

УДК 656

А. С. Ильиных, Г. Г. Ядрошникова, М. С. Галай

Оценка эффективности применения инновационной путевой техники при ремонте и содержании железнодорожного пути

В статье рассмотрены вопросы применения инновационной техники для текущего содержания и ремонта железнодорожного пути. В качестве современной путевой техники выбрана многофункциональная машина KGT-4RS. Многофункциональность данного транспортного средства заключается в том, что оно способно работать на комбинированном ходу (в частности, на железнодорожном и автомобильном), а также выполнять различные виды ремонтных работ за счет смены большого спектра навесного оборудования. В работе представлены результаты сравнительной оценки применения KGT-4RS, путевой машины ВПР-02 и ручного труда для выполнения операции подбивки шпал при выправке пути. Отмечено, что ручной труд позволяет производить замену шпал без закрытия перегонов, но является малопроизводительным, в то время как специализированные машины выполняют большой объем работ, но при этом требуется закрытие перегонов.

Для подтверждения экономической целесообразности использования техники нового поколения KGT-4RS разработана методика оценки экономической эффективности применения инновационной техники при выполнении различных видов работ по текущему содержанию и ремонту пути. В качестве основного критерия при расчетах принято значение себестоимости единицы путевых работ. По результатам расчета установлено, что подбивку шпал в количестве до 10 штук экономически выгодно проводить вручную, от 10 до 38 шпал – многофункциональной машиной KGT-4RS, а свыше 38 шпал – путевой машиной ВПР-02. Предлагаемая методика учитывает текущие эксплуатационные, годовые и единовременные затраты при эксплуатации техники и позволяет подобрать экономически выгодную машину для выполнения определенных работ по содержанию железнодорожного пути.

Ключевые слова: *путевая техника, машина KGT-4RS, экономическая эффективность, ремонт, железнодорожный путь.*

В современных условиях для повышения эффективности транспортного комплекса все более актуальным становится вопрос создания условий, обеспечивающих инновационное развитие высокотехнологичных машин и новых технологий, что в полной мере отвечает основным задачам, определенным Стратегией развития железнодорожного транспорта в Российской Федерации до 2030 года [1]. К числу приоритетных направлений инновационного развития транспортного комплекса и, в частности, путевого хозяйства ОАО «РЖД» относится внедрение инновационных технологий ремонта и текущего содержания железнодорожного пути на сети дорог с целью достижения высокой эффективности результатов при высоком качестве работ и безопасности перевозок.

Большое значение для этого в последнее время приобретает использование современной инновационной техники для текущего содержания и ремонта железнодорожного пути, в частности, техники на комбинированном ходу (автомобильном и железнодорожном), основным достоинством которой является ее многофункциональность. Это качество данной техники обеспечивается конструктивной особенностью, позволяющей за несколько минут установить необ-

ходимое сменное оборудование для выполнения различных видов операций по ремонту и текущему содержанию пути.

В настоящее время в мировой практике используются различные инновационные машины на комбинированном ходу для ремонта и обслуживания железнодорожного пути [2]: экскаватор DX160w производства южнокорейской компании Doosan Infracore, экскаватор A900CZWLironic компании Liebherr (Швейцария), многофункциональные машины Huddig 1160 и Huddig 1260 (Швеция), экскаватор-погрузчик Komatsu PW160 производства эстонской компании Ameerika Autoteeninduse oü, многофункциональные универсальные погрузчики-экскаваторы KGT-tronik, KGT/V, KGT-4RS производства фирмы Geismar (Франция) и др.

Очевидно, что инновационное развитие транспортного комплекса требует значительных финансовых ресурсов, поэтому для повышения инвестиционной привлекательности инновационных проектов в этом направлении необходимо решение задачи снижения затрат на выполнение путевых работ при функциональной безопасности и бесперебойности движения поездов, а также разработка методик

оценки экономической эффективности использования инновационной техники.

