

Оценка эффективности эксплуатации грузовых вагонов с улучшенными техническими характеристиками для ОАО «РЖД» на основе проведения испытаний

Г. А. ГРАНОВСКАЯ, Р. В. МУРЗИН, О. А. СУСЛОВ

Акционерное общество «Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта (АО «ВНИИЖТ»),
Москва, 129626, Россия

Аннотация. Изложен механизм оценки эффективности эксплуатации грузовых вагонов с улучшенными техническими характеристиками на инфраструктуре железных дорог на основе проведения испытаний. Он позволяет определить влияние эксплуатации таких вагонов на расходы ОАО «РЖД» в части составляющих, в состав которых входят затраты на топливно-энергетические ресурсы для тяги поездов, на содержание пути, на содержание и эксплуатацию грузовых локомотивов, на обслуживание грузовых вагонов в пути следования. Важной особенностью оценки является то, что она базируется на данных, полученных в результате проведения испытаний в условиях реальной эксплуатации.

Ключевые слова: экономический эффект; инновационный вагон; вагон с улучшенными техническими характеристиками; экономия затрат; испытания вагонов; основное удельное сопротивление движению; воздействие на путь; вертикальные и боковые силы; отцепки вагонов; гарантийные участки обращения

Введение. Начиная с 2016 г. парк грузовых вагонов, эксплуатируемых на инфраструктуре ОАО РЖД, достаточно активно пополняется моделями с улучшенными техническими характеристиками, в том числе благодаря решению Правительства о продолжении программы субсидирования производителей и покупателей вагонов [1]. В текущем году на эти цели будет направлено около 5 млрд руб. [2]. Как показал анализ, процессы обновления парка за счет инновационных вагонов активно идут во многих странах [3, 4, 5]. В связи с этим особую важность приобретают вопросы расчета эффективности новых вагонов для перевозчика и владельца инфраструктуры.

В 2015–2016 гг. специалистами АО «ВНИИЖТ» был выполнен комплекс работ по определению влияния инновационных грузовых вагонов на эксплуатационные и экономические показатели работы ОАО «РЖД» на основе проведения испытаний в условиях реальной эксплуатации в рамках договоров, заключенных с ОАО «РЖД» и с заводами-изготовителями вагонов АО «ТВСЗ» и АО «Алтайва-

гон», а также с крупнейшим оператором вагонного парка АО «ФГК».

Технико-экономические расчеты и испытания проводились для следующих моделей грузовых вагонов: 12-9853 и 12-9869 (производства АО «ТВСЗ»); 12-196-01 и 12-196-02 (производства АО «НПК «Уралвагонзавод») и 12-2143 (производства АО «Алтайвагон») в соответствии с требованиями стандарта ОАО «РЖД» 10.002–2015 «Вагоны грузовые инновационные. Правила оценки экономической эффективности» [6], а также согласно программе и графику проведения апробационных испытаний, утвержденным ОАО «РЖД».

Методическая база для расчетов. В целях упорядочения и обеспечения прозрачности процедуры оценки эффекта от эксплуатации инновационных вагонов в 2015 г. был разработан стандарт СТО РЖД 10.002–2015 «Вагоны грузовые инновационные. Правила оценки экономической эффективности» (далее — СТО), который введен в действие с 1 сентября 2016 г. Данный стандарт содержит правила и методологию расчета экономической эффективности применения инновационных вагонов на основании результатов испытаний вагонов в условиях реальной эксплуатации. Такой подход принципиально отличается от применявшегося ранее, когда расчеты проводились на основе результатов математического моделирования.

Правила оценки экономической эффективности эксплуатации инновационных вагонов на инфраструктуре ОАО «РЖД» предусматривают расчет изменения текущих расходов ОАО «РЖД» в зависимости от их конструктивных характеристик, подтвержденных испытаниями, и требований руководства по эксплуатации. Данные правила основаны на едином порядке учета и определения эксплуатационных затрат, связанных с использованием инновационных вагонов.

Оценка результативности для владельца железнодорожной инфраструктуры выполняется на основе сравнения текущих затрат ОАО «РЖД» от использо-

вания модели грузового вагона с улучшенными техническими характеристиками и серийно выпускаемого вагона-аналога, обладающего наилучшими техническими характеристиками, на одинаковый объем перевозочной работы.

Порядок выполнения работ по определению экономической эффективности для ОАО «РЖД» от эксплуатации инновационных вагонов предусматривает:

- анализ конструкторской документации инновационного вагона;

- анализ результатов приемочных и сертификационных испытаний с составлением заключения на соответствие критериям инновационности;

- выбор вагона-аналога на основе анализа технических характеристик и данных об эксплуатационном парке вагонов, тип и назначение которых соответствуют рассматриваемой модели вагона, заявленного как инновационный, с составлением соответствующего заключения;

- испытания по определению основного удельного сопротивления движению инновационных вагонов и вагонов-аналогов;

- испытания по определению показателей воздействия инновационных вагонов и вагонов-аналогов на железнодорожный путь;

- подконтрольную эксплуатацию инновационных грузовых вагонов и вагонов-аналогов, которую проводят в соответствии с программой и методикой, разработанными на основе Единой программы и методики организации и проведения подконтрольной эксплуатации новых моделей грузовых вагонов и их составных частей [7]. До 26 октября 2016 г. использовалась Типовая методика организации и проведения подконтрольной эксплуатации новых моделей грузовых вагонов и их составных частей [8];

- расчет экономической эффективности для ОАО «РЖД» от эксплуатации инновационных вагонов.

