

Интегративное управление инфраструктурой и тяговыми ресурсами на полигоне железных дорог

Н. Ф. СИРИНА, С. С. ЮШКОВА

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уральский государственный университет путей сообщения» (ФГБОУ ВО УрГУПС), Екатеринбург, 620034, Россия

Аннотация. Переход на полигонную технологию управления движением поездов позволяет ОАО «РЖД» организовать ритмичное продвижение вагонопотоков с предоставлением «окон» в едином створе для всего полигона.

Проведенный SWOT-анализ определил риски и возможную результативность использования единой инфраструктуры полигона железных дорог для оценки возможных дополнительных расходов в дальнейшем. Предложен механизм контроля эксплуатационных затрат с целью анализа фактических прямых расходов и сравнения отклонения с установленными значениями. Формализован общий алгоритм модели интегративного управления инфраструктурой и тяговыми ресурсами, проиллюстрированный на примере участников перевозочного процесса на полигоне железных дорог. Основой их взаимодействия являются результаты интегральной оценки, которая обобщает разнородные показатели и оценочные факторы перевозочного процесса.

Математическое обеспечение процедур формирования себестоимости реализовано в Интеллектуальной системе управления и диспетчеризации локомотивным парком на полигоне производственной инфраструктуры железных дорог. Результаты интегрированы в Автоматизированную систему управления эксплуатационной работой единого центра управления инфраструктурой и настроены на трансформацию, эффективное использование потенциала предприятий отрасли.

Ключевые слова: инфраструктура; полигон железных дорог; интегративное управление; механизм контроля эксплуатационных затрат; интегральная оценка производственной деятельности

Введение. В транспортной отрасли России на фоне динамичных структурных преобразований отмечаются значительные трансформации технологии перевозочного процесса, вызванные изменением состояния инфраструктуры, тяговых ресурсов и потребностей в доставке грузов и пассажиров.

Автомобильные дороги федерального значения имеют радиальную структуру, характеризующуюся недостаточным развитием региональных направлений, из которых только 17 % соответствуют минимальным требованиям качества, что по территориальным показателям ниже уровня развитых европейских стран (табл. 1). При существующих объемах реконструкции и нового строительства достичь необходимого состояния разветвленности автодорожной сети удастся после 2280 г. [1].

В международной эксплуатационной длине доля отечественных железных дорог составляет примерно 7 % (более 85 тыс. км), по стоимости основных производственных фондов — 14 %, валовому внутреннему продукту — 4,9 %, мировому пассажиро- и грузообороту — 15 и 24 % соответственно [2]. При этом износ путевой инфраструктуры достигает 55 %, систем электрической централизации — 76 %, автоблокировки — 55 %, тяговых подстанций и контактной сети — 54 %, локомотивного парка — более 20 % [3]. До 2025 г. ожидается сохранение низких темпов модернизации железнодорожной инфраструктуры, имеющей более 13 тыс. км «узких мест», на устранение которых необходимо привлечь инвестиции в размере 1,5 трлн руб. По этой причине в 2020 г. окажутся невывезенными 196,2 млн т грузов с потерями отчислений в бюджет — 1,3 трлн руб. [3].

Исследования по инфраструктуре. Инфраструктура железнодорожного транспорта общего пользования (далее — инфраструктура) представляет «технологический комплекс, включающий в себя железнодорожные пути общего пользования и другие сооружения, железнодорожные станции, устройства электроснабжения, сети связи, системы сигнализации, централизации и блокировки, информационные комплексы и систему управления движением и иные обеспечивающие функционирование этого комплекса здания, строения, сооружения, устройства и оборудование» [4] и исключает железнодорожный подвижной состав, использование которого является оказанием услуг перевозчику оператором подвижного состава — «юридическим лицом или индивидуальным предпринимателем, имеющим железнодорожный подвижной состав... на праве собственности или ином праве и оказывающим юридическим или физическим лицам услуги по предоставлению железнодорожного подвижного состава...» или владельцем инфраструктуры — «юридическим лицом или индивидуальным предпринимателем, имеющим инфраструктуру на праве собственности или на ином праве и оказывающим услуги по ее использованию на основании соответствующего договора» [4]. Основным владельцем железнодорожной инфраструктуры Российской

■ E-mail: nsirina@usurt.ru (Н. Ф. Сирина)

Таблица 1

Сравнительная характеристика автотранспортной инфраструктуры России и Евросоюза [1]

Table 1

Comparative property of the motor transport infrastructure of Russia and European Union [1]

Страна	Общая протяженность автодорог, км	Население, тыс. чел.	Площадь, тыс. км ²	Удельные показатели	
				км/км ²	км/1000 чел.
Австрия	200 000	8404,2	83,871	2,385	23,80
Италия	815 254	60 605,0	301,230	2,706	13,45
Швейцария	71 298	7700,2	41,284	1,727	9,26
Германия	644 480	81 757,6	357,021	1,805	7,88
Россия	983 000	142 914,1	17 075,4	0,058	6,88

Федерации (далее — ИЖДЛ) является ОАО «РЖД» (85 513 км), которое осуществляет централизованное диспетчерское управление перевозочным процессом. Общие принципы предоставления недискриминационного доступа перевозчиков к инфраструктуре определены в [5] на условиях публичного договора использования, заключаемого между перевозчиком и владельцем инфраструктуры [6].

Моделирование работы транспортной инфраструктуры и организации перевозочного процесса отражены в трудах Б. М. Липидуса, С. М. Резера, С. Н. Корнилова, В. Н. Морозова, А. Н. Рахмангулова и др.; проблемы развития транспортных систем и формирования инфраструктуры — в работах Г. В. Веселова, А. П. Абрамова, В. М. Бунеева, В. Г. Галабурды и др.; анализ численности вагонных парков и гармонизация емкости путевой инфраструктуры — в исследованиях П. А. Козлова, А. С. Мишарина, Н. Е. Аксёненко, О. Н. Дунаева и др.; экономические проблемы управления локомотивным парком — в научной деятельности В. И. Апатцева, А. П. Батурина, К. А. Бернгарда, И. Н. Шапкина.

Работы вышеперечисленных авторов имеют весомое теоретическое и практическое значение как

для совершенствования инструментов использования инфраструктуры и тяги, так и для организации железнодорожных перевозок, и вместе с тем необходимо их последующее развитие применительно к современным требованиям состояния инфраструктуры и подвижного состава.

Полигон железных дорог. Неравномерность распределения подвижного состава (половина всего парка грузовых вагонов) в восточной части железнодорожной сети, располагающей 39 % емкости путевого развития станций, привела к практическому исчерпанию пропускных способностей путевой инфраструктуры (средняя ходовая скорость движения грузовых поездов составляет 50 км/ч). Для развития инфраструктуры следует реализовать долгосрочные капиталоемкие проекты, инвестиции в которые зачастую окупаются медленно [7]. В 2017 г. сформирован Восточный полигон железных дорог (далее — Восточный полигон или полигон) (рис. 1), объединивший Красноярскую, Забайкальскую, Восточно-Сибирскую и Дальневосточную железные дороги. Он составляет основу формирования международных транспортных коридоров Азиатско-Североамериканской магистрали. Общая координация поездопотоков



Рис. 1. Развитие железнодорожной инфраструктуры Восточного полигона на первом этапе [8]

Fig. 1. Development of railway infrastructure of the East area at stage 1 [8]