Данная задача обусловлена тем, что типовые методики и существующие технологии по текущему содержанию и ремонту железнодорожного пути не предусматривают применения инновационных машин, имеющих определенные технико-эксплуатационные характеристики, в том числе техническую производительность, определяющую время выполнения тех или иных путевых работ. Использование существующих путевых машин в действующих технологиях обосновано многими теоретическими исследованиями и подтверждено практикой выполнения путевых работ, в то время как включение инновационной техники в технологические процессы по содержанию и ремонту пути требует определения и подтверждения экономической целесообразности ее использования для выполнения различных видов работ в тех или иных производственных условиях.

Таким образом, разработка методики оценки экономической эффективности и целесообразности применения инновационных машин при выполнении различных видов операций по текущему содержанию и ремонту пути с учетом производственных факторов является актуальной и первоочередной задачей для путевого комплекса отрасли, без решения которой невозможно дальнейшее инновационное развитие компании.

Оценку эффективности применения можно произвести только на основе сравнения экономических результатов использования инновационных машин и существующих технологий, применяемой техники.

Для достижения поставленной цели были проанализированы возможные технологические процессы по содержанию и ремонту железнодорожного пути. Независимо от вида выполняемых путевых ремонтных работ можно выделить три основных варианта их реализации:

- 1) ручной труд с применением механизированного инструмента;
- 2) применение специализированных путевых машин;
- 3) использование многофункциональных машин на комбинированном ходу.

Каждый из представленных вариантов имеет свои достоинства и недостатки. Так, например, ручной труд является одним из простых и давно используемых способов, который, как правило, не требует закрытия перегона для движения поездов полностью, но при этом явля-

ется трудоемким и малопроизводительным. Применение специализированных путевых машин позволяет выполнить большой объем работ в сжатые сроки, но для этого требуется выделение технологического «окна». Основными преимуществами многофункциональных машин на комбинированном ходу являются их мобильность и универсальность. Однако эти машины также могут работать только на закрытых перегонах, а их производительность уступает специальной путевой технике.

При разработке методики оценки экономической эффективности и целесообразности использования одного из трех приведенных выше способов в конкретных производственных условиях в качестве основного критерия было принято наименьшее значение себестоимости единицы путевых работ. Выбор данного критерия обусловлен тем, что себестоимость – это комплексный экономический показатель, выражающий в денежной форме все затраты, связанные с производством работ. Она отражает степень использования основных и оборотных фондов, трудовых и материальных ресурсов и т. д. Поэтому себестоимость является обобщающим показателем, в котором отражен технический уровень и уровень организации производства, положительные и отрицательные стороны применяемых технологических процессов и др.

Исходя из этого методика оценки экономической эффективности и целесообразности использования той или иной технологии выполнения путевых работ должна заключаться в определенной последовательности расчета всех затрат на выполнение работ и в сравнении полученных значений себестоимости единицы работ для тех или иных характеристик объекта выполняемых работ. Под характеристиками объекта работ следует понимать удаленность места производства путевых работ от путевой части или путевой машинной станции, а также планируемые объемы работ на конкретном участке пути.

На основе анализа технологической документации по выполнению работ тремя рассматриваемыми способами и аналитического обзора проведенных ранее исследований по экономике путевого хозяйства [3, 4] была разработана методика расчета и сравнения себестоимости единицы путевых работ, схематично показанная на рис. 1.