Таким образом, итогом выполненных работ является расчет экономической эффективности от использования инновационных вагонов, который выполняется для среднесетевых условий эксплуатации рассматриваемой модели вагонов.

Экономическая эффективность использования инновационных вагонов подлежит периодическому подтверждению при внесении изменений в конструкцию вагона и/или технологию перевозок, влияющих на определяющие ее показатели.

В общем виде изменение затрат ОАО «РЖД» при эксплуатации грузовых вагонов с улучшенными техническими характеристиками $\sum \Delta E_i$ рассчитывается в рублях на один вагон в год по формуле

$$\sum \Delta E_i = \eta (\Delta E_1^M + \Delta E_2^M + \Delta E_3^M + \Delta E_4^M) + (1 - \eta) (\Delta E_1^{пб} + \Delta E_3^{пб} + \Delta E_4^{пб}), \quad (1)$$

где $\Delta E_1^M, \Delta E_1^{пб}$ — изменение затрат на топливно-энергетические ресурсы для тяги поездов, связанное с изменением основного удельного сопротивления движению, для маршрутных и повагонных отправок соответственно; η — среднесетевая доля маршрутных отправок в общем грузообороте, осуществляемом вагонами рассматриваемого типа, по данным владельца инфраструктуры; ΔE_2^M — изменение затрат на содержание локомотивов и локомотивных бригад в результате изменения участковой скорости движения поездов, учитывается только по маршрутным отправкам при условии увеличения допускаемых скоростей движения на инфраструктуре РЖД; $\Delta E_3^M, \Delta E_3^{пб}$ — изменение затрат на содержание пути в результате изменения воздействия на путь вертикальных и боковых сил и, как следствие, повреждаемости пути различными моделями вагонов для маршрутных и повагонных отправок соответственно; $\Delta E_4^M, \Delta E_4^{пб}$ — изменение затрат на обслуживание грузовых вагонов в пути следования по маршрутным и повагонным отправкам соответственно

$$\Delta E_4^M = \Delta E_{41}^M + \Delta E_{42}^M + \Delta E_{43}^M; \quad (2)$$

$$\Delta E_4^{пб} = \Delta E_{43}^{пб}, \quad (3)$$

где ΔE_{41}^M — изменение затрат на технический осмотр грузовых вагонов в пути следования, связанный с увеличением длины гарантийных участков, учитывается только по маршрутным отправкам; ΔE_{42}^M — изменение затрат, связанных с сокращением продолжительности занятия станционных путей при техническом осмотре вагонов, учитывается только по маршрутным отправкам; $\Delta E_{43}^M, \Delta E_{43}^{пб}$ — изменение затрат, связанных с сокращением времени маневровой работы по отцепке технически неисправных вагонов, для маршрутных и повагонных отправок соответственно.

Выполненные расчеты базируются на данных, полученных на основе испытаний, проведенных по специально разработанным программам и методикам, а также на информации, содержащейся в статистической, управленческой отчетности и корпоративных хранилищах ОАО «РЖД».

При определении величин изменения затрат ОАО «РЖД» использовались расходные ставки, которые определяются на основе установленных взаимосвязей между зависящими от объема перевозок затратами и измерителями эксплуатационной работы. В состав расходных ставок включаются расходы в соответствии с порядком, изложенным в Методических рекомендациях по расчету единичных и укрупненных расходных ставок для использования в экономических задачах ОАО «РЖД» по перевозочным видам деятельности [9], которые актуализированы с учетом

Порядка ведения раздельного учета доходов и расходов субъектами естественных монополий в сфере железнодорожных перевозок. Данный порядок утвержден приказом Минтранса России № 225 от 12 августа 2014 г. [10].

Все испытания проводились в открытом режиме с участием представителей заводов-изготовителей и ОАО «РЖД». Полувагоны с улучшенными техническими характеристиками сравнивались с полувагоном-аналогом (модель 12-132) при средневзвешенной номенклатуре грузов, перевозимых в данном подвижном составе. Оценка изменения затрат ОАО «РЖД» при использовании грузовых вагонов с улучшенными техническими характеристиками осуществлялась в зависимости от технологии перевозок (для маршрутных и повагонных отправок) и в среднем по всем видам отправок.

Технические характеристики испытываемых вагонов приведены в таблице.

Основные составляющие эффекта. Составляющие экономии затрат от эксплуатации инновационных вагонов для ОАО «РЖД» связаны с уменьшением динамического воздействия на путь, снижением основного удельного сопротивления движению и объема технического обслуживания вагонов в пути следования, с сокращением затрат на содержание локомотивов (при условии изменения участковой скорости движения грузовых поездов), а также с повышением

погонной нагрузки вагонов. В методологии и расчетах было учтено, что эффект от повышения нагрузки вагона заложен в действующем Прейскуранте 10-01, который предусматривает сокращение платы за перевозку одной тонны груза при росте загрузки вагона. Так как СТО не предусматривает расчет изменения доходов в связи с ростом загрузки вагона, то изменение расходов в связи с указанным фактором тоже не рассматривалось.

Изменение затрат на топливно-энергетические ресурсы. Основным фактором, влияющим на расход топливно-энергетических ресурсов для тяги поездов, является изменение основного удельного сопротивления движению.