Таблица 2

SWOT-анализ полигонной системы управления перевозочным процессом

Table 2

SWOT-analysis of the transportation process field control system

Сильные стороны	Слабые стороны
1. Снижение себестоимости перевозки 2. Повышение производительности локомотивов 3. Ускорение грузового сообщения 4. Единая сеть терминалов и железнодорожных путей 5. Финансовое положение ОАО «РЖД» со стабильным персоналом 6. Оптимальная логистическая технология управления грузовыми операциями и продвижением грузопотоков 7. Снижение одиночного пробега локомотивов 8. Относительно невысокие инвестиции в развитие полигона 9. Наличие автоматизированных систем (программного обеспечения) 10. Благоприятные направления транспортных потоков 11. Отсутствие конкурентов на рынке	1. Актуализация технической документации 2. Изменение технологии движения поездов 3. Отсутствие необходимого практического опыта 4. Государственное тарифное регулирование железнодорожных перевозок 5. Низкий уровень информированности сотрудников компании ОАО «РЖД», контрагентов и клиентов 6. Наличие участков с постоянно затрудненным движением поездов 7. Сложные климатические условия 8. Дополнительное обучение производственного персонала
Возможности	Угрозы
1. Обеспечение государственной поддержки 2. Значительный потенциал рынка 3. Большие объемы перевозок 4. Стабилизирование сроков доставки грузов 5. Значительная протяженность маршрутов грузовых перевозок 6. Повышение участковой скорости 7. Увеличение гарантированных плеч обслуживания 8. Фактор времени для потребителей 9. Быстрое внедрение полигонной технологии на сети железных дорог	1. Изменение порядка обучения сотрудников 2. Несовершенство нормативно-правовой базы 3. Риски несоблюдения графика движения поездов 4. Время нахождения поездов и локомотивов на технических станциях 5. Значительный объем привлечения инвестиций 6. Отсутствие государственной поддержки на всех этапах реализации проекта 7. Изменение законодательства

на полигоне осуществляется единым диспетчерским центром управления перевозками (ЕДЦУП), а регулирование тяговых ресурсов сосредоточено в центре управления тяговыми ресурсами (ЦУТР).

Стоимость второго этапа развития Восточного полигона — 464,7 млрд руб. (433,2 млрд руб. — государство, 31,5 млрд руб. — собственные средства ОАО «РЖД») [9]. Эффективность каждого варианта транспортировки на полигоне определяют методом «точного анализа конкретной ситуации» [10], с помощью которого учитывают условия внешней среды, критерии поставленной задачи, наличие спроса и технологии реализации перевозки в сочетании с мощностями локомотивной тяги и инфраструктуры.

Основным инструментом выбора эффективной стратегии перевозочной технологии выступает SWOT-анализ, который позволяет вычислить реальную стоимость перевозки, оценить состояние и возможности инфраструктуры с тяговыми ресурсами (табл. 2).

Уровень угроз, выявленный SWOT-анализом, не является критическим, а риски можно снизить за счет эффективного технологически выстроенного взаимодействия всех участников перевозочного процесса — ОАО «РЖД», грузоотправителей, государства и др. (табл. 3).

Таким образом, существует высокий потенциал использования полигонной системы управления

Таблица 3

Интерпретации результатов SWOT-анализа

Table 3

Interpretation of the SWOT-analysis results

	Сильные стороны	Слабые стороны
Возможности	Сектор «Развитие» 1. Изучение и внедрение современных мировых технологий перевозочного процесса 2. Развитие взаимовыгодных отношений с клиентами 3. Снижение себестоимости транспортировки 4. Уменьшение «отставленных» от движения поездов 5. Совершенствование технологии предоставления «окон»	Сектор «Что менять» 1. Внедрение полигонной системы на сети железных дорог 2. Формирование системы управления клиентами и персоналом 3. Решение вопроса трудоустройства высвобождающихся сотрудников ОАО «РЖД» 4. Аудит существующей нормативной документации 5. Разработка программы управления полигонами
Угрозы	Сектор «Компенсация угрозы» 1. Компетентный обученный персонал 2. Постоянный мониторинг законодательства 3. Соблюдение графика движения поездов 4. Модернизация инфраструктуры и подвижного состава	Сектор «Проблемы» 1. Разработка мероприятий по повышению качества оказания услуг 2. Отсутствие оперативности при решении экстренных задач в нестандартных ситуациях 3. Развитие промышленности, выпускающей продукцию для тяжеловесного движения поездов

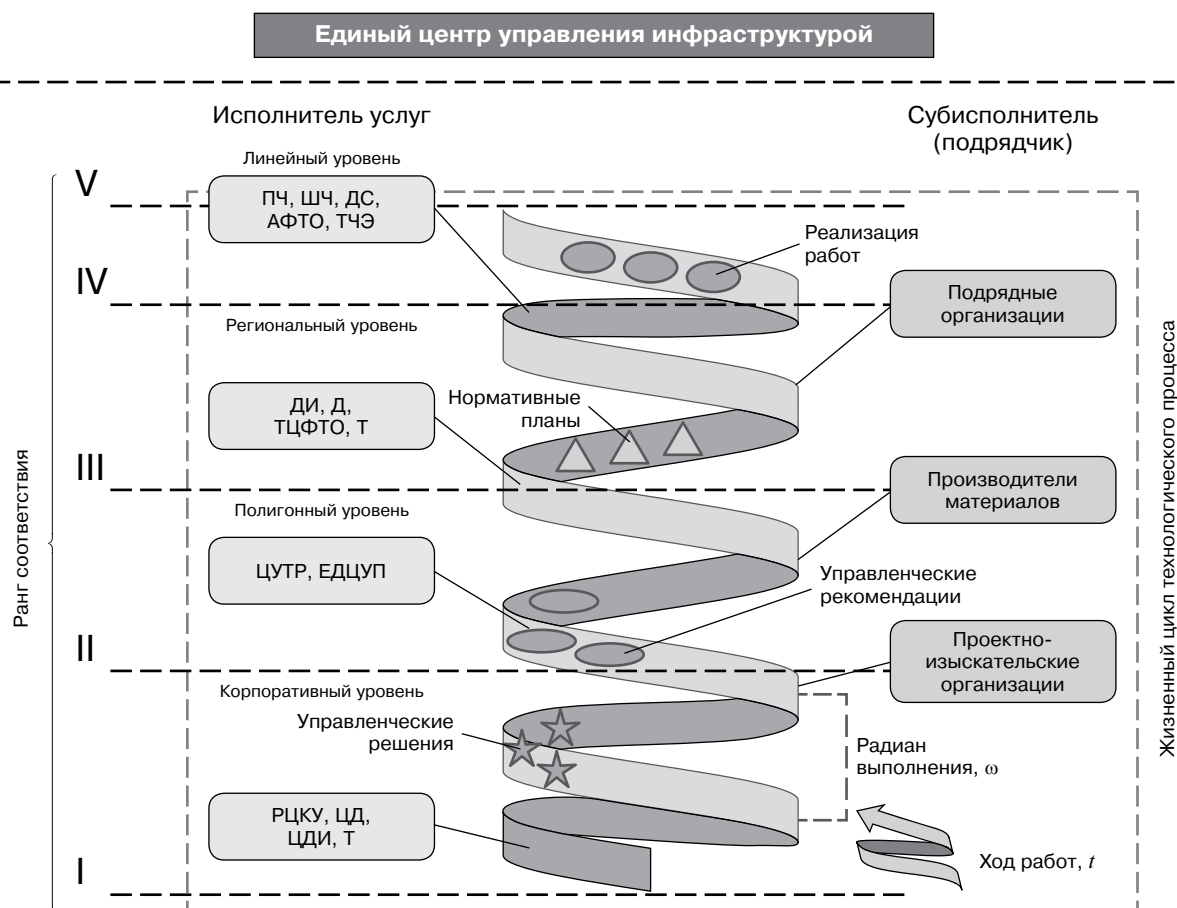


Рис. 2. Модель интегративного управления инфраструктурой и тяговыми ресурсами на полигоне (пояснения см. в тексте) [11]

Fig. 2. Model of integrative management of infrastructure and traction equipment at the area (ref. explanations in the text) [11]

перевозочным процессом на сети железных дорог, позволяющий наладить международную кооперацию и взаимовыгодное сотрудничество РФ в военной, экономической и культурной сферах.

Модель интегративного управления перевозками на полигоне. Полигонная технология представляет собой трехуровневое управление перевозочным процессом, в котором принятие решений по регулированию локомотивного парка, распределению погрузочных ресурсов, предоставлению «окон» на инфраструктуре осуществляется в соответствии с жесткой иерархической структурой — от центрального до регионального уровней. При этом региональные центры корпоративного управления (РЦКУ) координируют эксплуатационную работу в границах соответствующей железной дороги, на которой система управления и текущего содержания инфраструктуры осталась без изменений — центральной и региональными дирекциями инфраструктуры (ЦДИ и ДИ соответственно) и является несбалансированным звеном.

