

УДК 656.212.5

В. Я. НЕГРЕЙ, доктор технических наук, С. А. ПОЖИДАЕВ, кандидат технических наук, Е. А. ФИЛАТОВ, ассистент, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПОДХОДОВ К ОБОСНОВАНИЮ УРОВНЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ОСНАЩЕНИЯ И ОПТИМИЗАЦИИ ПАРАМЕТРОВ КОНСТРУКЦИИ СОРТИРОВОЧНЫХ ГОРОК

Рассмотрена острая проблема модернизации эксплуатируемых сортировочных горок, поиска рациональных путей её осуществления на основе технико-экономического обоснования вариантов реконструкции и выбора оптимального по критерию экономической эффективности инвестиций. За счет широкого применения современных подходов и разработанного прикладного программного обеспечения удалось в значительной мере сократить часть трудоемких вычислений, детализировать расчеты и повысить адекватность результатов. В современных условиях применены показатели эффективности инвестиций с учетом дисконта, что позволяет оценивать риски и срок возврата инвестиций в перспективе.

**В** настоящее время условия работы сортировочных горок Белорусской железной дороги значительно изменились. Проекты большинства из них разработаны более 30 лет назад, а на часть горок проектная документация отсутствует. Существенные изменения произошли как в структуре и величине перерабатываемого вагонопотока, его физических характеристиках, так и в предъявляемых требованиях к качественным показателям и безопасности сортировочных процессов. В ряде исследований по трибологии [6] доказано, что недопустимые термомеханические повреждения колес перерабатываемого на сортировочных горках подвижного состава при башмачном торможении можно ожидать при скоростях движения юзом даже до 1 м/с! Очевидно, что необходимо пересмотреть подходы к выбору уровня технического оснащения сортировочных устройств. Это особенно актуально, учитывая, что 20 сортировочных горок из 25 эксплуатируемых на Белорусской железной дороге являются немеханизированными либо частично механизированными и требуют модернизации. Однако считается [6], что механизация сортировочных горок экономически целесообразна при объеме переработки только свыше 1000 вагонов в сутки. Но не учитываются особенности конструкции горки, станционные взаимосвязи, режимы работы устройства, характер перерабатываемого вагонопотока, степень дифференциации его параметров. Кроме того, в результате реализации более технологичных вариантов, предусматривающих механизацию и автоматизацию процесса роспуска, возникает дополнительный эффект, обусловленный приростом перерабатывающей способности горки. Дополнительный резерв перерабатывающей способности  $\Delta R$  позволяет перераспределить сортировочную работу с наиболее загруженных объектов железнодорожной сети и не вкладывать средства в «создание дополнительной мощности» (500–800 у. е./ваг.) при увеличении объемов сортировочной работы на сети. В случае сохранения либо снижения объемов сортировки прирост резерва  $\Delta R$  позволяет рассматривать вопрос о **концентрации сортировочной работы** на меньшем количестве станций для повышения эффективности функционирования железнодорожной сети.

В этих условиях детальные исследования вопросов оптимизации конструкции и уровня технического оснащения сортировочных горок для соответствия *современным требованиям безопасности и эффективности ра-*

*боты* становятся особенно актуальными в настоящее время.

Существующие методики оптимизации по критерию экономической эффективности инвестиций ориентированы в первую очередь на пошаговый поиск оптимальной конструкции сортировочной горки. Выполненные исследования [2] показали, что при таком подходе слабо увязаны между собой технологические расчеты и экономические показатели проектов. Это связано, в первую очередь, с тем, что большая часть вариантов конструкции горки в случае пошагового моделирования и разработки графа вариантов являются нерациональными и не отражают реальную ситуацию. Поэтому в данном исследовании предварительно по каждому разрабатываемому варианту выполняются горочные конструктивные расчеты по требованиям [5] и проверяется работоспособность полученной конструкции горки исследуемого технического оснащения с помощью имитационного моделирования. Определяющим фактором является уровень механизации и автоматизации. Конструкция горки должна соответствовать заданному уровню технического оснащения, но может потребоваться его корректировка из-за наличия технологических ограничений применения технических средств. Такая нацеленность на конкурентоспособный вариант и детальный анализ сложившихся проблем в работе горки позволяет в большинстве случаев в несколько раз сократить количество рассматриваемых вариантов (до 3–4): немеханизированная горка, с частичной механизацией, полной механизацией, механизацией и автоматизацией.