Изменение затрат на топливо и электроэнергию для тяги поездов в связи с уменьшением основного удельного сопротивления движению было определено на основе результатов испытаний вагонов-аналогов и вагонов с улучшенными техническими характеристиками в сопоставимых условиях в соответствии с утвержденными программами и методиками испытаний.

В целях определения основного удельного сопротивления выполнены испытания полувагонов с УТХ и полувагонов-аналогов на участке Алтайская—Карасук Западно-Сибирской железной дороги. Указанный участок был выбран как наиболее соответствующий методике в части плана и профиля пути и при этом

Характеристики грузовых вагонов (по данным технической документации)
Characteristics of freight cars (according to technical documentation)

Производитель Характеристики	АО «ТВСЗ»		АО «НПК Уралвагонзавод»		АО «Алтайвагон»	Вагон-аналог
Модель вагона	12-9853 (люковый)	12-9869 (глухонный)	12-196-01 (люковый)	12-196-02 (люковый)	12-2143 (глухонный)	12-132, код 677 (люковый)
Модель тележки	18-9855	18-9855	18-194-1	18-194-1	18-194-1	18-100
Грузоподъемность, т	75	77	75	75	77	70
Объем кузова, м ³	88 (92)	92 (98)	88	94	94	88
Нагрузка на ось, т	25	25	25	25	25	23,4
Масса тары, т	24,0–25,0	22,0–23,0	23,6–25,0	25,0–26,0	22,5–23,0	23,5–24,0
Погонная нагрузка, т/м	7,18	7,18	7,18	7,18	7,184	6,75
Длина по осям сцепления автосцепок, м	13920±25	13920±25	13920±25	13920+33–20	13920	13920
Пробег между ТО* вагона, км	до 6000	до 6000	до 6000	до 6000	до 6000	1227**
Год начала серийного производства***	2012	2014	2008	2015	2015	1992

Примечания:

* По данным заводов-изготовителей, кроме вагона-аналога.

** Среднесетевой пробег между ТО по данным ЦВ ОАО «РЖД».

*** По данным справочника моделей вагонов ГВЦ ОАО «РЖД».

ТО — техническое обслуживание.

имелась возможность относительно быстро выполнить загрузку одной группы вагонов параллельно с испытаниями другой. Опытные поездки проводились силами АО «ВНИИЖТ» с использованием двух вагонов-лабораторий, что позволяло одновременно испытывать два состава. Вагоны испытывались в изношенном и новом состоянии в трех вариантах загрузки: порожний, полугруженный и груженный. По каждому варианту формировался поезд, состоящий из 65 вагонов.

Совместно с рабочей группой, созданной на Западно-Сибирской железной дороге, были разработаны режимы движения и соответствующие нитки графика движения для опытных составов на данном участке. Для получения необходимого объема исходных данных с каждым составом выполнялось по две поездки в четном и нечетном направлениях по одному и тому же участку. После второй поездки состав из опытных вагонов отправлялся на загрузку, а вагоны-лаборатории перецеплялись к следующей группе вагонов. Благодаря четко организованной работе по загрузке-выгрузке опытных составов и их своевременному прибытию на станцию отправления удалось за относительно короткий промежуток времени провести испытания всех представленных моделей вагонов. В совокупности за время испытаний было совершено более 60 поездок.

После обработки результатов испытаний и нахождения зависимостей основного удельного сопротивления от скорости в соответствии с Приложением А СТО был определен коэффициент изменения основного удельного сопротивления движению — k_{ω} . При этом стало очевидным, что формула определения коэффициента изменения основного удельного сопротивления движению

$$k_{\omega} = \frac{w_0^{\text{инн}}}{w_0^{\text{ан}}}, \quad (4)$$

где $w_0^{\text{инн}}$ — основное удельное сопротивление инновационного вагона, Н/т; $w_0^{\text{ан}}$ — основное удельное сопротивление грузового вагона-аналога, Н/т, неточно отражает зависимость изменения расхода топливно-энергетических ресурсов от изменения сопротивления движению у вагонов с улучшенными техническими характеристиками по сравнению с вагонами-аналогами. Затраты топливно-энергетических ресурсов связаны не только с преодолением основного сопротивления движению, но и с другими составляющими, в том числе с сопротивлением от профиля и плана пути. Указанные составляющие в общем расходе топливно-энергетических ресурсов на тягу примерно одинаковы как для инновационных вагонов, так и для вагонов-аналогов.

Учитывая, что коэффициент изменения основного удельного сопротивления движению k_{ω} входит в фор-

мулу для расчета изменения расходов на топливно-энергетические ресурсы, необходимо чтобы указанный коэффициент учитывал влияние на расход топлива и электроэнергии только изменяющегося фактора, а именно основного удельного сопротивления движению.

Принимая во внимание, что влияние остальных факторов не различается по рассматриваемым моделям вагонов, получим, что разница в расходе топлива и электроэнергии будет зависеть от разницы сопротивлений

$$a_{\omega}^{\text{инн}} - a_{\omega}^{\text{ан}} = \frac{[w_0^{\text{ан}}(v_{\text{ср}}) - w_0^{\text{инн}}(v_{\text{ср}})]}{0,36}, \quad (5)$$

где $a_{\omega}^{\text{инн}}$, $a_{\omega}^{\text{ан}}$ — расход топливно-энергетических ресурсов, затрачиваемых на перемещение вагонов с улучшенными техническими характеристиками и вагонов-аналогов соответственно; 0,36 — переводной коэффициент Н/т в кВт·ч/10⁴ т·км; $v_{\text{ср}}$ — среднетехническая скорость движения грузовых поездов, км/ч.