Для устранения возможной несогласованности в действиях на разных уровнях в полигонной технологии необходимо усовершенствовать систему управления инфраструктурой, тяговыми ресурсами

и вагонным парком. Для этого предлагаем сформировать Единый центр управления инфраструктурой полигона (ЕЦУИ), который в установленных лимитах обеспечивает эксплуатацию и содержание инфраструктуры структурными подразделениями ОАО «РЖД» (дистанция пути (ПЧ), дистанция сигнализации, централизации и блокировки (ШЧ), эксплуатационное локомотивное депо (ТЧЭ), агентство фирменного транспортного обслуживания (АФТО), железнодорожная станция (ДС) и др.) (рис. 2).

В эксплуатационной работе полигона ЕЦУИ взаимодействует с ЦУТР, ЕДЦУП, дирекциями: центральной и региональными управления движением (ЦД и Д соответственно), тяги (Т), энергообеспечения (НТЭ), территориальными центрами фирменного транспортного обслуживания (ТЦФТО), их структурными подразделениями (ТЧЭ, ДС, дистанция инфраструктуры (ИЧ), эксплуатационное вагонное депо (ВЧДЭ) и др.) и на основе теории активных систем с помощью интегральной оценки анализирует эффективность использования инфраструктуры и локомотивов [12].

Анализ деятельности полигона. Интегральная оценка состоит из блоков оценки и ранжирования (БОР), в которых на основе матриц сверстки (МС)

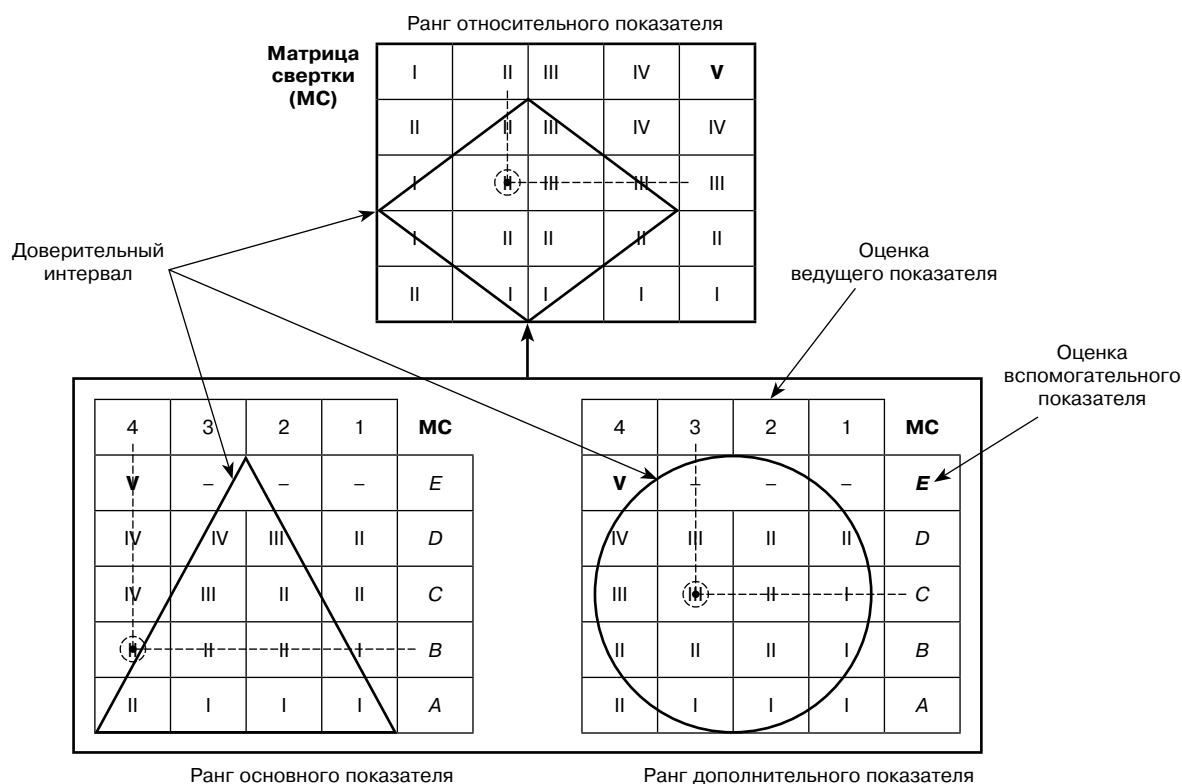


Рис. 3. Формирование ранга показателя (пояснения см. в тексте)
Fig. 3. Formation of the indicator rank (ref. explanations in the text)

объединены результаты оценок разнородных производственно-экономических показателей — на пересечении строки и столбца формируется ранг деятельности (рис. 3) [13].

Различают показатели: ведущие (от 1 до 4), характеризующие выполнение плановых заданий, и вспомогательные (от А до Е), определяющие эффективность производства. Ранг основного и дополнительного показателей (от I до V) характеризуется доверительным интервалом и отражает качество использования инфраструктуры и тяги: первому показателю соответствует невыполнение установленного плана и низкий уровень взаимодействия на полигоне (корпоративный), а пятому — реализация плановых заданий на линейном уровне управления:

$$\frac{X_{\text{ср}} - tS}{\sqrt{n}} \leq \alpha \leq \frac{X_{\text{ср}} + tS}{\sqrt{n}}, \quad (1)$$

где $X_{\text{ср}}$ — среднее выборочное значение искомого показателя; t — параметр из таблицы распределения Стьюдента; S — квадратный корень дисперсии; $\sqrt{n}$ — квадратный корень общего объема выборки; α — производственно-экономический показатель.

Одним из основных показателей качества перевозочного процесса является расход электрической энергии на тягу поездов, включающий оценку текущего состояния инфраструктуры (отсутствие предупреждений по ограничению установленных

скоростей движения, пропускные способности, весовые нагрузки на путь и т. д.). С учетом практического опыта Восточного полигона, в том числе масштабов и расстояний транспортировки грузов по территории РФ, можно заключить, что полигонная система управления перевозками и тяговым подвижным составом обеспечивает потребности перевозочного процесса с применением меньшего количества тягового ресурса за счет рационального использования инфраструктуры и повышения производительности локомотивного парка.

Энергоэффективность полигонных перевозок. Для обеспечения заданного нормативным графиком движения поездов суточное, недельное, декадное или месячное планирование работы локомотивов и локомотивных бригад строится на расчете потребности и нормативов содержания рабочего и эксплуатируемого парков поездных локомотивов с учетом явочной численности локомотивных бригад [14]. Ранее проведенные исследования [15–17] показали, что эффективным является метод оптимального сетевого потока [18–21], позволяющий осуществлять в реальном времени оперативное планирование перевозочного процесса на полигоне. В основу сетевой потоковой модели технологии работы тяги в грузовом движении положены представленные в [22] схемы участков обращения локомотивов L (УОЛ) и зон обслуживания локомотивных бригад N (УРЛБ) (рис. 4).

Каждый УОЛ, на котором производится обслуживание локомотивов (T , сервисными компаниями), рассматривается как совокупность нескольких УРЛБ, на которых работа локомотивных бригад осуществляется от станции приписки B до станций оборота A, C, D, E и обратно по ниткам графика (с поездом, резервным локомотивом или пассажирами). Полигонная технология позволяет ЦУТР удовлетворять потребности ЕДЦУП в продвижении вагонопотока за счет увеличения протяженности участков обращения локомотивов. При отклонениях от графика движения поездов значительная энергетическая эффективность потребления ресурсов достигается за счет коррекции траектории по альтернативным направлениям непосредственно в процессе движения. В таких случаях ЕЦУИ предлагает наиболее оптимальные (резервные) варианты использования инфраструктуры в поочередной схеме текущего содержания обустройства железнодорожного пути. Для исключения возможных конфликтов интересов хозяйствующих субъектов на «стыках» железных дорог и выполнения объемов ремонтно-путевой кампании РЦКУ осуществляют технологическую координацию перевозок в требуемом полигоне объеме (рис. 5).