Основой для оптимизации технического оснащения сортировочной горки по приведенным затратам и эффективности инвестиций являются результаты детализированного расчета капитальных вложений, эксплуатационных расходов и экономии по вариантам конструкции сортировочной горки при различном уровне её технического оснащения с учетом технологических ограничений. Причем при усилении технического оснащения горки значительны капитальные вложения в технические средства, но сокращаются эксплуатационные расходы на переработку вагонопотока и появляется их экономия по сравнению с существующим вариантом.

**Капитальные вложения** включают следующие статьи расходов: приведение параметров нижнего и верх-

него строения сортировочной горки и сортировочно-отправочных путей к проектному очертанию; механизацию тормозных позиций; стоимость тягового подвижного состава для обеспечения осаживания вагонов в сортировочно-отправочном парке и др.

**Расходы на реконструкцию земляного полотна** определяются как

$$A_3 = c_{3p} V_3, \quad (1)$$

где  $c_{3p}$  – стоимость выполнения земляных работ, р./м<sup>3</sup>;  $V_3$  – объем перемещаемых земляных масс, м<sup>3</sup>.

Основным методом определения объемов земляных масс является метод поперечных профилей в необходимых сечениях, что объясняется высокой точностью расчетов. В то же время это наиболее трудоемкие расчеты, поэтому для автоматизации расчетов использовано разработанное прикладное программное обеспечение («Профиль\_v1»), позволяющее получить высокую точность вычислений.

**Расходы на техническое оснащение** при механизации тормозных позиций сортировочной горки могут включать расходы на закупку вагонных замедлителей в необходимом количестве  $A_T$ , сооружение (модернизацию) компрессорной установки  $A_K$ , внедрение систем ГАЦ и АРС  $A_{авт}$ .

Данная статья расходов оказывает наибольшее влияние на капиталоемкость вариантов с полной или частичной механизацией сортировочной горки из-за высокой стоимости горочного оборудования. Это делает весьма актуальным вопрос рационального подбора средств механизации исходя из их стоимости и мощности.

**Расходы на локомотивы для осаживания в сортировочном парке**

$$A_{л} = c_{л} \frac{\sum T_{ос}}{T_{л}}, \quad (2)$$

где  $c_{л}$  – стоимость локомотива, р.;  $\sum T_{ос}$  – годовые затраты локомотиво-часов на осаживание вагонов;  $T_{л}$  – продолжительность работы локомотива в течение одного года, часов. В реальных условиях удельный вес этих затрат существенно снижен из-за низкой стоимости маневровых локомотивов на Белорусской железной дороге вследствие их высокой степени амортизации.

Годовые затраты локомотиво-часов на осаживание вагонов связаны с выполнением осаживания в сортировочном парке для ликвидации окон между отцепами со стороны горки. Объемы этой работы зависят, главным образом, от среднего количества вагонов в осаживаемой группе, дальности пробега отцепов и порядка их скатывания с горки. Появление отцепа с тем или иным сопротивлением движению и, следовательно, с той или иной дальностью пробега является случайным явлением. Поэтому и длина осаживаемой группы  $L_{ог}$  является средней случайных величин и определяется на основе теории вероятностей по данным анализа натурно-сортировочных листов за период максимальных объемов работы сортировочного комплекса:

$$L_{ог} = l_{п} + l_{от} \left[ \frac{1 - \alpha_{п}}{\alpha_{п}} - (1 - \alpha_{п})^{n_m} \left( \frac{1}{\alpha_{п}} - \frac{1}{\alpha_{х}} \right) \right], \quad (3)$$

где  $l_{п}$  – дальность пробега «плохих» бегунов, м;  $l_{от}$  – средняя длина отцепов, м;  $\alpha_{п}$ ,  $\alpha_{х}$  – соответственно вероятности появления «плохих» и «хороших» бегунов;  $n_m$  – количество отцепов, которые могут разместиться на пути между отцепами с сопротивлением  $\omega_x$  и  $\omega_{п}$ .