Соответственно, чтобы найти удельный вес изменения расхода топливно-энергетических ресурсов в связи с преодолением основного сопротивления движению в общем их расходе, используем формулу (6)

$$\frac{a_{\tau}^{\text{инн}} - a_{\tau}^{\text{ан}}}{a_{\tau}^{\text{ср}}} = \frac{[(w_0^{\text{ан}} - w_0^{\text{инн}}) / 0,36]}{a_{\tau}^{\text{ср}}}, \quad (6)$$

где $a_{\tau}^{\text{ср}}$ — среднее значение удельного расхода топливно-энергетических ресурсов на тягу по сети.

Окончательный вид для определения k_{ω} представлен в формуле (7)

$$k_{\omega} = 1 - \frac{w_0^{\text{ан}} - w_0^{\text{инн}}}{0,36a_{\tau}^{\text{ср}}}. \quad (7)$$

Учитывая, что перевозки выполняются разными видами тяги, рекомендуется принимать величину $a_{\tau}^{\text{ср}}$ с учетом структуры видов тяги — электровозной и теплово-зной — в объеме тонно-километровой работы брутто

$$a_{\tau}^{\text{ср}} = a_3\beta_3 + v_{\tau}(1 - \beta_3) \cdot 8,141, \quad (8)$$

где a_3 , v_{τ} — удельный расход электроэнергии и дизельного топлива соответственно, кВт·ч (кг) на 10⁴ т·км брутто. Показатели удельного расхода электроэнергии (a_3) и дизельного топлива (v_{τ}) принимают по данным отчетности ОАО «РЖД»; β_3 — доля грузооборота брутто, выполняемого электровозной тягой в общем грузообороте брутто; 8,141 — коэффициент перевода кг условного топлива в кВт·ч.

На первом этапе расчетов коэффициент k_{ω} был рассчитан при средней технической скорости, равной 46,4 км/ч. Проведение испытаний и последующая обработка полученных данных с целью

определения k_{ω} показали, что разница в расходе топливно-энергетических ресурсов между вагоном с улучшенными техническими характеристиками и вагоном-аналогом в значительной степени зависит от величины скорости движения поезда, при которой она определяется, т. е. кривые, выражающие зависимость основного удельного сопротивления от скорости вагонов-аналогов и инновационных вагонов не конформны (см. рисунок). Следовательно, на результаты расчетов k_{ω} оказывает влияние значение скорости.

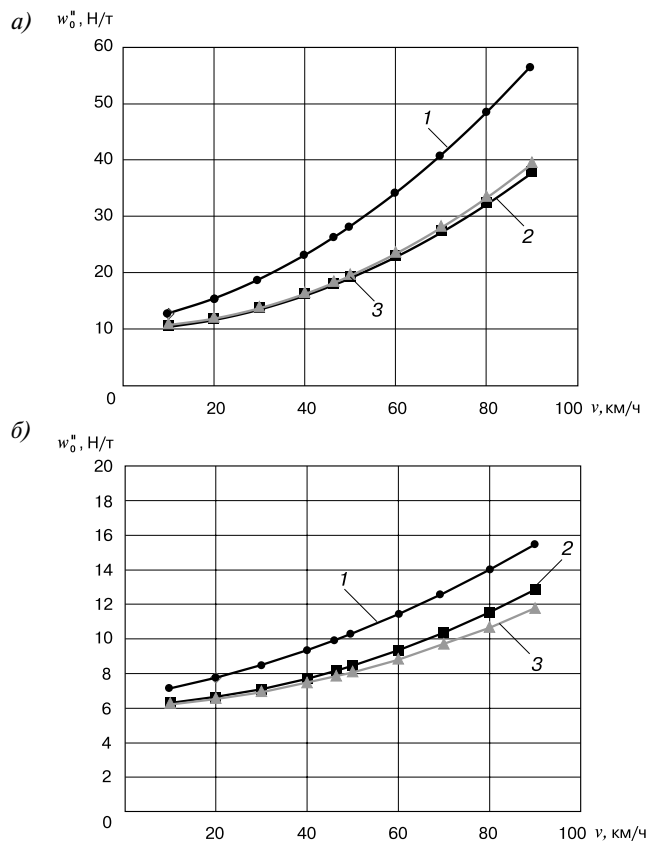
В дальнейших расчетах по определению k_{ω} с целью более точного учета скоростей движения целесообразно при определении основного удельного сопротивления w_0 использовать весь диапазон значений скорости с учетом их вероятности в соответствии с таблицей 6 ГОСТ 33211–2014 [11], при этом в качестве конструкционной принимается максимальная скорость, с которой эксплуатируются вагоны.

На основе полученных данных было определено основное удельное сопротивление движению инновационных вагонов и вагонов-аналогов, это позволило определить значения коэффициентов, характеризующих изменение затрат топливно-энергетических ресурсов на тягу поездов. Снижение затрат на электроэнергию и топливо составило от 5,2 до 11% в зависимости от модели вагона по сравнению с вагоном-аналогом.

