



ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ

Научная статья

УДК 625.143:625.142

DOI: 10.21780/2223-9731-2022-81-1-80-88



МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ВЕРХНЕГО СТРОЕНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПУТИ

Е. Н. Ефимова¹, Н. П. Виногоров¹, А. А. Шиладжян¹,
В. М. Кошелев¹✉, Д. А. Валов¹, Н. В. Кузнецова²

¹ Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта (ВНИИЖТ),
Москва, Российская Федерация

² Российская открытая академия транспорта (РОАТ)
Российского университета транспорта (РУТ (МИИТ)),
Москва, Российская Федерация

АННОТАЦИЯ

Введение. Статья посвящена методическим подходам к оценке эффективности функционирования современных конструкций верхнего строения железнодорожного пути. Целью работы является разработка методических подходов к оценке эффективности применения материалов верхнего строения пути — рельсов, креплений, шпал, балласта — в заданных условиях эксплуатации.

Материалы и методы. Представлены разработанные авторами методические подходы к оценке эффективности функционирования современных конструкций верхнего строения железнодорожного пути, базирующиеся на принципах оценки стоимости жизненного цикла сложных технических систем железнодорожного транспорта. Методические подходы позволяют учесть в стоимости жизненного цикла все затраты, связанные с приобретением, владением и утилизацией материалов верхнего строения рассматриваемых участков железнодорожного пути с приведением стоимостных показателей к ценности начального периода путем дисконтирования рассматриваемых экономических показателей.

Результаты. Приведены результаты тестовых расчетов оценки эффективности использования рельсовых креплений типа ЖБР-65ПШМ, ЖБР-65Ш, АРС-4, Фоссло W-30 на условном 12-километровом участке железнодорожного бесстыкового пути с рельсами ДТ350 и грузонапряженностью 80 млн т·км брутто/км в год. Наиболее эффективным вариантом конструкции верхнего строения пути признается вариант, имеющий наименьшее значение удельных затрат на 1 т·км брутто, образующихся за весь жизненный цикл функционирования участка железнодорожного пути.

Обсуждение и заключение. Разработанные методические подходы могут быть использованы для оценки, сравнения и выбора наиболее эффективно функционирующих конструкций верхнего строения пути в заданных условиях эксплуатации.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: железнодорожный путь, рельсы, рельсовые крепления, стоимость жизненного цикла, текущее содержание пути, материалы верхнего строения пути, утилизация

Благодарности: авторы выражают благодарность рецензентам за полезные замечания, способствовавшие улучшению статьи.

Для цитирования: Ефимова Е. Н., Виногоров Н. П., Шиладжян А. А., Кошелев В. М., Валов Д. А., Кузнецова Н. В. Методические подходы к оценке эффективности функционирования современных конструкций верхнего строения железнодорожного пути // Вестник Научно-исследовательского института железнодорожного транспорта (Вестник ВНИИЖТ). 2022. Т. 81, № 1. С. 80–88. <https://doi.org/10.21780/2223-9731-2022-81-1-80-88>.

✉ koshelev.vladimir@vniizht.ru (В. М. Кошелев)

© Ефимова Е. Н., Виногоров Н. П., Шиладжян А. А.,
Кошелев В. М., Валов Д. А., Кузнецова Н. В., 2022



ECONOMICS AND MANAGEMENT

Original article

UDK 625.143:625.142

DOI: 10.21780/2223-9731-2022-81-1-80-88



METHODOLOGICAL APPROACHES TO THE EFFICIENT FUNCTIONING ASSESSMENT OF THE MODERN UPPER STRUCTURE TRACK

Elena N. Efimova¹, Nikolay P. Vinogorov¹, Alla A. Shiladzhyan¹, Vladimir M. Koshelev¹✉, Dmitriy A. Valov¹, Natal'ya V. Kuznetsova²

¹Railway Research Institute (VNIIZhT),
Moscow, Russian Federation

²Russian Open Academy of Transport (ROAT)
of the Russian University of Transport (RUT (MIIT)),
Moscow, Russian Federation

ABSTRACT

Introduction. The article covers the approaches to assessing the efficient functioning of the modern upper structure track and aims at developing these approaches in the process of using the track superstructure materials — rails, fasteners, sleepers, ballast — under given operating conditions.

Materials and methods. The authors proposed methodological approaches for assessing the effective functioning of the modern upper structure track. These methods were based on the life cycle cost measurements of railway complex technical systems. The methodological approaches enable to consider the expenditures for the acquisition, possession and disposal of the upper structure track materials by discounting the cost indicators and the initial period value.

Results. The authors present the results of test calculations for assessing the effective use of ZhBR-65PShM, ZhBR-65Sh, ARS-4, Vossloh W-30 rail fasteners types on a 12-kilometer nominal section of the continuous welded rail with DT350 rails and a traffic density up to 80 t.km gross/km per year. The most efficient upper structure track option is the one, which has the lowest value of unit costs per 1 t.km gross and covers the full life cycle of the railway track section operation.

Discussion and conclusion. The developed methodological approaches will be used to evaluate, compare and select the most efficient upper structure track schemes under given operating conditions.

KEYWORDS: railway track, rails, rail fasteners, life cycle cost, track maintenance, upper structure track materials, recycling

Acknowledgements: the authors express their gratitude to the reviewers for their constructive comments, improving the quality of the article.