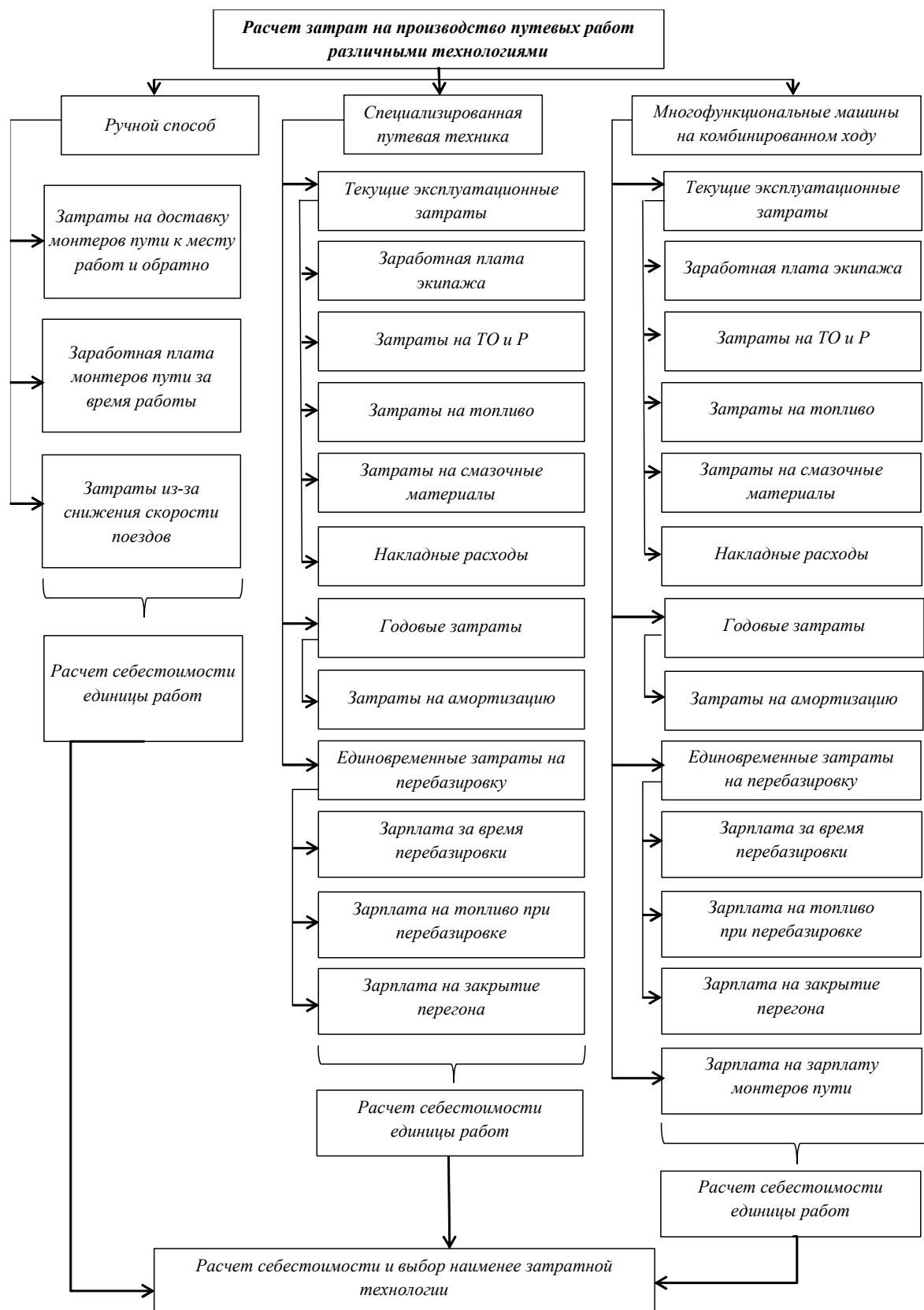


Рис. 1. Алгоритм расчета себестоимости единицы работ с применением различных технологий

В соответствии с данной методикой себестоимость единицы путевых работ, выполняемых ручным способом, будет включать в себя в основном затраты, связанные с доставкой монтеров пути к месту работ, в том числе заработную плату за время следования к месту работ и обратно, затраты на использование транспортного средства (автомобиля, дрезины и др.), заработную плату за время работы на объекте, а также затраты, связанные с ограничением скоростей движения поездов по участку выполнения работ [3, 4].