Изменение затрат на содержание пути. Сравнительные испытания по определению воздействия инновационных вагонов на путь проводились на перегонах Калманка — блок-пост Южный и Кузнечная — Присягино Западно-Сибирской железной дороги. Грузовые поезда формировались из 65 вагонов каждой модели в двух технических состояниях: новом и изношенном.

Всего для определения воздействия на путь было сформировано 10 составов, выполнено более 200 измерительных поездок. Испытания проводились как в прямых участках пути, так и в кривых радиусом от 333 до 650 м в диапазоне скоростей от 40 до 90 км/ч. В результате испытаний были получены значения вертикальных и боковых сил, передаваемых от колеса на рельс, определяющих воздействие вагонов на путь. На их основе по методике, изложенной в СТО РЖД 10.002–2015, рассчитывалось изменение затрат на содержание верхнего строения пути при использовании на сети грузовых инновационных вагонов.

Определение разницы в повреждаемости пути различными моделями подвижного состава сводится к определению показателя относительной повреждаемости k_{τ} , который является численным значением коэффициента изменения затрат на текущее содержание пути.



Зависимость основного удельного сопротивления движению от скорости для вагонов в изношенном состоянии:
а — порожних; б — груженых; 1 — аналоги;
2 — 12-9853; 3 — 12-9869

Dependence of the main resistivity to movement on speed for cars in a worn condition: а — empty; б — loaded; 1 — analogues;
2 — 12-9853; 3 — 12-9869

$$k_{\tau} = \gamma_{\text{в}} \frac{\left(\frac{[\langle Q_1 \rangle + \lambda \tilde{Q}_1]^2}{[\langle Q_2 \rangle + \lambda \tilde{Q}_2]^2} \right)^{\frac{\chi}{2}}}{\left(\frac{[\langle Y_{\text{в}_1} \rangle + \lambda \tilde{Y}_{\text{в}_1}]^2}{[\langle Y_{\text{в}_2} \rangle + \lambda \tilde{Y}_{\text{в}_2}]^2} \right)^{\frac{\chi}{2}}} + \gamma_{\text{вб}} \frac{\left(\frac{[\langle Q_1 \rangle + \lambda \tilde{Q}_1]^2}{[\langle Q_2 \rangle + \lambda \tilde{Q}_2]^2} \right)^{\frac{\chi}{2}}}{\left(\frac{[\langle Y_{\text{в}_1} \rangle + \lambda \tilde{Y}_{\text{в}_1}]^2}{[\langle Y_{\text{в}_2} \rangle + \lambda \tilde{Y}_{\text{в}_2}]^2} \right)^{\frac{\chi}{2}}}, \quad (9)$$

где $\gamma_{\text{в}}$ — доля повреждаемости пути, связанная с воздействием вертикальных сил: выправки пути, износ подрельсовых прокладок, подкладок, прокладок под подкладки, шпал (по результатам исследований для бесстыкового пути составляет от 0,60 до 0,65); Q_1, Q_2 — значение вертикальной силы, передаваемой от колеса на рельс, для инновационных вагонов и вагонов-аналогов соответственно, кН; $\tilde{Q}_1, \tilde{Q}_2$ — среднеквадратичное отклонение вертикальной силы, передаваемой от колеса на рельс, для инновационных вагонов и вагонов-аналогов соответственно, кН; $\gamma_{\text{вб}}$ — доля повреждаемости пути, связанная с суммарным

воздействием вертикальных и боковых сил: рихтовка, регулировка ширины колеи, замена рельс, болтов, шурупов, износ прокладок под подкладки в крутых кривых, изолирующих элементов креплений (по результатам исследований для бесстыкового пути составляет 0,35–0,40); Y_{B_i} , Y_{B_2} — значение боковой силы, передаваемой от колеса на рельс, для инновационного вагона и вагона-аналога соответственно, кН; $\tilde{Y}_{B_i}$, $\tilde{Y}_{B_2}$ — среднеквадратичное отклонение боковой силы, передаваемой от колеса на рельс, для инновационного вагона и вагона-аналога соответственно, кН; λ — нормирующий множитель, характеризующий заданный уровень вероятности (рекомендуемое значение равно 2,5).

$$\langle Q_{i,2} \rangle = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \langle Q_i^{1,2} \rangle k_B; \quad (10)$$

$$\langle Y_{B_{i,2}} \rangle = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \langle Y_{B_i}^{1,2} \rangle k_B; \quad (11)$$

$$\tilde{Q}_{i,2} = k_B \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (\tilde{Q}_i^{1,2})^2}; \quad (12)$$

$$\tilde{Y}_{B_{i,2}} = k_B \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (\tilde{Y}_{B_i}^{1,2})^2}, \quad (13)$$

где $\langle Q_i^{1,2} \rangle$ — среднее значение вертикальной силы, передаваемой от i -го колеса на рельс, для инновационных вагонов и вагонов-аналогов соответственно, кН; $\langle Y_{B_i}^{1,2} \rangle$ — среднее значение боковой силы, передаваемой от i -го колеса на рельс, для инновационного вагона и вагона-аналога соответственно, кН; $\tilde{Q}_i^{1,2}$ — среднеквадратичное отклонение вертикальной силы, передаваемой от i -го колеса на рельс, от ее среднего значения для инновационного вагона и вагона-аналога соответственно, кН; $\tilde{Y}_{B_i}^{1,2}$ — среднеквадратичное отклонение боковой силы, передаваемой от i -го колеса на рельс, от ее среднего значения для инновационного вагона и вагона-аналога соответственно, кН; i — номер колеса в подвижной единице; N — число колес в подвижной единице; k_B — коэффициент изменения вертикального воздействия; k_B — коэффициент изменения бокового воздействия.