For citation: Efimova E. N., Vinogorov N. P., Shiladzhyan A. A., Koshelev V. M., Valov D. A., Kuznetsova N. V. Methodological approaches to the efficient functioning assessment of the modern upper structure track. *Russian Railway Science Journal*. 2022;81(1): 80–88. (In Russ.). <https://doi.org/10.21780/2223-9731-2022-81-1-80-88>.

✉ koshelev.vladimir@vniizht.ru (V. M. Koshelev)

Введение. Сочетание многообразия специализаций и категорий рельсов с различными скреплениями позволяет создавать множество вариантов конструкций верхнего строения пути, обеспечивающих выполнение установленного объема перевозок и их безопасности. Эти варианты отличаются стоимостью материалов и эксплуатационными затратами.

В [1] и [2] была предпринята попытка определить сравнительную эффективность функционирования различных конструкций рельсовых скреплений, применяемых в путевом хозяйстве на сети железных дорог. В то же время можно отметить, что методика расчета стоимости жизненного цикла 1 км железнодорожного пути [1] основана на использовании калькуляции фактически произведенных затрат и не позволяет оценить и смоделировать изменение затрат на текущее содержание пути в зависимости от пропущенного тоннажа, скорости движения грузовых поездов, типа используемых рельсов и особенностей климатических условий эксплуатации железнодорожного пути.

В ряде других публикаций представлена методология оценки стоимости жизненного цикла для оптимизации технического обслуживания верхнего строения железнодорожного пути [3] и определения минимальной стоимости межремонтного цикла как критерия выбора оптимальной конструкции верхнего строения пути для функционирования в заданных условиях эксплуатации [4]. Однако представленные подходы [1–4] не учитывают все затраты, в частности связанные с налоговыми и страховыми платежами. Кроме того, в них не учитывается изменение финансовых потоков в зависимости от фактора времени, т. е. коэффициент дисконтирования приведенных затрат не используется.

В ОАО «РЖД» для обоснования закупки новой, в том числе инновационной, высокотехнологичной продукции применяется методология оценки стоимости жизненного цикла [5, 6]. Эти же методы применяют и для оценки эффективности функционирования уже используемых технических систем. Разработанные и приведенные в настоящей статье методические подходы к оценке эффективности функционирования современных конструкций верхнего строения железнодорожного пути содержат описание математической модели расчета стоимости жизненного цикла, которая позволяет учесть все затраты, связанные с приобретением, владением и утилизацией рельсошпальной решетки конкретного участка железнодорожного пути.

Определение стоимости жизненного цикла материалов верхнего строения железнодорожного пути. Под жизненным циклом понимается совокупность процессов создания, эксплуатации, ремонта и утилизации единицы подвижного состава или сложной технической системы железнодорожного транспорта.

Под стоимостью жизненного цикла (СЖЦ) понимаются совокупные издержки потребителя на приобретение, использование техники за срок службы и ее изъятие (ликвидация, утилизация).

Применительно к оценке СЖЦ материалов верхнего строения пути модель СЖЦ может быть представлена в виде суммы затрат на приобретение, эксплуатацию и утилизацию:

$$СЖЦ = C_{пр.} + C_{экспл.} + C_{ут.} \quad (1)$$

где $C_{пр.}$ — расходы, связанные с приобретением, принимаются равными стоимости капитального ремонта участка железнодорожного пути ($C_{кап.рем.}$); $C_{экспл.}$ — суммарные расходы на все виды промежуточных ремонтов и текущее содержание пути, расходы, связанные с уплатой налогов и страховых платежей; $C_{ут.}$ — финансовый результат, учитывающий доходы и расходы, образующиеся при утилизации материалов верхнего строения пути.

В качестве продолжительности жизненного цикла (расчетный период) целесообразно принять нормативный период времени между капитальными ремонтами участка железнодорожного пути.

Определение расходов, связанных с капитальным ремонтом участка железнодорожного пути. При выполнении расчета СЖЦ материалов верхнего строения на действующих участках железнодорожного пути затраты на их капитальный ремонт определяются как сумма фактических затрат, связанных с капитальным ремонтом каждого километра пути, входящего в участок.

В случае расчета и проведения анализа СЖЦ рассматриваемых участков железнодорожного пути, которые только планируются к проведению капитального ремонта, используются данные калькуляций стоимости работ, определяемые специализированными проектными организациями.

Определение расходов, связанных с эксплуатацией участка железнодорожного пути. Годовые расходы, связанные с эксплуатацией участка железнодорожного пути, рассчитываются по формуле

$$C_{экспл.} = Z_{рем.} + Z_{тек.сод.} + Z_{налог им.} + Z_{стр.пл.} \quad (2)$$

где $Z_{рем.}$ — расходы, связанные с выполнением промежуточных ремонтов участка железнодорожного пути, руб.; $Z_{тек.сод.}$ — затраты на текущее содержание участка железнодорожного пути, руб.; $Z_{налог им.}$ — расходы, связанные с выплатой налога на имущество, руб.; $Z_{стр.пл.}$ — расходы, связанные с выплатой страховых платежей, руб.

Затраты (расходы) на выполнение промежуточных ремонтов участка железнодорожного пути определяются как сумма затрат на все виды промежуточных ремонтов за ремонтный цикл и рассчитываются по формуле

$$Z_{\text{рем.}} = \sum_{j=1}^N Z_{\text{рем.}j} n_j / T, \quad (3)$$

где $Z_{\text{рем.}j}$ — затраты на проведение j -го вида ремонта, руб.; n_j — нормативное количество ремонтов j -го вида за межремонтный цикл; T — расчетный период времени (продолжительность жизненного цикла), лет; N — количество видов промежуточных ремонтов.