Величина  $n_m$  определяется как  $n_m = (l_x - l_{п}) / l_{от}$ , где  $l_x$  – дальность пробега «хороших» бегунов.

Дальность пробега в сортировочный парк расчетных бегунов  $l_x$  и  $l_{п}$  может быть оценена в зависимости от высоты горки и остаточной энергетической высоты  $\Delta h$  при климатических условиях различных периодов года:

$$l_{дп} = L_p + \frac{\Delta h \cdot 10^3}{(\omega_0 + \omega_{св} + \omega_{ск} + \omega_{си} \pm i)}, \quad (4)$$

где  $L_p$  – расчетная длина пути, м;  $\omega_0$  – основное удельное сопротивление движению расчетного бегуна, Н/кН;  $\omega_{св}$  – дополнительное сопротивление от воздушной среды и ветра при движении отцепа на сортировочном пути, Н/кН;  $\omega_{ск}$  – дополнительное удельное сопротивление от кривых участков сортировочного пути, Н/кН;  $\omega_{си}$  – удельное сопротивление от снега и инея, Н/кН;  $i$  – уклон сортировочных путей, ‰;  $\Delta h$  – остаточная энергетическая высота бегунов в расчетной точке, полученная имитационным моделированием с помощью средств САПР (pp\_sg.exe).

При работе на горке одного локомотива средняя продолжительность осаживания вагонов

$$t_{ос} = \frac{1}{k_{л}} \left[ \frac{L_{п}}{L_{ог}} - 1 \right] (a_T + b_T \Delta l); \quad (5)$$

$$\text{при } L_{ог} \leq 0,5L_c \quad \Delta l = L_{ог}, \text{ иначе } \Delta l = (L_c - L_{ог}), \quad (6)$$

где  $k_{л}$  – количество локомотивов, одновременно работающих на осаживании вагонов в сортировочном парке;  $L_{п}$  – средняя длина расформировываемых составов, м;  $L_c$  – средняя длина сортировочных путей, м;  $a_T$  – продолжительность заезда локомотива для осаживания вагонов, мин;  $b_T$  – продолжительность осаживания вагонов и возвращения локомотива, отнесенная на один метр пути, мин.

Годовые затраты локомотиво-часов на осаживание вагонов при работе сортировочной горки

$$\sum T_{ос} = \frac{N l_{усл}}{L_{п} 60} \sum t_{ос} \lambda_i, \quad (7)$$

где  $N$  – количество условных вагонов, перерабатываемых горкой в сутки;  $l_{усл}$  – длина условного вагона, м;  $\lambda_i$  – количество дней в году при установленной температуре наружного воздуха.

Выполненные исследования показали, что наиболее характерными являются т. н. «расчетные» месяцы года – используемые как неблагоприятные и благоприятные при проектировании сортировочной горки. Эти два месяца задают максимальную амплитуду колебаний количества локомотиво-часов на осаживание вагонов. Годовое количество локомотиво-часов на осаживание вагонов получает-

ся с допущением на основе этих двух месяцев. Такой подход позволяет в несколько раз сократить трудоёмкие расчёты параметров осаживания вагонов с горки, обеспечивая погрешность не более 2–3 %.

**Эксплуатационные расходы** на переработку вагонопотока по вариантам конструкции сортировочной горки включают следующие основные статьи расходов: на осаживание вагонов в сортировочном парке; содержание тормозных позиций; расход топлива на надвиг и роспуск составов с горки; заработная плата причастным работникам; дополнительные расходы, связанные с амортизацией и содержанием технических средств. При увеличении высоты горки возрастают эксплуатационные расходы на надвиг и роспуск составов поездов, затраты на производство сжатого воздуха для работы замедлителей, но значительно снижаются расходы на осаживание вагонов в сортировочном парке.