На полигоне использование описанного в [22] метода решения задачи подвязки локомотивов L различного вида тяги к поездам P по резервным направлениям инфраструктуры N отличной специализации требует модификации классического варианта перевозочного процесса за счет аппроксимации разнородных ресурсов — должна быть возможность замены существующего ресурса аналогичным с открытым назад по какому-либо из ребер предыдущего ресурса управленческим действием (например, на рис. 5 направление $\langle N_1, N_5 \rangle$, заполненное локомотивом L_3 , открыто для локомотива L_2 через направление $\langle N_1, N_2, N_5 \rangle$ без перелома веса поезда и смены вида тяги). В результате применения квазиклассических откатов достигаются существенное увеличение показателя производительности локомотивов (подвязано меньше локомотивов для вывоза аналогичного количества поездов или грузов) и равномерность загрузки или ремонта инфраструктуры.

Себестоимость эксплуатации инфраструктуры и тяги полигона. Проблема предсказания и неопределенности возможных «переломов» тенденций изменения ключевых показателей деятельности, затрудняющая долгосрочное экономическое прогнозирование, особенно в такой капиталоемкой отрасли, как железнодорожный транспорт, является чрезвычайно серьезной [23]. Ее устранение требует разработки механизмов, обеспечивающих бесперебойную производственно-хозяйственную деятельность полигонов железных дорог. Для увеличения прибыльности перевозочной

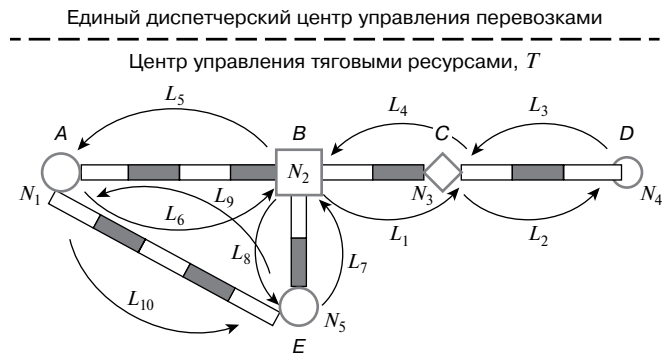


Рис. 4. Схема участка обращения локомотивов L_1-L_{10} на направлениях N_1-N_5

Fig. 4. Diagram of the locomotive handling section L_1-L_{10} at the routes N_1-N_5

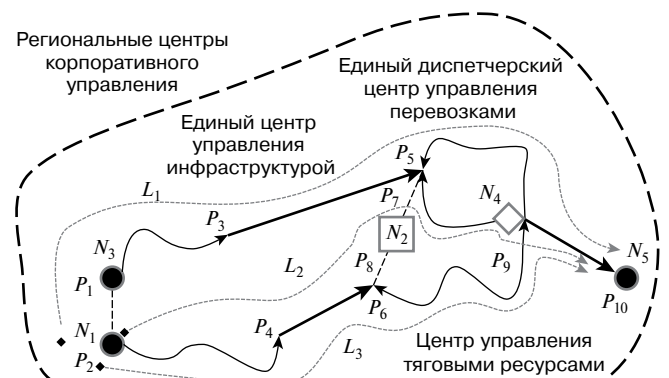


Рис. 5. Подвязка локомотивов L_1-L_3 под поезда P_1-P_{10} на направлениях N_1-N_5

Fig. 5. Tying up of locomotives L_1-L_3 for trains P_1-P_{10} at the routes N_1-N_5

деятельности важно, наряду с эффективной организацией эксплуатационной работы, повышать производительность инфраструктуры и тяги [24], осуществляя непрерывный контроль прямых затрат (рис. 6).

В механизме контроля эксплуатационных затрат инфраструктуры и тяги на полигоне (МКЗП) анализируются отклонения от фактических затрат (перерасход/экономия δ), определяемые сравнением с нормативными значениями. Вектор нормативов затрат на перевозку $X_t = (X_L, X_C, X_3, X_6)$ состоит из нормативов затрат на инфраструктуру (X_C), локомотивы (X_L) и заработную плату (ФОТ) (X_3, X_6). МКЗП определяет отклонения и ранги по затратам на материальные ресурсы δ_p , содержание инфраструктуры δ_c и использование тяговых ресурсов δ_6 .

Фактические затраты в периоде t рассчитывают по формуле

$$X_t = \sum_{i=1}^n k_{it} P_{it}, \quad (2)$$

где k_{it} — количество i -го затрачиваемого ресурса; P_{it} — стоимость i -го ресурса; i — номер ресурса, $i = 1, 2, \dots, n$.

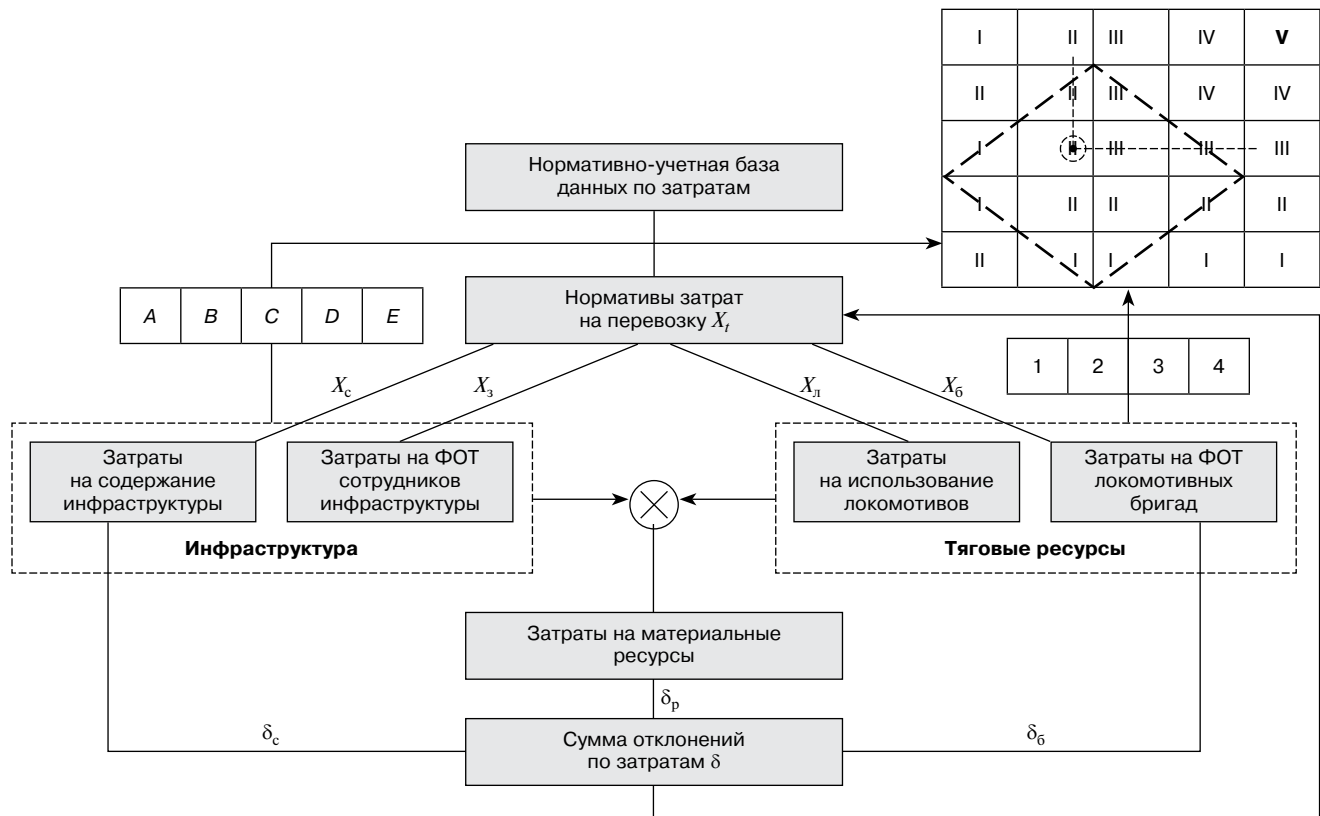


Рис. 6. Механизм контроля эксплуатационных затрат инфраструктуры и тяги на полигоне железных дорог:

X_c — норматив затрат на инфраструктуру; X_l — норматив затрат на локомотивы; X_3, X_6 — норматив затрат на заработную плату; δ_p — затраты на материальные ресурсы; δ_c — затраты на содержание инфраструктуры; δ_6 — затраты на использование тяговых ресурсов; ФОТ — фонд оплаты труда

Fig. 6. Control mechanism of operational costs for infrastructure and traction equipment at the railway area:

X_c — basic standard costs of infrastructure; X_l — basic standard costs of locomotives; X_3, X_6 — basic standard costs of salary; δ_p — costs of material resources; δ_c — costs of infrastructure maintenance; δ_6 — costs of traction resources use; ФОТ — payroll fund

Нормативные затраты вычисляют на основе линейной модели с переменными настраиваемыми коэффициентами, входящими в состав БОР [11]:

$$X_t^* = \sum_{i=1}^n k_{it}^* P_{it}^*, \quad (3)$$

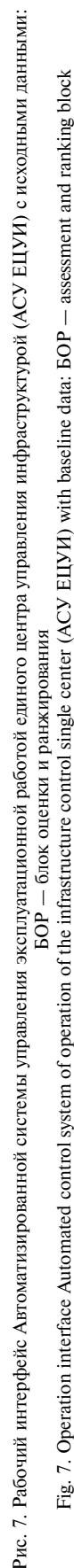
где k_{it}^* — устанавливаемая норма расхода i -го ресурса; P_{it}^* — нормативная стоимость i -го ресурса.

Мультипликатор ($\otimes$) применяют для суммирования затрат по разным статьям расходов и производственным видам деятельности, аналогично расчетам по формулам (2) и (3). С помощью нормативов, которые получают из БОР, по выражению (2) определяют нормативную себестоимость использования инфраструктуры и тяги в периоде $t(X_t)$.

Затем для контроля затрат формируют оценки цен и расходов i -го ресурса ($i = \overline{1, n}$), которые объединяют с помощью i -й МС. Оценки и ранги, получаемые из МКЗП, учитывают при планировании деятельности ЕЦУИ и стимулировании исполнителя, ответственного за расходование i -го ресурса. Когда исполнитель использует несколько ресурсов, то его комплексная оценка агрегирует все локальные оценки (m), которые

объединяются в МС для формирования ранга соответствующей деятельности.

Автоматизация полигонных технологий и принципов управления. Результаты ранжирования отклонений используют производственные и управленческие подразделения ОАО «РЖД» для оперативной ликвидации перерасхода (корректировка бюджета, разработка дополнительных мероприятий и т. д.). Периодичность контроля удовлетворяет потребностям технологического процесса и может быть непрерывной. Штатные отклонения III, IV рангов передаются по каналам связи на рабочие места в дирекции и центры ОАО «РЖД», а первичные — контролируются синхронно с перевозочным процессом, поступают в ЕЦУИ с мест их возникновения (структурных подразделений ДИ, Т, НТЭ, Д и т. д.) и фиксируются МКЗП в Интеллектуальной системе управления и диспетчеризации локомотивным парком на полигоне производственной инфраструктуры железных дорог [25]. Результаты, как исходные данные, применяют для выбора рекомендаций по принятию управленческих решений, поступающих из Автоматизированной системы управления эксплуатационной



работой единого центра управления инфраструктурой (АСУ ЕЦУИ) [26]. Программа предназначена для автоматизированного координирования и оценивания действий по управлению производственной инфраструктурой и движению тяговых ресурсов путем сопоставления со смежными значениями параметров содержания обустройств и технических средств (ТС) железнодорожного пути (рис. 7).

АСУ ЕЦУИ позволяет в режиме реального времени (в том числе с учетом ретроспективных результатов) консолидировать основные показатели эффективности перевозочного процесса на полигоне посредством интеграции выходных данных (табличных форм) из общекорпоративной информационной среды — отраслевых автоматизированных систем, используемых в ОАО «РЖД» (АСОУП-2, ЕК АСУ ФР, АСУ МС, АСУ МР, СИРИУС и др.), и визуального отображения эксплуатационной работы предприятий, обслуживающих инфраструктуру железнодорожных линий.

В основном автоматизированные системы управления на железнодорожном транспорте не обеспечены необходимыми динамическими моделями оперативного реагирования на колебания рынка и ориентированы прежде всего на информационное обслуживание оперативных работников структурных подразделений региональных дирекций, служб и руководящего состава. АСУ ЕЦУИ способна обеспечивать оперативной информацией и управленческими рекомендациями практически все предприятия благодаря взаимодействию с системами верхнего уровня управления. Анализируемые в ней показатели представлены в виде отдельных «цифровых слоев» по основным вертикально-интегрированным дирекциям блока «Железнодорожные перевозки и инфраструктура». Каждый «цифровой слой» по итогам оцениваемого периода ранжируется в установленном диапазоне и с помощью матрицы свертки соединяется со смежным «цифровым слоем» для определения интегральной оценки эксплуатационной работы полигона.

Для полномасштабного внедрения ИСУ ДЛП необходима адаптивная разработка модели функционирования АС ЕЦУИ, что потребует значительных финансовых вложений не только в архитектуру системы, но и в основные компоненты и комплектующие к компьютерной технике. При этом АС ЕЦУИ взаимоувязана: по технологическому взаимодействию и делегированию ответственности — с центрами управления движением поездов и центрами управления инфраструктурой; по планированию и обеспечению погрузки — с системой фирменного транспортного обслуживания; по организации движения вагонов — с клиентурой.

Заключение. В условиях роста затрат на энергию, материалы и производственные ресурсы необходимо

усовершенствование инфраструктуры сети железных дорог путем повышения энергоэффективности технологических процессов. Для этого в отрасли созданы условия по бесперебойной работе транспортных коридоров, в том числе по внедрению новой полигонной модели, способной устранить или сократить потери от нерационального взаимодействия структурных подразделений ОАО «РЖД» при использовании инфраструктуры и распределении тяговых ресурсов.

На первоначальном этапе применения полигонной технологии ключевой проблемой развития транспортной инфраструктуры является поиск баланса между использованием тяги, состоянием инфраструктуры и потребностями бизнеса.

SWOT-анализ позволил выявить следующие направления развития перевозочного процесса на полигоне.

1. Переквалификация сокращаемого персонала.
2. Аудит транспортной нормативной документации.
3. Разработка новых полигонных показателей работы сети.
4. Внедрение современных технологий по снижению себестоимости транспортного процесса.
5. Концентрация диспетчерского персонала в одном здании.
6. Устранение искусственных барьеров в продвижении поездов (уход от «стыков»).
7. Концентрация единых серий локомотивов и запасных частей для сервисных депо.
8. Уязвимость системы диспетчерского управления в случае военных действий.
9. Разработка мероприятий по повышению качества оказываемых услуг.
10. Интеграция производственных процессов развития логистики.

Однако важно понимать, что каждое из сформулированных направлений требует отдельных решений и непрерывного контроля.

В условиях постоянного увеличения закупочной стоимости новых локомотивов, высокой степени износа тяговых ресурсов и ограниченности инвестиций ОАО «РЖД» вопрос повышения эффективности использования подвижного состава особенно актуален. Несмотря на то что инфраструктурные ограничения сети по путевому развитию существенно лимитируют скорость продвижения грузопотока, а финансовое соответствие подвижного состава — удовлетворение потребностей клиентов, инновационные системы управления перевозками, основанные на искусственном интеллекте, способны расшить «узкие» места. ЕЦУИ будет стремиться обеспечить такие пропускные способности инфраструктуры и качество ремонтных работ, которые приведут к получению максимального дохода ОАО «РЖД»

и достижению установленного пропуска поездов существующими тяговыми ресурсами.