Количество и виды промежуточных ремонтов определяются для рассматриваемых участков индивидуально, исходя из классификации участка пути и предложенной конструкции верхнего строения пути в соответствии с приказом Минтранса России от 9 февраля 2018 г. № 54 [7].

Затраты на текущее содержание рассматриваемого участка железнодорожного пути складываются из затрат на оплату труда монтеров пути с учетом всех отчислений, стоимости материалов верхнего строения пути, используемых при выполнении работ по текущему содержанию пути:

$$Z_{\text{тек.сод.}} = Z_{\text{опл.тр.}} + Z_{\text{мат.}} \quad (4)$$

где $Z_{\text{опл.тр.}}$ — затраты на оплату труда монтеров пути, выполняющих работы по текущему содержанию пути, руб.; $Z_{\text{мат.}}$ — стоимость материалов, использованных при выполнении работ по текущему содержанию пути, руб.

Затраты на оплату труда монтеров пути, выполняющих работы по текущему содержанию участка пути, могут быть рассчитаны по формуле

$$Z_{\text{опл.тр.}} = 12 C K_{\text{нач.}} \chi_{\text{тек.сод.}} L, \quad (5)$$

где 12 — число месяцев в году; C — среднемесячная заработная плата монтера пути, руб.; $K_{\text{нач.}}$ — коэффициент, учитывающий начисления общепроизводственных и общехозяйственных расходов к фонду заработной платы для подразделения Центральной дирекции инфраструктуры — филиала ОАО «РЖД» и рассчитанный в соответствии с Методическими рекомендациями по расчету расходных ставок для решения внутрикорпоративных экономических задач ОАО «РЖД» и его филиалов, утвержденными распоряжением ОАО «РЖД» от 31 декабря 2020 г. № 3025; $\chi_{\text{тек.сод.}}$ — табличное (нормативное) значение затрат труда на текущее содержание 1 км развернутой длины пути в год, чел.; L — протяженность рассматриваемого участка железнодорожного пути, км.

Нормативная численность работников, которые могут быть привлечены к выполнению работ по текущему содержанию железнодорожного пути, определяется в соответствии с [8].

В стоимость материалов входят затраты на новые материалы и отремонтированные элементы верхнего строения пути, используемые при одиночной смене,

а также затраты на пополнение и замену балласта. Расходы по одиночной смене материалов верхнего строения пути исчисляются по нормам, установленным на 1 км развернутой длины главного и станционного путей, и действующим ценам. При определении потребности в материалах из развернутой длины пути исключают те участки, на которых в планируемом году предусматриваются работы по среднему и подъемному ремонту, а также предусмотрена сплошная замена рельсов новыми и старогодными.

Затраты на материалы при одиночной смене материалов верхнего строения рассматриваемого участка пути рассчитываются по формуле

$$Z_{\text{мат.}} = L \sum_{t=1}^N m_t e_t, \quad (6)$$

где m_t — норма расхода t -го материала на текущее содержание 1 км пути, где $t = \{\text{рельсы, скрепления, шпалы, балласт}\}$; e_t — стоимость единицы t -го материала верхнего строения пути.

Затраты на материалы при одиночной смене материалов верхнего строения рассматриваемого участка пути рассчитываются на протяжении всего жизненного цикла с шагом 1 год.

Расчет расходов по оплате налога на имущество производится на основании распоряжения ОАО «РЖД» от 13 марта 2017 г. № 395 «Об утверждении Указателя инвентарных объектов основных средств ОАО «РЖД» (в редакции распоряжения ОАО «РЖД» от 30 ноября 2017 г. № 2468р) для VIII группы со сроком полезного использования 300 месяцев.

Ставка налога на имущество ОАО «РЖД» определяется законами Российской Федерации.

Согласно ст. 385.3 НК РФ в отношении железнодорожных путей общего пользования и сооружений, являющихся их неотъемлемой технологической частью, соответствующих требованиям, установленным Правительством Российской Федерации, впервые принятых на учет в качестве объектов основных средств начиная с 1 января 2017 г., сумма налога исчисляется с применением коэффициента $K_{\text{зд}}$, значение которого определяется в соответствии с п. 2 ст. 385.3 НК РФ.

Ежегодный налог на имущество определяется умножением ставки налога на среднегодовую стоимость материалов верхнего строения пути:

$$Z_{\text{налог им.}} = C_{\text{ср.}} \text{СН}, \quad (7)$$

где $C_{\text{ср.}}$ — среднегодовая стоимость материалов верхнего строения участка пути, руб.; СН — ставка налога на имущество хозяйства пути ОАО «РЖД».

Размер страховых платежей определяется умножением остаточной стоимости имущества на величину установленного страхового тарифа:

$$Z_{\text{стр.пл.}} = C_{\text{ср.ост.}} \beta, \quad (8)$$

где $C_{\text{ср.ост.}}$ — среднегодовая остаточная стоимость материалов верхнего строения рассматриваемого участка железнодорожного пути, руб.; β — тариф по страхованию имущества путевого хозяйства.

Размер страховых платежей рассчитывается на протяжении всего жизненного цикла с шагом 1 год.