**Расходы на осаживание вагонов** в сортировочном парке

$$\mathcal{E}_{ос} = c_{ос} \Sigma T_{ос}, \quad (8)$$

где  $c_{ос}$  – стоимость одного локомотиво-часа маневровой работы, р.

Наибольшее влияние на затраты, связанные с торможением вагонов, оказывает степень торможения, определяемая, в первую очередь, высотой сортировочной горки.

**Расходы на содержание немеханизированных (башмачных) тормозных позиций**  $\mathcal{E}_т$  определяются интенсивностью износа тормозных башмаков по вариантам конструкции сортировочной горки, которая принимается конгруэнтно существующему положению. Кроме того, необходимо учесть расходы на ремонт подвижного состава, замену рельсов и башмакобрасывателей, изнашиваемых в процессе торможения юзом.

**Затраты на производство сжатого воздуха** для торможения отцепов на механизированных тормозных позициях сортировочной горки

$$\mathcal{E}_в = 365 c_в N_{расф} V_в, \quad (9)$$

где  $c_в$  – стоимость производства 1 м<sup>3</sup> сжатого воздуха компрессорной установкой с учетом затрат на её техническое обслуживание, р.;  $N_{расф}$  – среднее количество расформировываемых составов в сутки на сортировочной горке;  $V_в$  – объем расхода сжатого воздуха, необходимого для включения замедлителей при роспуске одного состава, м<sup>3</sup>.

Изменение расходов, связанных с **подачей составов на горб горки**, определяется расходом условного топлива по следующему выражению:

$$\mathcal{E}_{пд} = 365 c_т \frac{2,35 Q_п H_к}{7000 \cdot 10^3 \eta} \cdot \frac{n_{пер} l_{ус}}{L_п}, \quad (10)$$

где  $c_т$  – стоимость одной тонны топлива, р./т; 2,35 – количество килокалорий, соответствующее работе в 1000 кгм;  $Q_п$  – масса поезда, т; 7000 – теплотворная способность условного топлива в ккал/кг;  $\eta$  – коэффициент полезного действия механизмов локомотива;  $n_{пер}$  – среднесуточная переработка вагонов на горке;  $L_п$  – средняя длина состава, надвигаемого на горку, м.

**Расходы на заработную плату** причастным работникам определяются их численностью и квалификацией

$$\mathcal{E}_{зп} = c_{зп} N_p, \quad (11)$$

где  $c_{зп}$  – средняя зарплата одного работника в месяц с учетом коэффициента замещения и норм отчисления на социальное страхование, р.;  $N_p$  – количество штатных работников, чел.

При сохранении башмачных средств регулирования скоростей скатывания отцепов с горки учитываются расходы на заработную плату регулировщикам скоростей скатывания отцепов с горки. Внедрение механизации предусматривает дополнительное привлечение специалистов для обслуживания тормозного оборудования и штат операторов торможения вагонов. Однако это позволяет частично, либо полностью сократить значительный штат регулировщиков скорости движения отцепов на тормозных позициях и существенно повысить безопасность труда. Оборудование сортировочной горки микропроцессорной системой автоматизации расформирования составов также потребует дополнительно привлечение специалистов.

**Дополнительные эксплуатационные расходы, связанные с амортизацией и содержанием технических средств**  $\Sigma C_{доп(экспл)}$  включают амортизационные отчисления на технические средства и затраты на материалы, запчасти и электроэнергию, связанные с обеспечением функционирования системы. Амортизационные отчисления  $C_a$  по проектируемым техническим устройствам определяются на основании величин капитальных вложений  $A_m$  и норм амортизации, которые могут приниматься с учетом срока службы оборудования.

**Экономия эксплуатационных расходов** при совершенствовании конструкции и уровня технического оснащения сортировочной горки образуется, главным образом, за счет сокращения продолжительности расформирования составов с горки; ускорения процесса накопления составов и сокращения расхода топлива на маневровые передвижения.