Коэффициенты изменения вертикального и бокового воздействий применяют в том случае, если количество осей в тележках инновационных вагонов и вагонов-аналогов различно. Средние значения и среднеквадратичные отклонения для вертикальной и боковой сил у каждого колеса инновационного вагона и вагона-аналога в зависимости от характеристики плана линии и скорости движения определяют экспериментальным и расчетным методом по верифицированным моделям.

Экспериментальное определение необходимых параметров вертикальной и боковой сил выполняют

в соответствии с требованиями ГОСТ Р 55050–2012 [12] по результатам испытаний.

Для определения значения изменения затрат на содержание пути на определенном маршруте следования применяется приведенное значение показателя относительной повреждаемости, определенное с учетом фактических значений параметров плана линии и скоростей движения на рассматриваемом маршруте.

Согласно результатам испытаний и проведенным на их основе расчетам изменение затрат на содержание верхнего строения пути при использовании на сети грузовых инновационных вагонов составило 0,8–3,0 % в зависимости от модели вагона.

Изменение затрат на техническое обслуживание вагонов в пути следования. Расчет изменения затрат на обслуживание грузовых вагонов в пути следования (составляющая ΔE_4) проведен на основе данных анализа эксплуатационной работы инновационных вагонов за 12 месяцев 2015 г. и первое полугодие 2016 г., представленного ПКБ ЦВ, данных ЦВ и заводов-изготовителей о длине гарантийных участков обслуживания вагонов.

При определении количества отцепок, приходящихся на 1 000 000 ваг-км пробега, в целях обеспечения сопоставимости имеющихся исходных данных были сделаны выборки по количеству отцепок вагона-аналога по годам ввода в эксплуатацию для осуществления сравнения вагонов одинакового возраста. Выборка по вагонам-аналогам (модель 12-132), введенным в эксплуатацию с 2008 по 2016 г., использовалась для сравнения с моделью 12-196-01; с 2012 по 2016 г. — с моделью 12-9853; с 2014 по 2016 г. — с моделями 12-9869 и 12-2142; с 2015 по 2016 г. — с моделями 12-196-02 и 12-2143.

В связи с этим формулы расчета составляющих ΔE_{41} (изменение затрат, связанных с техническим обслуживанием грузовых вагонов в пути следования) и ΔE_{43} (изменение затрат на маневровую работу по отцепке технически неисправных вагонов) адаптированы к имеющимся исходным данным и имеют следующий вид

$$\Delta E_{41} = 365 e_{\text{вкм}} \left(1 - \frac{n_{\text{то}}^{\text{н}}}{n_{\text{то}}^{\text{а}}} k_N \right) S_{\text{сут}}^{\text{ваг}}; \quad (14)$$

$$\Delta E_{43} = 365 e_{\text{ман}} t_{\text{ман}} S_{\text{сут}}^{\text{ваг}} n_{\text{оа}} \left(1 - \frac{n_{\text{оа}}^{\text{н}}}{n_{\text{оа}}^{\text{а}}} \right) \cdot 10^{-6}, \quad (15)$$

где $e_{\text{вкм}}$ — расходная ставка на вагоно-км грузовых вагонов парка различной принадлежности, руб.; $n_{\text{то}}^{\text{а}}$ — количество технических обслуживаний за оборот вагона-аналога; $n_{\text{то}}^{\text{н}}$ — количество технических обслуживаний за оборот вагона с улучшенными техническими характеристиками; k_N — коэффициент изменения числа погрузок вагона с улучшенными техническими характеристиками (УТХ) в результате увеличения его загрузки; $S_{\text{сут}}^{\text{ваг}}$ — среднесуточный пробег грузового ва-

гона, км; $e_{\text{ман}}$ — расходная ставка на локомотиво-час маневровой работы, руб.; $t_{\text{ман}}$ — время выполнения маневровым локомотивом работы по отцепке неисправного вагона, ч; $n_{\text{он}}$ — количество отцепок вагонов с УТХ на 1 000 000 ваг-км пробега; $n_{\text{оа}}$ — количество отцепок вагонов-аналогов на 1 000 000 ваг-км пробега.

Изменение затрат на маневровую работу по отцепке технически неисправных вагонов учтено как по маршрутным, так и по повагонным отправкам, так как вероятность отцепки вагона в расчете на 1 000 000 ваг-км не зависит от вида отправки.

Экономия расходов на обслуживание грузовых вагонов в пути следования в среднем составляет 2,1–4,0 тыс. руб. на 1 вагон в год.

Затраты на содержание локомотивов и локомотивных бригад. В исследовании было определено, что участковая скорость движения поездов не зависит от модели вагонов и определяется Нормами допустимых скоростей подвижного состава по железнодорожным путям колеи 1520 (1524) мм федерального железнодорожного транспорта [13]. Нормы допустимых скоростей одинаковы для вагонов с улучшенными техническими характеристиками и вагона-аналога, график движения поездов не зависит от модели грузового вагона, следовательно коэффициент изменения участковой скорости k_v равен 0. В этом случае изменение затрат на содержание локомотивов и локомотивных бригад в результате изменения скорости (составляющая ΔE_2) тоже равно 0.