Определение финансового результата от утилизации рельсошпальной решетки, снимаемой при капитальном ремонте участка железнодорожного пути. Рельсошпальная решетка и материалы верхнего строения пути, изымаемые при капитальном ремонте, в зависимости от технического состояния используются как материалы повторного использования или металлолом.

Финансовый результат от утилизации материалов верхнего строения пути рассчитывается исходя из протяженности участка, эпюры шпал, веса рельса, веса металлических частей промежуточных креплений, стоимости заготовки 1 т металлолома, цены реализации 1 т металлолома.

При расчете финансового результата на завершающем этапе жизненного цикла необходимо учитывать то, что часть рельсошпальной решетки (γ) повторно используется для укладки в путь более низкого класса, а часть рельсошпальной решетки $(1-\gamma)$ разбирается и утилизируется.

Финансовый результат от утилизации рельсошпальной решетки участка железнодорожного пути рассчитывается по формуле

$$Z_{\text{ут.РШР}} = Z_{\text{повт.исп.РШР}} + Z_{\text{ут.РШР}}, \quad (9)$$

где $Z_{\text{повт.исп.РШР}}$ — стоимость материалов верхнего строения пути в составе рельсошпальной решетки, повторно укладываемой в путь более низкого класса, руб.; $Z_{\text{ут.РШР}}$ — финансовый результат от утилизации материалов верхнего строения пути, входящих в состав рельсошпальной решетки, направляемой на утилизацию, руб.

Стоимость материалов верхнего строения пути, пригодных для повторного использования в составе рельсошпальной решетки, укладываемой в путь более низкого класса, рассчитывается по формуле

$$Z_{\text{повт.исп.РШР}} = \gamma \left\{ \left[\frac{(2L \cdot 1000 \text{ г})}{1000} \right] \times \left[\Pi_{\text{нов.р}} K_{\text{гп}} + 2L \text{Э} \Pi_{\text{нов.с}} K_{\text{гс}} + L \text{Э} \Pi_{\text{нов.ш}} K_{\text{гш}} \right] \right\}, \quad (10)$$

где 2 — количество рельсовых плетей; 1000 — коэффициент перевода километров в метры, килограммов в тонны; g — вес 1 пог.м рельса, кг; $\Pi_{\text{нов.р}}$ — цена 1 т нового рельса, руб.; $K_{\text{гп}}$ — корректировочный коэффициент годности для старогодных рельсов; Э — эпюра шпал, количество шпал на 1 км пути; $\Pi_{\text{нов.с}}$ — цена

нового крепления, руб.; $K_{\text{гс}}$ — корректировочный коэффициент годности креплений; $\Pi_{\text{нов.ш}}$ — цена новой шпалы, руб.; $K_{\text{гш}}$ — корректировочный коэффициент годности шпал.

Финансовый результат от утилизации материалов верхнего строения пути, входящих в состав рельсошпальной решетки, направляемой на утилизацию, складывается из затрат на разборку рельсошпальной решетки, доходов от утилизации металлических элементов материалов верхнего строения пути, затрат на утилизацию шпал и рассчитывается по формуле

$$Z_{\text{ут.РШР}} = Z_{\text{ут.мет.}} - (Z_{\text{разб.РШР}} + Z_{\text{ут.ш}}), \quad (11)$$

где $Z_{\text{ут.мет.}}$ — доходы от утилизации металлических элементов материалов верхнего строения пути, руб.; $Z_{\text{разб.РШР}}$ — затраты на разборку рельсошпальной решетки, руб.; $Z_{\text{ут.ш}}$ — затраты на утилизацию шпал, руб.

Доходы от утилизации металлических элементов материалов верхнего строения пути формируются исходя из протяженности участка, эпюры шпал, веса рельса, веса металлических частей промежуточных креплений, стоимости заготовки 1 т металлолома, цены реализации 1 т металлолома и рассчитываются по формуле

$$Z_{\text{ут.мет.}} = (1-\gamma) \left[\left(\frac{(2L \cdot 1000 \text{ г} + L \text{Э} 2 \text{ г}_c)}{1000} \right) (\Pi_{\text{л}} - \Pi_{\text{з}}) \right], \quad (12)$$

где $\Pi_{\text{л}}$ — цена реализации 1 т лома, руб.; $\Pi_{\text{з}}$ — стоимость заготовки 1 т лома, руб.

Затраты на разборку рельсошпальной решетки определяются по формуле

$$Z_{\text{разб.РШР}} = (1-\gamma) L \Pi_{\text{разб.РШР}}, \quad (13)$$

где $\Pi_{\text{разб.РШР}}$ — цена разборки 1 км рельсошпальной решетки, руб.

Затраты на утилизацию шпал рельсошпальной решетки рассчитываются умножением количества перерабатываемых шпал на затраты по утилизации одной шпалы и определяются по формуле

$$Z_{\text{ут.ш}} = (1-\gamma) L \text{Э} \Pi_{\text{ут.ш}}, \quad (14)$$

где $\Pi_{\text{ут.ш}}$ — стоимость утилизации шпалы, руб.

Оценка эффективности функционирования современных конструкций верхнего строения пути. Разработанные методические подходы оценки СЖЦ могут быть использованы для выбора наиболее эффективной конструкции верхнего строения пути на заданном участке железнодорожного пути для заданных условий эксплуатации.