При калькулировании себестоимости единицы путевых работ, выполняемых машинным способом, рассчитываются затраты, связанные с эксплуатацией машин. В этом случае все затраты можно разделить на три основные группы: текущие эксплуатационные затраты $\mathcal{E}$, годовые затраты Γ и единовременные затраты E , связанные с перебазировкой техники к месту работы [5]. В связи с этим себестоимость одного машино-часа эксплуатации машины может быть определена по зависимости

$$C_{\text{м-ч}} = \mathcal{E} + \frac{\Gamma}{T_{\text{ч.н}}} + \frac{E}{H_0}, \quad (1)$$

где $T_{\text{ч.н}}$ – производительное время работы машины в течение года (время нахождения машины в наряде), маш.-ч/год; H_0 – нормативное время работы машины на объекте, маш.-ч, при заданном объектном объеме работ V_0 , ед./объект.

Значение H_0 рассчитывается по формуле

$$H_0 = \frac{V_0}{H_{\text{в}}}, \quad (2)$$

где $H_{\text{в}}$ – норма выработки, ед./маш.-ч.

В годовые затраты на эксплуатацию машин, исчисляемые в рублях в год, в соответствии с данной методикой включаются главным образом амортизационные отчисления $Z_{\text{ам}}$.

Единовременные затраты, исчисляемые в рублях на объект, связаны с перемещением техники к месту выполнения работ на объекте. Это заработная плата экипажа за время перебазировки машины к месту работ и обратно, затраты на топливо (электроэнергию), расходуемое за время перебазировки и обратно, и затраты, связанные с закрытием перегона во время «окна» для выполнения путевых работ машинным способом.

Зная себестоимость одного машино-часа работы машины и норму выработки данной машины, можно определить себестоимость единицы работы, выполняемой данной техникой, по зависимости

$$C_{\text{ед}} = \frac{C_{\text{м-ч}}}{H_{\text{в}}} = \frac{\mathcal{E}}{H_{\text{в}}} + \frac{\Gamma}{T_{\text{ч.н}} H_{\text{в}}} + \frac{E}{V_0}. \quad (3)$$

Приведенный алгоритм определения себестоимости единицы работы техники может быть использован для анализа степени влияния такого фактора, как удаленность объекта выполнения путевых работ от места постоянной дислокации машин, а также при выборе типов и марок машин для экономически целесообразных границ их применения в зависимости от объемов путевых работ на отдельных участках пути.

На основе данной методики в качестве примера выполнен расчет и сравнение себестоимости единицы работ по подбивке шпал при выправке пути тремя способами, описанными выше.

С недавнего времени на Западно-Сибирской железной дороге для выполнения работ по текущему содержанию и ремонту железнодорожного пути используется экскаватор-погрузчик на комбинированном ходу KGT-4RS (рис. 2, а), предназначенный для выполнения земляных, грузоподъемных и погрузо-разгрузочных работ, срезки растительности, бурения скважин, выравнивания и рыхления балластного слоя, замены и подбивки шпал.

Данная машина выполнена на пневмоколесном ходу и оснащена железнодорожным ходом, закрепленным на ходовой раме, что обеспечивает постановку машины на железнодорожный путь, самоходное реверсивное передвижение и съезд с железнодорожного пути. Она дополнительно оснащена комплектом сменных рабочих органов различного назначения: гидравлическим ротором, рукоятью для фронтальных вилок и ковша, стрелой для параллельной выемки грунта, грузоподъемным крюком, электромагнитом со встроенным генератором, гидравлическим молотом, вертикальным буром, кусторезом, травосилкой, модулями по подбивке (см. рис. 2, б) и замене шпал и др. [6–8].