Выводы. Техничко-экономическую оценку изменения затрат ОАО «РЖД» в случае эксплуатации инновационных грузовых вагонов следует использовать для разработки бюджетов в увязке с планами приобретения новых вагонов, при подготовке предложений по развитию тарифных механизмов, стимулирующих приобретение вагонов с улучшенными техническими характеристиками, которые обеспечивают дополнительный экономический эффект, связанный со снижением расходов владельца инфраструктуры. Целью таких механизмов является, с одной стороны, стимулирование обновления подвижного состава за счет инновационных вагонов, с другой — повышение эффективности работы железнодорожного транспорта. Опираясь на проведенную АО «ВНИИЖТ» оценку эффекта для ОАО «РЖД», экспертная комиссия Федеральной антимонопольной службы РФ 27 апреля 2017 г. одобрила применение тарифной схемы 25 (4) с пониженной платой за порожний пробег вагонов для полувагонов модели 12-2143 производства АО «Алтайзавод».

Согласно установленным в настоящее время тарифным преференциям для ряда моделей инновационных вагонов эффект от их эксплуатации на инфраструктуре РЖД в полном объеме включен в тарифные схемы. Для повышения заинтересованности ОАО «РЖД» в эксплуатации инновационных вагонов представляется целесообразным оставлять у владельца инфраструктуры от 30 до 50 % величины экономического эффекта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 21 января 2016 г. № 57-р. Программа поддержки транспортного машиностроения на 2016 год.
2. Лушников А. В. Видеть перспективу, работать на нее // Транспорт России. 2017. 1–7 мая. URL: <http://transportrussia.ru/item/3626-18-981-1-7-maya-2017-goda.html> (дата обращения: 04.05.2017 г.).
3. Collaboration avec l'Autriche // Le Rail. 2016. № 225/226. P. 6–10.
4. High-capacity van // Railway Gazette International. 2016. № 6. P. 19–20.
5. Білоруські залізничники задоволені якістю інноваційних вантажних вагонів КВБЗ: за матеріалами // Вагонный парк: междунар. информационный науч.-техн. журнал. 2016. № 7/8. URL: <http://www.kvsz.com> (дата обращения: 20.05.2017 г.).
6. Стандарт СТО РЖД 10.002–2015. Вагоны грузовые инновационные. Правила оценки экономической эффективности: утв. распоряжением ОАО «РЖД» от 26.04.2016 г. № 763 с изм. и доп., введенными распоряжением ОАО «РЖД» от 30.08.2016 г. № 1826р. Екатеринбург: УралЮрИздат, 2016. 38 с.
7. Единая программа и методика организации и проведения подконтрольной эксплуатации новых моделей грузовых вагонов и их составных частей: утв. Советом по железнодорожному транспорту государств — участников Содружества; утв. приказом Минтранса России от 21.11.2016 г. № 348. 19 с.
8. Типовая методика организации и проведения подконтрольной эксплуатации новых моделей грузовых вагонов и их составных частей: утв. распоряжением НП «ОПЖТ» от 22.10.2013 г. № 23. 34 с.
9. Методические рекомендации по расчету единичных и укрупненных расходных ставок для использования в экономических задачах ОАО «РЖД» по перевозочным видам деятельности: утв. распоряжением ОАО «РЖД» от 08.12.2015 г. № 2874р. 29 с.
10. Порядок ведения раздельного учета доходов и расходов субъектами естественных монополий в сфере железнодорожных перевозок: утв. приказом Минтранса России от 12.08.2014 г. № 225. 831 с. URL: <https://rg.ru/2014/12/29/perevozki-dok.html>.
11. ГОСТ 33211–2014. Вагоны грузовые. Требования к прочности и динамическим качествам. М.: Стандартинформ, 2016. 53 с.
12. ГОСТ Р 55050–2012. Железнодорожный подвижной состав. Нормы допустимого воздействия на железнодорожный путь и методы испытаний. М.: Стандартинформ, 2013. 15 с.
13. Нормы допустимых скоростей движения подвижного состава по железнодорожным путям колеи 1520 (1524) мм федерального железнодорожного транспорта: утв. приказом МПС России от 12.11.2001 г. № 41. М.: Транспорт, 2001. 121 с.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

ГРАНОВСКАЯ Галина Ананьевна,
канд. экон. наук, ведущий научный сотрудник,
АО «ВНИИЖТ»

МУРЗИН Роман Вилорьевич,
канд. техн. наук, заместитель генерального директора,
АО «ВНИИЖТ»

СУСЛОВ Олег Александрович

канд. техн. наук, директор научного центра
«Путевая инфраструктура и вопросы взаимодействия
колесо — рельс» (НЦ ЦПРК),
АО «ВНИИЖТ»

Статья поступила в редакцию 18.05.2017 г., актуализирована
24.07.2017 г., принята к публикации 07.08.2017 г.