Поскольку СЖЦ рассчитывается за определенный временной период, то должны учитываться различные аспекты фактора времени [5]:

- несопоставимость во времени одних и тех же затрат;
- инфляция;
- неопределенность и риск.

Учет фактора времени производится приведением стоимостных показателей к ценности начального периода путем дисконтирования рассматриваемых экономических показателей.

Дисконтирование осуществляется посредством введения в расчеты коэффициента дисконтирования.

С учетом дисконтирования формула для расчета СЖЦ приобретает вид

$$СЖЦ = C_{\text{кап.рем.}} + \sum_{i=1}^T [3_{\text{рем.}} + 3_{\text{тек.сод.}} + 3_{\text{налог им.}} + 3_{\text{стр.пл.}} + (3_{\text{повт.исп.РШР}} + 3_{\text{ут.РШР}})] \alpha_i, \quad (15)$$

где α_i — коэффициент дисконтирования, который определяется по формуле

$$\alpha_i = (1 + E)^{-i} = \frac{1}{(1 + E)^i}, \quad (16)$$

где i — шаг расчетного периода, год ($i \in [1, T]$); E — ставка дисконтирования.

При оценке альтернативных вариантов конструкций верхнего строения участка пути в качестве критерия используется показатель удельных затрат ($C_{\text{уд.к}}$) на 1 т·км брутто, образующихся за весь период жизненного цикла, которые определяются по формуле

$$C_{\text{уд.к}} = СЖЦ_k / (T_{\text{норм.к}} L), \quad (17)$$

где $T_{\text{норм.к}}$ — нормативная периодичность выполнения капитального ремонта пути для k -го варианта конструкции пути, млн т брутто.

Наиболее эффективным вариантом конструкции верхнего строения пути признается вариант, имеющий наименьшее значение удельных затрат на 1 т·км брутто, образующихся за весь жизненный цикл функционирования участка железнодорожного пути.

Сводные данные о стоимости этапов жизненного цикла рассматриваемых участков железнодорожного пути с учетом дисконтирования (тыс. руб., цены II квартала 2021 г.)
Summary data of the life cycle stages cost of the selected railway track sections, considering discounting (thousand rubles, prices of the second quarter of 2021)

№ п/п	Наименование затрат	Участок 1 ЖБР-65ПШМ	Участок 2 ЖБР-65Ш	Участок 3 АРС-4	Участок 4 W-30
1	2	3	4	5	6
1	I. Этап приобретения (расходы на капитальные ремонты различных уровней) В том числе:	347 180	350 012	330 262	341 951
	1) капитальный ремонт 12 км 1 уровня (КРН)	291 038	293 660	274 059	285 798
	2) капитальный ремонт 12 км 3 уровня (РС)	56 142	56 352	56 203	56 153
2	II. Этап эксплуатации (расходы на эксплуатацию) В том числе:	88 367	88 567	87 389	86 848
	1) заработная плата	6 535	5 756	5 009	5 756
	2) материалы	6 516	7 004	7 370	5 886
	3) средний ремонт	29 862	30 118	29 936	29 875
	4) планово-предупредительный ремонт пути	14 854	14 854	14 854	14 854
	5) шлифование	14 255	14 255	14 255	14 255
	6) подъемочный ремонт	9 294	9 462	9 349	9 306
	7) страхование имущества	263	265	247	258
	8) налог на имущество	6 788	6 853	6 369	6 659
3	III. Этап утилизации (расходы за жизненный цикл)	–18 907	–19 046	–17 915	–18 311
4	СЖЦ (всего затрат, п. 1 + п. 2 + п. 3)	416 640	419 533	399 736	410 488
5	Продолжительность жизненного цикла в годах (T)	12,73	12,73	12,73	12,73
6	Удельные затраты СЖЦ ($C_{\text{уд.}}$) на 1 т·км брутто	24,80	24,97	23,79	24,43

По разработанным методическим подходам была выполнена тестовая сравнительная оценка эффективности использования рельсовых креплений ЖБР-65ПШМ, ЖБР-65Ш, АРС-4, Фоссло W-30 на условном 12-километровом участке железнодорожного бесстыкового пути с рельсами ДТ350, грузонапряженностью 80 млн т·км брутто/км в год, средневзвешенной скоростью движения поездов 100 км/ч, средней осевой нагрузкой 17,05 т/ось, уклонами подъема и спуска на участке 15 %, количеством поездов в сутки — 45, продолжительностью зимы — 5 месяцев, классом пути — П1.

Ремонтная схема для данного класса пути: КРН–В–С–В–РС–В–П–КРН [7], где КРН — капитальный ремонт 1 уровня (капитальный ремонт железнодорожного пути с использованием новых материалов); В — планово-предупредительная выправка пути; С — средний ремонт железнодорожного пути; РС — капитальный ремонт 3 уровня (сплошная замена рельсов в период между капитальными ремонтами, сопровождаемая работами в объемах среднего ремонта железнодорожного пути); П — подъемочный ремонт железнодорожного пути.

В расчетах принято, что шлифование проводится регулярно через 70 млн т брутто пропущенного тоннажа.

Результаты выполненных расчетов приведены в таблице. На основании полученных результатов можно сделать вывод о том, что в заданных условиях эксплуатации наиболее эффективным является использование в конструкции верхнего строения пути креплений АРС-4 (п. 6 стб. 5 таблицы). Конструкция с данным типом креплений имеет наименьшую величину удельных затрат на 1 т·км брутто — 23,79 тыс. руб.