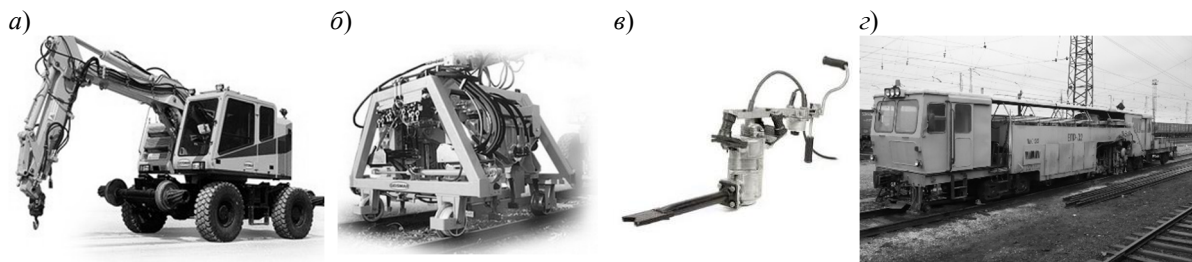


Рис. 2. Техника, применяемая при выполнении работ по подбивке шпал: а – экскаватор-погрузчик на комбинированном ходу KGT-4RS; б – навесной модуль для подбивки шпал MB2T; в – ручная электрошпалоподбойка ЭШП-9; г – выправочно-подбивочно-рихтовочная машина ВПР-02

Экскаватор-погрузчик отличается простотой, легкостью в эксплуатации, минимальными расходами на техническое обслуживание и высокой надежностью. При этом зачастую большие технические возможности и мобильность KGT-4RS способствуют экономически необоснованному применению данной машины на различных операциях.

Таким образом, основной целью расчета являлось определение границ экономически эффективного применения новой машины – экскаватора-погрузчика на комбинированном ходу KGT-4RS при выполнении операции по подбивке шпал при выправке пути. В соответствии с разработанной методикой оценка эффективности применения данной машины на указанной операции осуществлялась путем сравнения себестоимости подбивки одной шпалы машиной KGT-4RS с аналогичным показателем при применении ручного труда и специализированной путевой машины.

Ручная подбивка шпал применяется при неотложной и первоочередной выправках пути, производимых выборочно в интервалы времени между поездами и требующих частого свертывания и развертывания работ для пропуска поездов и перехода бригады от одного места к другому. В расчете рассматривалась технология ручной подбивки шпал, выполняемая четырьмя электрошпалоподбойками (см. рис. 2, в) бригадой монтеров пути в составе семи человек.

В качестве специализированной путевой машины для выполнения операции выправки и подбивки железнодорожного пути в примере рассматривалась выправочно-подбивочно-рихтовочная машина ВПР-02 (см. рис. 2, г). Данная путевая машина применяется для выправки железнодорожного пути в продольном и поперечном профиле и в плане, а также для уплотнения (подбивки) балласта [9].

В качестве общих исходных данных к расчету приняты следующие условия: расстояние от базы до места производства работ 20 км; фронт работ – подбивка от 1 до 100 шпал; шпалы железобетонные; балласт щебеночный; загрязненность балласта до 15 %. Индивидуальные характеристики оцениваемых технологий по [7, 10] представлены в таблице.

Результаты произведенного расчета графически представлены на рис. 3.

Анализ расчетно-графических данных показывает очевидную зависимость себестоимости единицы работ по подбивке шпал от объема выполняемых работ на участке пути. При этом графики зависимости для трех рассматриваемых технологий пересекаются при определенных значениях объемов путевых работ, образуя область оптимальных значений (на рис. 3 показана штриховкой). Эта область включает три участка, ограниченные точками пересечения

Сравнительные характеристики оцениваемых технологий подбивки шпал

Технология подбивки	Количество исполнителей, чел.	Производительность, шпал/час
С применением ручных электрошпалоподбоек ЭШП-9	7	5
С применением выправочно-подбивочно-рихтовочной машины ВПР-02	3	1 400
С применением экскаватора-погрузчика на комбинированном ходу KGT-4RS и навесного модуля для подбивки шпал MB2T	1	60