**Дополнительная экономия эксплуатационных расходов, связанная с уменьшением продолжительности расформирования составов**, складывается из экономии вагоно-часов простоя подвижного состава на станции ( $C_1$ ) и локомотиво-часов работы маневровых локомотивов ( $C_2$ ).

Экономия эксплуатационных расходов, получаемая в результате уменьшения вагоно-часов простоя подвижного состава на станции,

$$C_1 = 365 \Delta t_т e_{в-ч} n_{ваг}, \quad (12)$$

где  $\Delta t_т$  – сокращение величины горочного технологического интервала при усилении технического оснащения сортировочной горки, ч;  $e_{в-ч}$  – стоимость вагоно-часа простоя подвижного часа на станции;  $n_{ваг}$  – количество расформировываемых составов в среднем в сутки.

Уменьшение затрат на маневровую работу за счет сокращения продолжительности расформирования составов на горке  $C_2$  определяется по следующей зависимости:

$$C_2 = 365 \frac{\Delta t_r}{60} N e_{л-ч}^{ман} \quad (13)$$

где  $N$  – количество расформировываемых составов, в среднем в сутки;  $e_{л-ч}^{ман}$  – стоимость локомотиво-часа маневровой работы, рублей.

Уровень технического оснащения сортировочной горки влияет на сокращение продолжительности поступления на путь накопления замыкающей группы и, как следствие, уменьшение простоя вагонов под накоплением и экономию эксплуатационных расходов

$$C_3 = \frac{\Delta t_r}{60 n_{отц}} n_{ваг} N e_{в-ч}. \quad (14)$$

Стоимость сэкономленного топлива за год в результате сокращения горочного технологического интервала

$$C_7 = 365 (r_n - r_{xx}) N \Delta t_r e_r, \quad (15)$$

где  $r_n$  – расход условного топлива при номинальной нагрузке и средней скорости маневровой работы 15 км/ч, кг/ч;  $r_{xx}$  – расход условного топлива в режиме холостого хода, кг/ч;  $e_r$  – стоимость 1 кг топлива, р.

Основным фактором, определяющим отличие данных показателей по вариантам, является горочный технологический интервал, который зависит, главным образом, от уровня оснащённости сортировочной горки.

Определение оптимального варианта конструкции горки выполняется на основе сравнения **приведенных годовых затрат** по вариантам и **срока их окупаемости**.

Следует отметить, что в расчетах целесообразно учитывать только капитальные вложения, изменяющиеся по вариантам конструкции горки, не учитываются вложения, постоянные для всех вариантов.

**Экономический эффект**  $\mathcal{E}_\phi$  от внедрения оптимального варианта определяется как разность эксплуатационных расходов при существующем положении  $\mathcal{E}_{сущ}$  и после реконструкции  $\mathcal{E}_{опт}$  с учетом экономии эксплуатационных расходов  $C_{опт}$ .

#### Период возврата инвестиций

$$T_b = \frac{K}{\mathcal{E}_\phi + A}, \quad (16)$$

где  $A$  – амортизационные отчисления, зависящие от срока эксплуатации технических средств (20–25 лет) по принимаемому варианту;  $K$  – капитальные вложения по варианту.

#### Коэффициент эффективности инвестиций

$$E_{инв} = \frac{\mathcal{E}_\phi}{K}. \quad (17)$$

Значение данного коэффициента не должно быть ниже нормативного  $E_n$ , принимаемого  $E_n = 0,1 \dots 0,12$  при сроке окупаемости реконструктивных мероприятий 8–10 лет. Учитывая, что срок службы устанавливаемого оборудования может превышать 20 лет, нормативный срок окупаемости может быть увеличен. Если условие выполняется, то вложение инвестиций в усиление технического оснащения сортировочной горки **является экономически целесообразным и эффективным**.