Заключение. Разработанные методические подходы могут быть использованы для оценки и сравнения эффективности различных проектов применения современных конструкций верхнего строения пути, в которых реализованы одинаковые требования по обеспечению функционирования объекта в заданных условиях, а именно:

- для обоснования выбора типов рельсов, креплений для различных климатических и эксплуатационных условий работы бесстыкового пути;
- для принятия решений о выборе оптимальных конструкций верхнего строения пути для реализации при проектировании и выполнении капитальных ремонтов пути 1 уровня;
- для альтернативных вариантов конструкций верхнего строения пути при строительстве, модернизации и приобретении объектов инфраструктуры;
- для идентификации и выявления факторов, влияющих на увеличение стоимости жизненного цикла железнодорожного пути;

- для оценки и сравнительного анализа различных способов замены, продления срока службы или утилизации выработавших срок службы материалов верхнего строения пути.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Методика расчета стоимости жизненного цикла 1 км железнодорожного пути с различными типами креплений в зависимости от условий эксплуатации [Электронный ресурс]: утв. распоряжением ОАО «РЖД» от 28 декабря 2018 г. № 2843/р. Доступ из АСПИЖТ.
2. Техничко-экономическое обоснование по применению различных конструкций креплений [Электронный ресурс]: утв. распоряжением ОАО «РЖД» от 29 декабря 2018 г. № 2848/р. Доступ из АСПИЖТ.
3. Бельтюков В.П., Третьяков А.А. Использование стоимости жизненного цикла для оптимизации технического обслуживания верхнего строения пути // Известия Петербургского государственного университета путей сообщения. 2015. Вып. 3. С. 42–47.
4. Бельтюков В.П., Андреев А.В. Особенности определения стоимости жизненного цикла верхнего строения пути на участках с разными условиями эксплуатации // Известия Петербургского государственного университета путей сообщения. 2016. Вып. 3. С. 314–320.
5. Методика определения стоимости жизненного цикла и лимитной цены подвижного состава и сложных технических систем железнодорожного транспорта (основные положения) [Электронный ресурс]: утв. распоряжением ОАО «РЖД» от 27 декабря 2007 г. № 2459р. URL: <https://jd-doc.ru/2007/dekabr-2007/12704-rasporyazhenie-oao-rzhd-ot-27-12-2007-p-2459r> (дата обращения: 20.06.2021).
6. СТО РЖД 02.037–2011. Управление ресурсами, рисками и надежностью на этапах жизненного цикла (УРРАН). Управление стоимостью жизненного цикла систем, устройств и оборудования хозяйств ОАО «РЖД» [Электронный ресурс]: утв. распоряжением ОАО «РЖД» от 22 марта 2012 г. № 560р. URL: http://oac.rgotups.ru/misc/files/prof_risk/sto_rzd_.pdf (дата обращения: 20.06.2021).
7. О внесении изменений в Правила технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации, утвержденных приказом Министерства транспорта Российской Федерации от 21 декабря 2010 г. № 286 [Электронный ресурс]: приказ Минтранса России от 9 февраля 2018 г. № 54. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201805030055> (дата обращения: 20.06.2021).
8. Нормативы численности работников, занятых на текущем содержании железнодорожного пути [Электронный ресурс]: утв. распоряжением ОАО РЖД» от 26 декабря 2016 г. № 2667р. Доступ из АСПИЖТ.

REFERENCES

1. Metodika rascheta stoimosti zhiznennogo tsikla 1 km zheleznodorozhnogo puti s razlichnymi tipami skrepleniy v zavisimosti ot usloviy ekspluatatsii [Methodology for calculating the cost of the life cycle of 1 km of railway track with different types of fastenings depending on the operating conditions]: utv. rasporyazheniem OAO "RZhD" ot 28 dekabrya 2018 g. № 2843/r. [approved by Order of JSC Russian Railways dated December 28, 2018 No. 2843/r]. (In Russ.).
2. Tekhniko-ekonomicheskoe obosnovanie po primeneniyu razlichnykh konstruktсий skrepleniy [Feasibility study on the use of various designs of fasteners]: utv. rasporyazheniem OAO "RZhD" ot 29 dekabrya 2018 g. № 2848/r. [approved by Decree of JSC Russian Railways dated December 29, 2018 No. 2848/r]. (In Russ.).

3. Bel'tyukov V. P., Tret'yakov A. A. Ispol'zovanie stoimosti zhiznennogo tsikla dlya optimizatsii tekhnicheskogo obsluzhivaniya verkhnego stroeniya puti [Use of the life cycle cost for optimizing the maintenance of track superstructure]. *Izvestiya Peterburgskogo gosudarstvennogo universiteta putey soobshcheniya = Proceedings of Petersburg Transport University*. 2015;3: 42–47. (In Russ.).

4. Bel'tyukov V. P., Andreev A. V. Osobennosti opredeleniya stoimosti zhiznennogo tsikla verkhnego stroeniya puti na uchastkakh s raznymi usloviyami ekspluatatsii [Features of determining the cost of the life cycle of the upper structure of the track in areas with different operating conditions]. *Izvestiya Peterburgskogo gosudarstvennogo universiteta putey soobshcheniya = Proceedings of Petersburg Transport University*. 2016;3:314–320. (In Russ.).