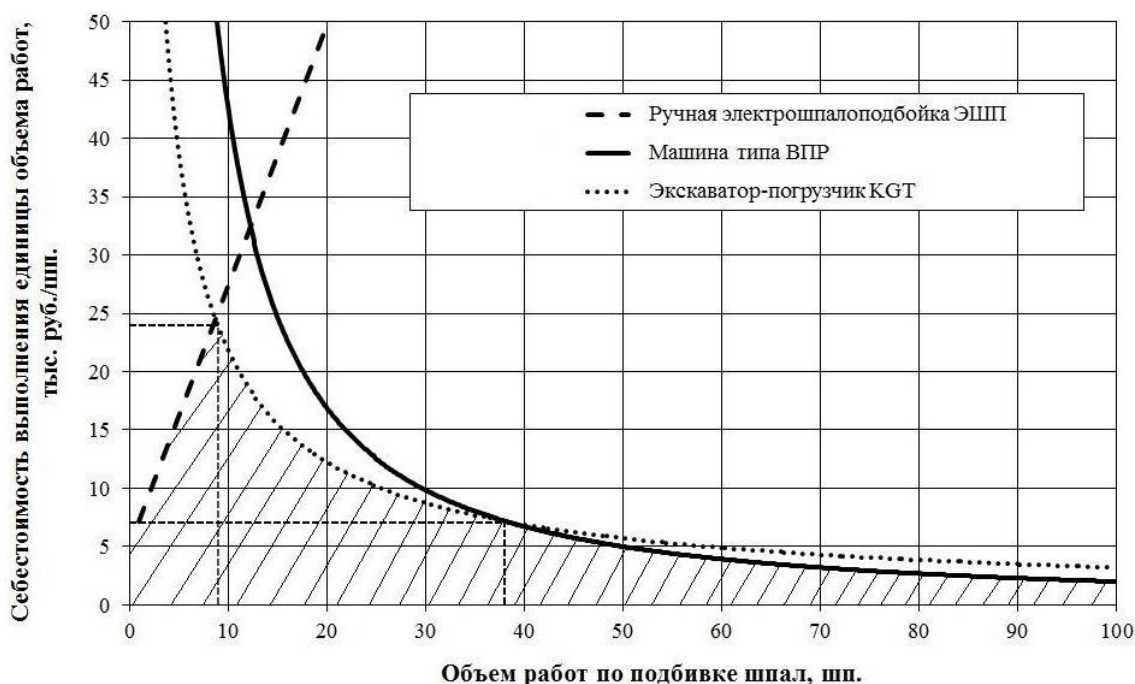


Рис. 3. Зависимость себестоимости подбивки одной шпалы от объема выполняемых работ

чения графиков зависимости себестоимости для трех технологий. Каждый из этих участков огибающей кривой соответствует минимальным значениям себестоимости работ, а следовательно, позволяет определить наиболее экономически целесообразный вариант применения технологии выполнения плановых объемов работ.

Расчеты показали, что для заданных условий и принятых к использованию машин, в том числе инновационной машины на комбинированном ходу KGT-4RS, при подбивке шпал в количестве от 1 до 9 штук работы целесообразно выполнять вручную. При объеме работ от 10 до 38 шпал экономически выгодней производить работу экскаватором-погруз-

чиком KGT-4RS, а при объеме работ свыше 38 шпал целесообразнее производить работу выправочно-подбивочно-рихтовочной машиной ВПР-02.

Таким образом, предлагаемая методика позволяет выполнить оценку экономической эффективности применения той или иной технологии путевых работ по минимальной себестоимости единицы работ, а также выбрать наиболее экономически целесообразную машину для выполнения конкретных работ в производственных условиях (в зависимости от удаленности участков пути и от требуемого объема работ для различных видов операций по текущему содержанию и ремонту железнодорожного пути).