Продуктивность реализации инвестиционных мероприятий, предусматривающих ремонт, модернизацию мощностей, объектов инфраструктуры и тягового подвижного состава, в большей степени зависит от эффективности управления, чем от загруженности сети [27]. Модель интегративного управления инфраструктурой и тяговыми ресурсами на полигоне удовлетворяет требованиям к достоверности результатов и имеет прикладное значение при разработке автоматизированных систем на железнодорожном транспорте. АСУ ЕЦУИ позволяет осуществлять автоматизированное управление производственной инфраструктурой железнодорожных линий и подвижным составом.

По результатам проведенного исследования можно сделать вывод, что внедряемая ОАО «РЖД» система управления энергоэффективностью тягового подвижного состава в сочетании с технической и технологической готовностью единой инфраструктуры, с учетом предлагаемых в статье усовершенствований, обеспечит реализацию полигонного сообщения на сети железных дорог.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Концепция организации контейнерных перевозок на «Пространстве 1520» [Электронный ресурс]. URL: <http://xn--clakhbnbavh.xn--p1ai/wp-content/uploads/2015/12/%D0%9A%D0%BE%D0%BD%D1%86%D0%B5%D0%BF%D1%86%D0%B8%D1%8F-%D0%BE%D1%80%D0%B3%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B7%D0%B0%D1%86%D0%B8%D0%B8-%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D1%82%D1%80%D0%B5%D0%B9%D0%BB%D0%B5%D1%80%D0%BD%D1%8B%D1%85-%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B2%D0%BE%D0%B7%D0%BE%D0%BA-13-04-2012.pdf> (дата обращения: 11.06.2019 г.).
2. Юшкова С. С. Управление инфраструктурным комплексом ОАО «РЖД» // Материалы Международной научно-технической конференции «Транспортные и транспортно-технологические системы». Тюмень: ТИУ, 2019. С. 369–373.
3. Юшкова С. С. Проблемы инфраструктуры и пути решения в период организационных трансформаций системы управления производственной деятельностью ОАО «РЖД» // Техника и технологии наземного транспорта: сб. статей Всерос. науч. конф. аспирантов. Екатеринбург, 2018. С. 154–158.
4. Федеральный закон РФ от 10.01.2003 № 18-ФЗ «Устав железнодорожного транспорта Российской Федерации» [Электронный ресурс]. URL: <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=LAW&n=40444&dst=100005%041560103502072376> (дата обращения: 20.06.2019 г.).
5. Постановление Правительства РФ от 25.11.2003 № 710 «Об утверждении Правил недискриминационного доступа перевозчиков к инфраструктуре железнодорожного транспорта общего пользования» [Электронный ресурс]. URL: <https://base.garant.ru/186507/> (дата обращения: 14.06.2019 г.).
6. Постановление Правительства РФ от 20.11.2003 № 703 «Об утверждении Правил оказания услуг по использованию инфраструктуры железнодорожного транспорта общего пользования» [Электронный ресурс]. URL: <http://base.garant.ru/186503/> (дата обращения: 11.03.2019 г.).
7. Абрамов А. А. Управление эксплуатационной работой: учеб. пособие. М.: РГОТУПС, 2001. 143 с.
8. Проект развития железнодорожной инфраструктуры Восточного полигона на 2014–2017 гг. [Электронный ресурс]. URL: <http://gifok.net/images/2014/10/16/gitplf.jpg> (дата обращения: 11.03.2019 г.).
9. Лабыкин А. «Восточный полигон»: международная перегрузка [Электронный ресурс]. URL: <https://expert.ru/2014/07/9/vostochniy-poligon-mezhdunarodnaya-perezagruzka/> (дата обращения: 12.03.2019 г.).
10. Смольянинов А. В., Сирина Н. Ф., Юшков М. Е. Разработка управленческих решений по эффективному использованию малонагруженных железнодорожных линий // Транспорт Урала. 2012. № 2. С. 75–80.
11. Сирина Н. Ф., Юшкова С. С. Совершенствование системы управления транспортной инфраструктурой полигона железных дорог // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2019. Т. 62. № 2. С. 98–108. DOI: [https://doi.org/10.26731/1813-9108.2019.2\(62\).98-108](https://doi.org/10.26731/1813-9108.2019.2(62).98-108).
12. Сирина Н. Ф., Юшкова С. С. Интегративное управление инфраструктурой в перевозочной деятельности железных дорог // Транспорт Урала. 2019. № 1. С. 7–17. DOI: <https://doi.org/10.20291/1815-9400-2019-1-7-17>.
13. Сирина Н. Ф., Юшкова С. С. Состояние инфраструктуры как основа совершенствования системы управления производственной деятельностью ОАО «РЖД» // Вестник молодежной науки. 2019. № 2 [Электронный ресурс]. URL: https://07992ba4-dcc8-4e97-627-2ff245129607.filesusr.com/ugd/96814c_d76bf81327f84855aa419056f0ae867a.pdf (дата обращения: 10.06.2019 г.).
14. Развитие алгоритмов и программных средств проектирования технологии и нормирования работы локомотивов и локомотивных бригад в грузовом движении / Е. А. Лаханкин [и др.] // Труды пятой научно-технической конференции с международным участием «Интеллектуальные системы управления на железнодорожном транспорте. Компьютерное и математическое моделирование». М.: НИИАС, 2016. С. 198–201.
15. Rail transport control by combinatorial optimization approach / V. G. Matyukhin, A. B. Shabunin, N. A. Kuznetsov, A. K. Takmazian // Proceedings of the 11th IEEE International conference “Application of information and communication technologies”. 2017. P. 419–422.
16. Графовая динамическая модель задачи подбора тяговых ресурсов для грузовых железнодорожных перевозок / В. Г. Матюхин [и др.] // Труды 6-й Научно-технической конференции ИСУЖТ-2017. М.: НИИАС, 2017. С. 17–21.
17. Goldberg A. V., Tarjan R. E. A new approach to the maximum flow problem, in proceedings of the eighteenth annual ACM symposium on Theory of computing. California: Berkeley, 1986. P. 136–146. DOI: <https://doi.org/10.1145/12130.12144>.
18. Takmazian A. K., Shabunin A. B., Matyukhin V. G. Solution of locomotive assignment problem by network flow approach. Works of the International Russian Automation Conference. RusAutoCon. IEEE Xplore, 2018.
19. Bertsekas D. P. Distributed asynchronous relaxation methods for linear network flow problems. Laboratory for information and decision systems report LIDS-P-1606. Massachusetts Inst. Technol. Cambridge, MA, 1986. URL: <http://www.mit.edu/~dimitrib/RelaxationMDB.pdf>.
20. Goldberg A. V., Tarjan R. E. Solving minimum cost flow problems by successive approximations. Proc. of 19th ACM STOC, 1987.
21. Bertsekas D. P., Castanon D. A. The auction algorithm for the minimum cost network flow problem. Laboratory for information and decision systems report LIDS-P-1925. Massachusetts Inst. Technol. Cambridge, MA, 1989. Vol. 14. P. 105–123.
22. Методические указания ОАО «РЖД» от 25.06.2014 № 266 по расчету потребности в поездных локомотивах грузового движения и показателей их использования по графикам движения поездов (ШДЛ-60) [Электронный ресурс]. URL: <https://jd-doc.ru/2014/iyun-2014/13303-metodicheskie-ukazaniya-oao-rzhd-ot-25-06-2014-n-266> (дата обращения: 17.03.2019 г.).
23. Мачерет Д. А., Валеев Н. А. Научный инструментальный предиктивного управления эффективностью железнодорожного

транспорта // Вестник ВНИИЖТ. 2018. Т. 77. № 2. С. 84–91. DOI: <https://doi.org/10.21780/2223-9731-2018-77-2-84-91>.

24. Валеев Н.А. Управление эксплуатационными затратами железнодорожных компаний // Экономика железных дорог. 2017. № 12. С. 26–36.