Следует отметить, что срок окупаемости конструктивных мероприятий и период возврата инвестиций могут удовлетворять нормативным для нескольких вариантов конструкции горки. Тогда может быть рекомендован наиболее высокотехнологичный вариант конструкции, особенно при росте величины перерабатываемого вагонопотока на сортировочной горке в перспективе. Выбор из экономически целесообразных вариантов следует осуществлять по усмотрению заказчика для реализации решений Генеральной схемы развития сети и железнодорожных узлов и планов развития основных производственных мощностей региона тяготения, а также этапности выполнения работ.

При привлечении заёмных средств для реализации вариантов развития сортировочного комплекса станции целесообразно эффект от реализации инвестиционного проекта рассчитывать по периодам времени, что связано с необходимостью учета величины ставки рефинансирования и банковских рисков, уплаты процентов. Распределение эффекта по периодам времени в расчетный период определяется нормативом экономической эффективности (нормой дисконта), зависящим от ставки рефинансирования или депозитного процента по вкладам (в стабильных ценах). Определённым ориентиром при установлении норматива экономической эффективности может служить депозитный процент по вкладам в относительно стабильной иностранной валюте с учетом инфляции и соответствующих банковских рисков. Для оценки эффективности инвестиций с использованием заёмных средств рассчитываются: **индекс рентабельности инвестиций, величина чистого дисконтированного дохода и финансовое положение инвестора, период возврата инвестиций, а также внутренняя норма рентабельности** [7].

**Индекс рентабельности инвестиций** определяется отношением экономического эффекта  $\mathcal{E}_\phi$  к сумме инвестиционных затрат  $K$  при норме дисконта  $E$ , который должен быть больше единицы.

Величина **чистого дисконтированного дохода** для постоянной нормы дисконта (интегральный эффект) только при неизменных ценах в течение расчетного периода  $T_p$  определяется из выражения

$$\mathcal{E}_{инт} = \sum_{T=0}^{T_p} (\mathcal{E}_\phi - K) \frac{1}{(1+E)^T}. \quad (18)$$

**Норма рентабельности** определяется методом последовательного приближения из тождества

$$\sum_{T=0}^{T_p} (K - \mathcal{E}_\phi) \frac{1}{(1+E_{вн})^T} = 0. \quad (19)$$

Внутренняя **норма рентабельности** инвестиций  $E_{вн}$  представляет собой коэффициент дисконтирования, при котором величина **экономического эффекта**  $\mathcal{E}_\phi$ , приведенная к одному и тому же временному интервалу, соответствует **приведенным капитальным вложениям**  $K$ .

Соотношение  $\mathcal{E}_\phi$  и  $K$  с учетом нормы рентабельности (дисконта) характеризует граничное положение, разделяющее инвестиции на «приемлемые» и «неприемлемые» при заданном расчетном периоде.

При изменении нормы дисконта, а также других показателей экономической эффективности рассматривае-

мых вариантов конструкции горки в течение рассчитанного срока полученный период возврата инвестиций может существенно измениться.

На рисунке 1 показано образование зоны рациональных решений для выбора оптимального варианта конструкции и технического оснащения сортировочной горки.

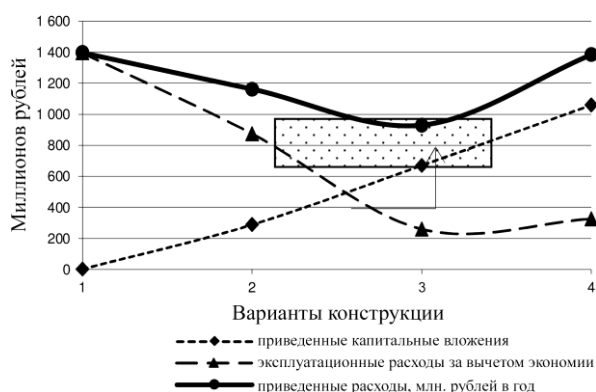


Рисунок 1 – Поиск оптимального варианта конструкции горки

Поведение трендов расходов на графике определяет изменение приведенных расходов по вариантам конструкции горки (1 – существующее положение без механизации, 2 – частичная механизация, 3 – полная механизация, 4 – механизация и автоматизация). Дополнительная вариантность образуется изменением высоты горки в зоне рациональных решений.