Библиографический список

1. Стратегия развития железнодорожного транспорта до 2030 года. Утв. Распоряжением Правительства Российской Федерации от 17 июня 2008 г. № 877-р. М., 2008.
2. Платонов А. А. Особенности классификации дорожно-рельсовых транспортных средств Европы // Вестник Тихоокеанского государственного университета. 2016. № 2 (41). С. 107–114.
3. Шульга В. Я., Ангелейко В. И., Комаров А. А. Экономика путевого хозяйства: Учеб. для вузов ж.-д. трансп. / Под ред. В. Я. Шульги. М.: Транспорт, 1988. 303 с.
4. К вопросу повышения эффективности эксплуатации транспортно-технологических машин / Е. О. Юркова, Е. В. Самойлова, О. А. Шаламова, Г. Г. Ядрошникова // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. 2015. № 2 (32). С. 12–16.
5. Расчеты экономической эффективности применения машин в строительстве / С. Е. Канторер, Л. М. Боровик, Н. А. Георгиевская и др. М.: Стройиздат, 1972. 487 с.
6. Экскаваторы KGT Geismar (2013). URL: <http://www.geismar.ru/kgt.html> (дата обращения: 16.05.2017).

7. Экскаватор-погрузчик на комбинированном ходу KGT-4RS: техническая спецификация / Geismar. 2008. URL: <http://www.zaportal.ru/uploads/specs/Spec-KGT4RS.pdf> (дата обращения: 24.05.2017).
8. Данилин В. Н., Гринчар Н. Г. Перспективные модели железнодорожно-строительных машин // Путь и путевое хозяйство. 2017. № 5. С. 28–31.
9. Кузнецов С. М., Зайцев А. В. Оценка технической надежности эксплуатации выправочно-подбивочно-рихтовочных машин ВПР-02 // Транспорт: наука, техника, управление. 2014. № 2. С. 45–49.
10. Технически обоснованные нормы времени на работы по текущему содержанию пути / ОАО «РЖД». М., 2009. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_157519/ (дата обращения: 24.05.2017).

A. S. Ilyinykh, G. G. Yadroshnikova, M. S. Galay

The Application of the Innovative Track Equipment Effectiveness Evaluation in the Railway Track Repair and Maintenance

Abstract. The article discusses the application of innovative equipment for the current railway track maintenance and repair. As a modern track equipment, a multifunctional machine KGT-4RS has been chosen. The multifunctionality of this vehicle is that it is capable of working on combined trains (in particular, in railway and automobile), as well as performing various types of repair work by changing a large range of attachments. The paper presents the results of a comparative evaluation of the KGT-4RS, track machine VPR 02 application and manual labour for performing the operation of tie-down sleepers during road alignment. It is noted that manual labour allows replacing sleepers without closing the distances, but is inefficient, while specialized machines perform a large amount of work, but at the same time closing of the distances is required.

To confirm the economic feasibility of the new generation KGT-4RS application developed a methodology for assessing the economic efficiency of innovative equipment use in performing various types of work on the current track maintenance and repair. As the main criterion in the calculations, a unit of track works cost value is assumed. According to the calculation results, it is found that it is economically advantageous to tie sleepers up to 10 pieces manually, with the number of up to 40 sleepers by a multifunctional machine KGT-4RS, and over 40 sleepers by a track machine VPR 02. The proposed methodology takes into account current operational, annual and one-time costs when operating machinery and allows you to select the economically advantageous machine for performing certain work on the railway track maintenance.

Key words: *road machinery; KGT-4RS machine; economic efficiency; repair; railway track.*

Ильиных Андрей Степанович – доктор технических наук, заведующий кафедрой «Технология транспортного машиностроения и эксплуатация машин» СГУПС. E-mail: asi@stu.ru

Ядрошникова Галина Григорьевна – кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология транспортного машиностроения и эксплуатация машин» СГУПС. E-mail: sev@stu.ru

Галай Марина Сергеевна – кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология транспортного машиностроения и эксплуатация машин» СГУПС. E-mail: galayms@stu.ru