Performance evaluation of operating freight cars with improved technical characteristics for JSC “Russian Railways” on the testing basis

G. A. GRANOVSKAYA, R. V. MURZIN, O. A. SUSLOV

Joint Stock Company “Railway Research Institute” (JSC “VNIIZhT”), Moscow, 129626, Russia

Abstract. The article describes the mechanism for evaluating the efficiency of operating freight cars with improved technical characteristics on the infrastructure of railways on the basis of complex tests. It allows determining the impact of the operation of such cars on the costs of JSC “Russian Railways”, including the costs of fuel and energy resources for traction of trains, the maintenance of the railway track, the maintenance and operation of freight locomotives and the maintenance of freight cars along the route. An important feature of the assessment is that it is based on data obtained as a result of testing in real-world conditions.

Technical and economic assessment of the change in costs of JSC “Russian Railways” in the case of the operation of innovative freight cars should be used in the development of budgets in conjunction with the plans to purchase new cars, to prepare proposals for the development of tariff mechanisms that stimulate the purchase of cars with improved technical characteristics that provide additional economic benefits, associated with a decrease in the costs of the owner of the infrastructure. The purpose of such mechanisms is, on the one hand, to stimulate the renewal of rolling stock through innovative carriages, on the other hand, to improve the efficiency of rail transport. Based on JSC “VNIIZhT” assessment of the effect for JSC “Russian Railways”, the expert commission of the Federal Antimonopoly Service of the Russian Federation approved the application of the tariff scheme 25 (4) with a reduced fee for the empty run of cars for 12–2143 gondola cars produced by JSC “AltaiZavod”.

According to the current price list for freight transportation, the effect of operating a number of models of innovative cars on the infrastructure of JSC “Russian Railways” is fully included in tariff preferences. However, to increase the interest of Russian Railways in the operation of innovative cars, it seems advisable to leave the owner of the infrastructure between 30 and 50 % of the economic effect.

Keywords: economic effect; innovative car; car with improved technical characteristics; cost saving; car testing; main resistivity to motion; impact on the track; vertical and lateral forces; cars uncoupling; guarantee sections for handling

DOI: <http://dx.doi.org/10.21780/2223-9731-2017-76-4-209-216>

REFERENCES

1. Order of the Government of the Russian Federation of January 21, 2016, no. 57-r. *Support program for transport engineering for 2016* (in Russ.).
2. Lushnikov A. V. *To see the future, to work on it*. Transport of Russia. 1–7 May, 2017. URL: <http://transportrussia.ru/item/3626-18-981-1-7-maya-2017-goda.html> (retrieved on 04.05.2017).
3. *Collaboration avec l’Autriche*. Le Rail, 2016, no. 225/226, pp. 6–10. (in French).
4. *High-capacity van*. Railway Gazette International, 2016, no. 6, pp. 19–20.

5. *Білоруські залізничники задоволені якістю інноваційних вантажних вагонів КВБЗ: За матеріалами*. Wagon fleet: International Informational Scientific and Technical Journal, 2016, no. 7/8. URL: <http://www.kvsz.com> (retrieved on 20.05.2017).

6. Standard STO RZD 10.002–2015. *Innovative freight cars. Rules for assessing economic efficiency*. Approved by the order of JSC “RZD” of 26.04.2016, no. 763 with amendments and additions introduced by the order of JSC “RZD” of August 30, 2016, no. 1826r. Ekaterinburg, UralYurizdat Publ., 2016, 38 p. (in Russ.).

7. *Unified program and methodology for the organization and conduct of controlled operation of new models of freight cars and its components*. Approved by the Council for Rail Transport of the Commonwealth Member States, approved by the Ministry of Transport of Russia on November 21, 2016, no. 348, 19 p. (in Russ.).

8. *Typical methodology for the organization and carrying controlled operation of new models of freight cars and its components*. Approved by the order of NP “OPZhT” of October 22, 2013, no. 23, 34 p. (in Russ.).

9. *Methodical recommendations on the calculation of single and aggregate expenditure rates for use in the economic objectives of JSC “RZD” for transportation activities*. Approved by the order of JSC “RZD” from December 8, 2015, no. 2874r, 29 p. (in Russ.).

10. *The order of separate accounting of incomes and expenses by subjects of natural monopolies in the sphere of railway transportation*. Approved by the order of the Ministry of Transport of Russia on August 12, 2014, no. 225, 831 p. (in Russ.). URL: <https://rg.ru/2014/12/29/perevozki-dok.html>.

11. GOST 33211–2014. *Freight cars. Requirements for strength and dynamic qualities*. Moscow, Standartinform Publ., 2016, 53 p.

12. GOST R 55050–2012. *Railway rolling stock. Norms of permissible impact on the railway track and test methods*. Moscow, Standartinform Publ., 2013, 15 p.

13. *Norms of permissible speeds of rolling stock on the railway tracks of 1520 (1524) mm gauge of the Federal Railway Transport*. Approved by the order of the Ministry of Railways of November 12, 2001, no. 41. Moscow, Transport Publ., 2001, 121 p. (in Russ.).

ABOUT THE AUTHORS

Galina A. GRANOVSKAYA,
Cand. Sci. (Econ.), Leading Researcher, JSC “VNIIZhT”

Roman V. MURZIN,
Cand. Sci. (Eng.), Deputy General Director, JSC “VNIIZhT”

Oleg A. SUSLOV,
Cand. Sci. (Eng.), Director of the Research Center “Track infrastructure and issues of wheel — rail interaction” (NTs TsPRK), JSC “VNIIZhT”

Received 18.05.2017

Revised 24.07.2017

Accepted 07.08.2017

■ E-mail: granovskaya.galina@vniizht.ru (G. A. Granovskaya)