5. Metodika opredeleniya stoimosti zhiznennogo tsikla i limitnoy tseny podvizhnogo sostava i slozhnykh tekhnicheskikh sistem zheleznodorozhnogo transporta (osnovnye polozeniya) [Methodology for determining the cost of the life cycle and the limit price of rolling stock and complex technical systems of railway transport (Main provisions)]: utv. rasporyazheniem OAO "RZhD" ot 27 dekabrya 2007 g. № 2459r [approved by Order of JSC Russian Railways dated December 27, 2007 No. 2459r]. URL: <https://jd-doc.ru/2007/dekabr-2007/12704-rasporyazhenie-ao-rzhd-ot-27-12-2007-n-2459r> (access date: 20.06.2021). (In Russ.).

6. STO RZhD 02.037–2011. Upravlenie resursami, riskami i nadezhnost'yu na etapakh zhiznennogo tsikla (URRAN). Upravlenie stoimost'yu zhiznennogo tsikla sistem, ustroystv i oborudovaniya khozyaystv OAO "RZhD" [Management of resources, risks and reliability at the stages of the life cycle (URRAN). Management of the life cycle cost of systems, devices and equipment of JSC Russian Railways]: utv. rasporyazheniem OAO "RZhD" ot 22 marta 2012 g. № 560r [approved by Order of JSC Russian Railways dated March 22, 2012 No. 560r]. URL: http://oac.rgotups.ru/misc/files/prof_risk/sto_rzd_.pdf (access date: 20.06.2021). (In Russ.).

7. O vnesenii izmeneniy v Pravila tekhnicheskoy ekspluatatsii zheleznykh dorog Rossiyskoy Federatsii, utverzhdenykh prikazom Ministerstva transporta Rossiyskoy Federatsii ot 21 dekabrya 2010 g. № 286 [On amendments to the Rules for the technical operation of railways of the Russian Federation, approved by order of the Ministry of Transport of the Russian Federation dated December 21, 2010 No. 286]: prikaz Mintransa Rossii ot 9 fevralya 2018 g. № 54 [Order of the Ministry of Transport of Russia of February 9, 2018 No. 54]. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201805030055> (access date: 20.06.2021). (In Russ.).

8. Normativy chislennosti rabotnikov, zanyatykh na tekushchem soderzhanii zheleznodorozhnogo puti [Standards for the number of employees employed on the current maintenance of the railway track]: utv. rasporyazheniem OAO "RZhD" ot 26 dekabrya 2016 g. № 2667r [approved by Order of JSC Russian Railways dated December 26, 2016 No. 2667r]. (In Russ.).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Елена Николаевна ЕФИМОВА,

канд. экон. наук, директор научного центра «Экономика комплексных проектов и тарифообразование», АО «ВНИИЖТ», SPIN-код: 7176-0100, AuthorID: 699691, <https://orcid.org/0000-0002-2395-6185>

Николай Павлович ВИНОГОРОВ (1939–2021),

канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник, научный центр «Путевая инфраструктура и вопросы взаимодействия колесо – рельс», АО «ВНИИЖТ», <https://orcid.org/0000-0002-2344-5681>

Алла Ашотовна ШИЛАДЖЯН,

канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник, научный

центр «Рельсы, сварка, транспортное материаловедение», АО «ВНИИЖТ», <https://orcid.org/0000-0003-2716-8172>

Владимир Михайлович КОШЕЛЕВ,

канд. техн. наук, бизнес-аналитик, научный центр «Экономика комплексных проектов и тарифообразование», АО «ВНИИЖТ», <https://orcid.org/0000-0002-2469-9683>

Дмитрий Андреевич ВАЛОВ,

бизнес-аналитик, научный центр «Экономика комплексных проектов и тарифообразование», АО «ВНИИЖТ», <https://orcid.org/0000-0003-0632-6821>

Наталья Владимировна КУЗНЕЦОВА,

старший преподаватель, кафедра «Транспортное строительство», ФGAOU BO «PYT» (МИИТ), SPIN-код: 6276-9288, AuthorID: 1115600, <https://orcid.org/0000-0002-2755-4789>

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Elena N. EFIMOVA,

Cand. of Sci. (Economics), Director of the Research Center "Economics of Complex Projects and Tariff Setting", JSC "VNIIZhT", SPIN-code: 7176-0100, AuthorID: 699691, <https://orcid.org/0000-0002-2395-6185>

Nikolay P. VINOOROV (1939–2021),

Cand. of Sci. (Engineering), Leading Researcher, Research Center "Track Infrastructure and Issues of Wheel–Rail Interaction", JSC "VNIIZhT", <https://orcid.org/0000-0002-2344-5681>

Alla A. SHILADZHYAN,

Cand. of Sci. (Engineering), Leading Researcher, Research Center "Rails, Welding, Transport Materials Science", JSC "VNIIZhT", <https://orcid.org/0000-0003-2716-8172>

Vladimir M. KOSHELEV,

Cand. of Sci. (Engineering), Business Analyst, Research Center "Economics of Complex Projects and Tariff Setting", JSC "VNIIZhT", <https://orcid.org/0000-0002-2469-9683>

Dmitriy A. VALOV,

Business Analyst, Research Center "Economics of Complex Projects and Tariff Setting", JSC "VNIIZhT", <https://orcid.org/0000-0003-0632-6821>

Natal'ya V. KUZNETSOVA,

Senior Lecturer, Department of Transport Construction, FGAOU VO "RUT" (MIIT), SPIN-code: 6276-9288, AuthorID: 1115600, <https://orcid.org/0000-0002-2755-4789>

ВКЛАД АВТОРОВ

Елена Николаевна ЕФИМОВА. Оценка правомочности и ответственности изложенных подходов требованиям нормативных документов ОАО «РЖД» в части расчета эффективности инвестиционных проектов. Разработка методологии расчета финансового результата утилизации материалов верхнего строения пути. Разработка выводов и предложений (10%).