25. Юшков М.Е., Юшкова С.С. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 209617988 от 25.06.2019 «Интеллектуальная система управления и диспетчеризации локомотивным парком на полигоне производственной инфраструктуры железных дорог (ИСУ ДПП)». Программы для ЭВМ. Базы данных. ТИМС, 2019 [Электронный ресурс]. URL: https://www1.fips.ru/registers-doc-view/fips_servlet?DB=EVM&DocNumber=2019617988&TypeFile=html (дата обращения: 30.06.2019 г.).

26. Сирина Н.Ф., Юшкова С.С. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2019612748 от 26.02.2019 «Автоматизированная система управления эксплуатационной работой единого центра управления инфраструктурой (АСУ ЕЦУИ)». Программы для ЭВМ. Базы данных. ТИМС, 2019 [Электронный ресурс]. URL: https://www1.fips.ru/registers-doc-view/fips_servlet?DB=EVM&DocNumber=2019612748&TypeFile=html (дата обращения: 22.06.2019 г.).

view/fips_servlet?DB=EVM&DocNumber=2019612748&TypeFile=html (дата обращения: 22.06.2019 г.).

27. Сирина Н.Ф., Юшков М.Е. Организация использования инфраструктуры маломощных железнодорожных линий на основе интегральной оценки их деятельности // Вестник ВНИИЖТ. 2016. Т. 75. № 6. С. 339–348. DOI: <https://doi.org/10.21780/2223-9731-2016-75-6-339-348>.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

СИРИНА Нина Фридриховна,

д-р техн. наук, доцент, проректор по учебной работе и связям с производством, ФГБОУ ВО УрГУПС

ЮШКОВА Светлана Сергеевна,

ассистент кафедры «Вагоны», аспирант механического факультета, ФГБОУ ВО УрГУПС

Статья поступила в редакцию 05.07.2019 г., принята к публикации 15.09.2019 г.

Integrative management of infrastructure and traction equipment at the railway area

N. F. SIRINA, S. S. YUSHKOVA

Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg, 620034, Russia

Abstract. Railway transport is in condition of preparation for fulfillment of the forecast increase of transportation. The level of effectiveness and quality of the railways operation is assessed by the period of delivery to the point of destination of required volume of transported freight, which growth increases intensity of infrastructure wear and tear, which requires breaks in trains movement for providing “gaps” for the track repair operations and inevitably results in the delivery time increase.

The use of the best speed path of trains is an important component of ensuring energy effectiveness. Transition to the ground process of trains’ movement control allows JSC “RZD” to arrange rhythmic movement of the car traffic movement providing “gaps” in the single opening for the entire ground.

Conducted SWOT-analysis determined the risks and potential results of use of the single infrastructure of the railway area in terms of possible additional expenses in the future. Control mechanism of operation costs was proposed, which allows analyzing actual direct expenses and comparing deviations with regard to the set values. Overall algorithm of the model of integrative control of infrastructure and traction resources was formalized, which is illustrated by the example of participants of transportation process at the railway area. The basis of their interaction is the results of integral assessment that generalized various quantity of indicators and assessment factors of transportation process.

Mathematical support of procedures of establishing the cost price is implemented in the Intellectual system of control and handling of the locomotive fleet at the area of the railway production infrastructure. Obtained results are integrated in the Automated control system of operation of the single center of infrastructure control and are set for transformation, effective use of the industrial companies potential.

Key trends of the geo-economic condition having direct relation to the transportation and logistic operation in Russia determine necessity of effective management of traction resources by means of arrangement of the uniform process of transportation operation of JSC “RZD”, which results in the best use of transportation infrastructure, balanced increase of the volumes of loading and attraction of investments to the railways.

Keywords: infrastructure; railway area; integrative management; operational cost control mechanism; integral assessment of operation

DOI: <http://dx.doi.org/10.21780/2223-9731-2019-78-6-328-339>

REFERENCES

1. *Kontseptsiya organizatsii kontreylernykh perevozok na “Prostranstve 1520”* [Concept of arrangement of piggyback transportation at the “Rail gage 1520”] URL: <http://xn--c1akhb-nbahv.xn--p1ai/wp-content/uploads/2015/12/%D0%9A%D0%B E%D0%BD%D1%86%D0%B5%D0%BF%D1%86%D0%B8%D 1%8F-%D0%BE%D1%80%D0%B3%D0%B0%D0%BD%D0%B 8%D0%B7%D0%B0%D1%86%D0%B8%D0%B8-%D0%BA-% D0%BE%D0%BD%D1%82%D1%80%D0%B5%D0%B9%D0%BB %D0%B5%D1%80%D0%BD%D1%8B%D1%85-%D0%BF%D0% B5%D1%80%D0%B5%D0%B2%D0%BE%D0%B7%D0%BE%D0 %BA-13-04-2012.pdf> (retrieved on 11.06.2019) (in Russ.).
2. Yushkova S.S. *Upravleniye infrastruktury kompleksom OAO “RZD”* [Management of JSC “RZD” infrastructure complex]. Materials of the International scientific and technical conference “Transport and transport-technological systems”. Tyumen’, Tyumen’ Industrial University (TIU), 2019, pp. 369–373.
3. Yushkova S.S. *Problemy infrastruktury i puti resheniya v period organizatsionnykh transformatsiy sistemy upravleniya proizvodstvennoy deyatel’nost’yu OAO “RZD”* [Issues of infrastructure and ways of solution in the period of organizational transformations of management systems of JSC “RZD” production activity]. *Tekhnika i tekhnologii nazemnogo transporta*. Sb. statey Vseros. nauch. konf. aspirantov [Equipment and technology of the ground transport. Coll. of articles of the All-Russia scientific conference of the post-graduate students]. Yekaterinburg, 2018, pp. 154–158.
4. *Ustav zheleznodorozhnogo transporta Rossiyskoy Federatsii*. Federal’nyy zakon RF ot 10.01.2003 № 18-FZ [Articles of Association of the railway transport of the Russian Federation. Federal law of the Russian Federation on 10.01.2003 no. 18-FZ]. URL: <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=LAW&n=40444&dst=100005041560103502072376> (retrieved on 20.06.2019) (in Russ.).
5. *Ob utverzhdenii Pravil nediskriminatsionnogo dostupa perevozchikov k infrastructure zheleznodorozhnogo transporta obshchego pol’zovaniya*. Postanovleniye Pravitel’sva RF ot 25.11.2003 № 710 [On approval of the Rules of nondiscriminated access of carriers to the common use railway transport infrastructure. Decree of the Government of the Russian Federation on 25.11.2003 no. 710]. URL: <https://base.garant.ru/186507/> (retrieved on 14.06.2019) (in Russ.).
6. *Ob utverzhdenii Pravil okazaniya uslug po ispol’zovaniyu infrastruktury zheleznodorozhnogo transporta obshchego pol’zovaniya*. Postanovleniye Pravitel’sva RF ot 20.11.2003 № 703 [On approval of the rules of rendering services in the common use

railway transport infrastructure use. Decree of the Government of the Russian Federation on 20.11.2003 no. 703]. URL: <http://base.garant.ru/186503/> (retrieved on 11.03.2019) (in Russ.).

7. Abramov A.A. *Upravleniye ekspluatatsionnoy rabotoy. Ucheb. posobiye* [Management of operational work. Textbook] Moscow, RGOTUPS, 2001, 143 p.

8. *Proyekt razvitiya zheleznodorozhnoy infrastruktury Vostochnogo poligona na 2014–2017 gg.* [The project of development of railway infrastructure of the Eastern site for 2014–2017]. URL: <http://gifok.net/images/2014/10/16/gjtplf.jpg> (retrieved on 11.03.2019).

9. Labykin A. "Vostochnyy poligon": mezhdunarodnaya perezagruzka [East area: international reset]. URL: https://expert.ru/2014/07/9/vostochnyy-poligon_-mezhdunarodnaya-perezagruzka/ (retrieved on 12.03.2019).

10. Smolyaninov A.V., Sirina N.F., Yushkov M.E. *Razrabotka upravlencheskikh resheniy po effektivnomu ispol'zovaniyu malodeyatel'nykh zheleznodorozhnykh liniy* [Managerial decisions making for little-used railway lines efficient use]. Transport of the Urals, 2012, no. 2, pp. 75–80.

