53). – 2018. – С. 27–29.
4. ГОСТ Р 55050-2012 «Железнодорожный подвижной состав. Нормы допустимого воздействия на путь и методы испытаний».
5. Способ измерения трех компонентов нагрузки в сечении рельса при контактом взаимодействии с колесом железнодорожного подвижного состава: пат. 2016119588 Рос. Федерация: МПК G01L 5/16 (2006.01) / В.С. Коссов, Н.Ф. Красюков, А.А. Лунин, В.А. Гапанович; заявитель и патентообладатель ОАО «РЖД»; заявл. 20.05.2016; опубл. 28.06.2017. – Бюл. № 19. – 12 с.
6. Савушкин Р.А., Шевченко Д.В., Кузьмицкий Я.О., Куклин Т.С., Рудакова Е.А., Орлова А.М. Разработка новых методов определения силовых факторов воздействия подвижного состава на путь / Р.А. Савушкин и др. // Техника железных дорог. – № 1 (41), февраль 2018. – С. 38–51.
7. Шевченко Д.В., Кузьмицкий Я.О., Рудакова Е.А., Куклин Т.С., Орлова А.М., Дмитриев С.В. Сравнение методов определения силовых факторов воздействия подвижного состава на путь // Подвижной состав XXI века: идеи, требования, проекты: материалы XII международной научн.-техн. конф., Санкт-Петербург, 5-9 июля 2017. – СПб.: ФГБОУ ВО ПГУПС, 2017. – С. 97–99.
8. СП.35.13330.2011 «Актуализированная редакция СНиП 2.05.03-84. Мосты и трубы». – М. : Минрегион России, 2011.
9. Методика оценки экономической эффективности эксплуатации грузовых инновационных вагонов на железнодорожной инфраструктуре российских железных дорог. Утв. приказом Минтранса России от 08.02.2017 № 39.
10. СП 32-104-98 Проектирование земляного полотна железных дорог колеи 1520 мм.
11. Колос А.Ф., Романов А.В. Влияние инновационных вагонов с нагрузкой на ось 27 тс на состояние земляного полотна железных дорог // Подвижной состав XXI века: идеи, требования, проекты: материалы XIII международной научн.-техн. конф., Санкт-Петербург, 4-8 июля 2018. – СПб.: ФГБОУ ВО ПГУПС, 2018. – С. 163–165. §