Николай Павлович ВИНОГОРОВ. Формирование направлений исследований по оценке СЖЦ различных конструкций верхнего строения пути. Представление и анализ исходных данных по стоимости капитального, среднего и подъемочного ремонтов и планово-предупредительной выправки пути в зависимости от конструкции верхнего строения пути (10%).

Алла Ашотовна ШИЛАДЖЯН. Расчет стоимости шлифования поверхности катания рельсов. Анализ существующих в компании подходов к оценке эффективности функционирования конструкций верхнего строения пути с использованием методологии оценки стоимости жизненного цикла (20%).

Владимир Михайлович КОШЕЛЕВ. Разработка методических подходов к оценке эффективности функционирования различных конструкций верхнего строения пути в части, касающейся расходов, связанных с эксплуатацией участка пути и расходом материалов. Формирование выводов и предложений (25%).

Дмитрий Андреевич ВАЛОВ. Выполнение тестовых расчетов по оценке эффективности применения различных конструкций верхнего строения пути в заданных условиях эксплуатации. Разработка методологии оценки стоимости налоговых и страховых платежей. Интерпретация полученных результатов. Разработка предложений по использованию представленных методических подходов (20%).

Наталья Владимировна КУЗНЕЦОВА. Сбор, оценка и представление исходных данных по фактической работоспособности скреплений ЖБР-65ПШМ, ЖБР-65Ш, АРС-4, Фоссло W-30. Расчет расхода материалов на текущее содержание 1 км пути с различными типами скреплений. Использование дисконтирования полученных результатов при оценке экономической эффективности различных скреплений (15%).

CONTRIBUTION OF THE AUTHORS

Elena N. EFIMOVA. Evaluation of the eligibility and compliance of the stated approaches with the requirements of the regulatory documents of Russian Railways in terms of calculating the effectiveness of investment projects. Development of a methodology for calculating the financial result of the utilization of the upper structure track materials. Development of conclusions and proposals (10%).

Nikolay P. VINOGOROV. Formation of research directions for the evaluation of the life cycle of various structures of the upper structure track. Presentation and analysis of initial data on the cost of major, medium and lifting repairs and scheduled preventive track alignment depending on the upper structure track structure (10%).

Alla A. SHILADZHYAN. Calculation of the cost of grinding the rail tread surface. Analysis of the company's existing approaches to assessing the effectiveness of the functioning of the upper structure track using the life cycle cost assessment methodology (20%).

Vladimir M. KOSHELEV. Development of methodological approaches to assessing the effectiveness of the functioning of various structures of the upper structure track in terms of the costs associated with the operation of the track section and the consumption of materials. Formation of conclusions and proposals (25%).

Dmitriy A. VALOV. Performing test calculations to assess the effectiveness of the use of various structures of the upper structure track in the given operating conditions. Development of a methodology for assessing the cost of tax and insurance payments. Interpretation of the obtained results. Development of proposals for the use of the presented methodological approaches (20%).

Natal'ya V. KUZNETSOVA. Collection, evaluation and presentation of initial data on the actual performance of fasteners ZhBR-65PShM, ZhBR-65Sh, ARS-4, Vossloh W-30. Calculation of the consumption of materials for the current maintenance of 1 km of track with various types of fasteners. The use of discounting of the obtained results in assessing the economic efficiency of various fasteners (15%).

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

The authors have read and approved the final manuscript.

Прозрачность финансовой деятельности: авторы не имеют финансовой заинтересованности в представленных материалах и методах. Конфликт интересов отсутствует.

Financial transparency: the authors have no financial interest in the presented materials and methods. There is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 24.06.2021, первая рецензия получена 06.09.2021, вторая рецензия получена 22.12.2021, принята к публикации 17.01.2022.

The article was submitted 24.06.2021, first review received 06.09.2021, second review received 22.12.2021, accepted for publication 17.01.2022.

ВЫШЛИ В СВЕТ ТРУДЫ ВНИИЖТ

АСУ «Экспресс» — автоматизированная система управления пассажирскими перевозками на железнодорожном транспорте / под ред. А. В. Комиссарова. — 2-е изд. — М.: РАС, 2019. — 68 с.

В книге рассмотрены бизнес-процессы пассажирских перевозок с использованием автоматизированной системы управления пассажирскими перевозками «Экспресс-3».

Во втором издании актуализированы и расширены описания текущего состояния информационных технологий системы «Экспресс-3», книга стала более удобной для чтения.

Издание предназначено для руководителей и инженерно-технического состава пассажирского комплекса; специалистов, связанных с разработкой и внедрением информационных технологий на российских железных дорогах; научных работников, преподавателей и студентов транспортных вузов.

По вопросам приобретения книги обращаться по адресу: 129626, г. Москва, 3-я Мытищинская ул., д. 10, Научно-издательский отдел АО «ВНИИЖТ».

Тел.: (495) 602-83-01, e-mail: rio@vniizht.ru, www.vniizht.ru.