В результате выполненных исследований [1–4 и др.] установлено, что даже при объемах работы сортировочных горок малой мощности менее 1000 ваг./сут экономически целесообразным может оказаться вариант полной механизации горки (см. рисунок 1), а оборудование её системами автоматизации работы ГАЦ (МПС) и АРС (и др.) – приемлемым при обоснованных оценках эффективности (станции Жлобин, Лида, Кричев-1, Осиповичи-1, Степянка, Слуцк). Это обусловлено во многом сокращением штата регулировщиков скатывания отцепов с горки, снижением количества браков в работе, повышением эффективности и безопасности процесса роспуска.

Получено 09.04.2012

**V. Y. Negrey, S. A. Pogidaev, E. A. Filatov.** Perfection of approaches to the substantiation of the level hardware and optimization of parameters designs of hump yards.

The acute problem of modernization of maintained hump yards, search of rational ways of its realization on the basis of the feasibility report on variants of reconstruction and a choice optimum by criterion of economic efficiency of investments is considered. Due to wide application of modern approaches and the developed applied software it was possible to reduce appreciably a part of labour-consuming calculations, to detail calculations and to increase adequacy of results. In modern conditions parameters of efficiency of investments in view of discount that allows to estimate risks and term of return of investments in the long term are applied.

Таким образом, предложенные подходы отличаются высокой степенью адаптивности к реальным условиям функционирования сортировочных устройств, учетом большого количества факторов, взаимосвязанностью конструктивных расчетов и экономических изысканий, позволяют обосновать экономически выгодную и технологически рациональную этапность модернизации сортировочных комплексов, которые должны удовлетворять современным требованиям, повысить уровень концентрации и безопасности выполнения сортировочной работы.

#### Список литературы

- 1 Анализ конструкций эксплуатируемых сортировочных горок станций Орша-Центральная, Волковыск и Лида Белорусской железной дороги и разработка рекомендаций по совершенствованию их параметров и повышению безопасности роспуска составов: отчет о НИР: 4401 / Белорус. гос. ун-т трансп.; рук. В. Я. Негрей; исполн.: С. А. Пожидаев [и др.]. – Гомель, 2007. – 302 с. – № ГР 20065000.
- 2 Анализ конструкции сортировочной горки станции Лунинец Белорусской железной дороги и разработка технико-экономического обоснования необходимости реконструкции: отчет о НИР: 1068 (5535) / Белорус. гос. ун-т трансп.; рук. С. А. Пожидаев; исполн.: Е. А. Филатов [и др.]. – Гомель, 2009. – 131 с. – № ГР 20082017.
- 3 Обоснование параметров конструкции и технического оснащения сортировочной горки станции Кричев Белорусской железной дороги: отчет о НИР: 1491 (6559) / Белорус. гос. ун-т трансп.; рук. С. А. Пожидаев; исполн.: В. А. Подкопаев [и др.]. – Гомель, 2010. – 165 с.
- 4 Обследование конструкции и технического оснащения сортировочной горки станции Жлобин с оптимизацией её параметров: отчет о НИР: 3090 (7266) / Белорус. гос. ун-т трансп.; рук. С. А. Пожидаев; исполн.: Е. А. Филатов [и др.]. – Гомель, 2011. – 161 с.
- 5 Пособие по применению правил и норм проектирования сортировочных устройств / Ю. А. Муха [и др.]. – М. : Транспорт, 1994. – 220 с. – ISBN 5-227-01715-1.
- 6 Контактно-усталостные повреждения колес грузовых вагонов / Б. М. Асташкевич [и др.]; под ред. С. М. Захарова. – М. : Интекст, 2004. – 160 с. – ISBN 5-89227-055-9.
- 7 Оценка эффективности инвестиций и конкурентоспособности транспортно-логистической системы: учеб.-метод. пособие / И. А. Еловой, И. А. Лебедева; Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель : БелГУТ, 2009. – 99 с.