11. Sirina N.F., Yushkova S.S. *Sovershenstvovaniye sistemy upravleniya transportnoy infrastrukturoy poligona zheleznnykh dorog* [Improving the management system of transport infrastructure in the railway polygon]. Modern technologies system analysis modeling, 2019, no. 2, pp. 98–108. DOI: [https://doi.org/10.26731/1813-9108.2019.2\(62\).98-108](https://doi.org/10.26731/1813-9108.2019.2(62).98-108).

12. Sirina N.F., Yushkova S.S. *Integrativnoye upravleniye infrastrukturoy v perevozchnoy deyatelnosti zheleznnykh dorog* [Integrative management of infrastructure in railway transportation activities]. Transport of the Urals, 2019, no. 1, pp. 7–17. DOI: <https://doi.org/10.20291/1815-9400-2019-1-7-17>.

13. Sirina N.F., Yushkova S.S. *Sostoyaniye infrastruktury kak osnova sovershenstvovaniya sistemy upravleniya proizvodstvennoy deyatelnosti OAO "RZD"* [Condition of infrastructure as the basis of improvement of the JSC "RZD" production activity management system]. Bulletin of the youth science, 2019, no. 2. URL: https://07992ba4-dcc8-4e97-627-2ff245129607.filesusr.com/ugd/96814c_d76bf81327f84855aa419056f0ae867a.pdf (retrieved on 10.06.2019) (in Russ.).

14. Lakhankin E.A., Ageeva M.A., Kondaltsev I.S., Podorin A.A., Safronov A.I. *Razvitiye algoritmov i programnykh sredstv proyektirovaniya tekhnologii i normirovaniya raboty lokomotivov i lokomotivnykh brigad v gruzovom dvizhenii* [Development of algorithm and software of designing of technology and rate-setting of operation of locomotives and locomotive teams in freight traffic. Intellectual systems of management of the railway transport. Computer and mathematical modeling. Coll. of works of the 5th scientific and technical conference with international participation]. Moscow, NIIAS, 2016, pp. 198–201.

15. Matyukhin V.G., Shabunin A.B., Kuznetsov N.A., Takmazian A.K. *Rail transport control by combinatorial optimization approach*. Proc. of the 11th IEEE International conference "Application of information and communication technologies", 2017, pp. 419–422.

16. Matyukhin V.G., Shabunin A.B., Kuznetsov N.A., Zhiyakova L.Yu., Takmazian A.K. *Grafovaya dinamicheskaya model' zadachi podbora tyagovykh resursov dlya gruzovykh zheleznodorozhnykh perevozok* [Graph dynamic model of the task of traction equipment selection for freight railway transportation. Proc. of the 6th scientific and technical conference Intellectual System of the Railway Transport Production Process Control and Automation-2017]. Moscow, NIIAS, 2017, pp. 17–21.

17. Goldberg A.V., Tarjan R.E. *A new approach to the maximum flow problem, in proceedings of the eighteenth annual ACM symposium on Theory of computing*. California, Berkeley, 1986, pp. 136–146. DOI: <https://doi.org/10.1145/12130.12144>.

18. Takmazian A.K., Shabunin A.B., Matyukhin V.G. *Solution of locomotive assignment problem by network flow approach*. Proc. of the International Russian Automation Conference. RusAutoCon, IEEE Xplore, 2018.

19. Bertsekas D.P. *Distributed asynchronous relaxation methods for linear network flow problems*. Laboratory for information and decision systems report LIDS-P-1606. Massachusetts Inst. Technol. Cambridge, MA, 1986. URL: <http://www.mit.edu/~dimitrib/RelaxationMDB.pdf>.

20. Goldberg A.V., Tarjan R.E. *Solving minimum cost flow problems by successive approximations*. Proc. 19th ACM STOC, 1987.

21. Bertsekas D.P., Castanon D.A. *The auction algorithm for the minimum cost network flow problem*. Laboratory for information and decision systems report LIDS-P-1925. Massachusetts Inst. Technol. Cambridge, MA, 1989, Vol. 14, pp. 105–123.

22. *Metodicheskiye ukazaniya OAO "RZD" ot 25.06.2014 № 266 po raschetu potrebnosti v poyezdnykh lokomotivakh gruzovogo dvizheniya i pokazateley ikh ispol'zovaniya po grafikam dvizheniya poyezdov (TSDL-60)* [Methodical instructions for calculations of demand in locomotives of freight traffic and indicators of their use according to the train traffic schedules (CHW-60). Approved by the JSC "RZD" on 25.06.2014 no. 266]. URL: <https://jd-doc.ru/2014/iyun-2014/13303-metodicheskiye-ukazaniya-oao-rzhd-ot-25-06-2014-n-266> (retrieved on 17.03.2019) (in Russ.).

23. Macheret D.A., Valeev N.A. *Nauchnyy instrumentariy prediktivnogo upravleniya effektivnost'yu zheleznodorozhnogo transporta* [Scientific toolkit for predictive efficiency management of railway transportation]. Vestnik VNIIZhT [Vestnik of the Railway Research Institute], 2018, Vol. 77, no. 2, pp. 84–91. DOI: <https://doi.org/10.21780/2223-9731-2018-77-2-84-91>.

24. Valeev N.A. *Upravleniye ekspluatatsionnymi zatratami zheleznodorozhnykh kompaniy* [Management of operating costs railway companies]. Railway Economy, 2017, no. 12, pp. 26–36.

25. Yushkov M.E., Yushkova S.S. *Intellektual'naya sistema upravleniya i dispatcherizatsii lokomotivnym parkom na poligone proizvodstvennoy infrastruktury zheleznnykh dorog (ISU DLP)*. Svidetel'stvo o gosudarstvennoy registratsii programmy dlya EVM № 209617988 ot 25.06.2019 [Intelligent management and dispatching system for locomotive park at the railway production infrastructure polygon (ISM DLF). Certificate of state registration of the computer program no. 209617988, dated June 25, 2019]. Computer program. Data base. TIMS, 2019. URL: https://www1.fips.ru/registers-doc-view/fips_servlet?DB=EVM&DocNumber=2019617988&TypeFile=html (retrieved on 30.06.2019) (in Russ.).

26. Sirina N.F., Yushkova S.S. *Avtomatizirovannaya sistema upravleniya ekspluatatsionnoy rabotoy yedinogo tsentra upravleniya infrastrukturoy (ASU YETSUI)*. Svidetel'stvo o gosudarstvennoy registratsii programmy dlya EVM № 2019612748 ot 26.02.2019 [Automated system for managing the operational work of a unified infrastructure management center (ASM UIMC). Certificate of state registration of the computer program no. 2019612748, dated February 26, 2019]. Computer program. Data base. TIMS, 2019. URL: https://www1.fips.ru/registers-doc-view/fips_servlet?DB=EVM&DocNumber=2019612748&TypeFile=html (retrieved on 22.06.2019) (in Russ.).

27. Sirina N.F., Yushkov M.E. *Organizatsiya ispol'zovaniya infrastruktury malodeyatel'nykh zheleznodorozhnykh liniy na osnove integral'noy otsenki ikh deyatelnosti* [Exploitation of infrastructure of low-density railway lines on the basis of integrated assessment of its performance]. Vestnik VNIIZhT [Vestnik of the Railway Research Institute], 2016, Vol. 75, no. 6, pp. 339–348. DOI: <https://doi.org/10.21780/2223-9731-2016-75-6-339-348>.

ABOUT THE AUTHORS

Nina F. SIRINA,

Dr. Sci. (Eng.), Associate Professor, Prorektor for Academic Affairs and Relations with Production, Ural State University of Railway Transport (USURT)

Svetlana S. YUSHKOVA,

Assistant of the Department "Cars", Postgraduate Student of Mechanical Department, Ural State University of Railway Transport (USURT)

Received 05.07.2019

Accepted 15.09.2019

■ E-mail: nsirina@usurt.ru (N.F. Sirina)