

УДК 656.2 – 027.1(477)

О. И. ХАРЧЕНКО^{1*}

^{1*} Каф. «Управление эксплуатационной работой», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, 49010, г. Днепропетровск, Украина, тел. +38 (056) 373 15 70, эл. почта olesiakh100@gmail.com , ORCID 0000-0003-2068-0640

ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

Цель. Целью данной статьи является оценка параметров, характеризующих устойчивое развитие железных дорог. **Методика.** На основании структуры железных дорог с позиций материально-технической базы для обслуживания грузопотока, характеристик спроса на транспортное обслуживание, а также с учетом характеристик существующей транспортной сети проводится обоснование численных значений ряда технико-эксплуатационных и технико-экономических показателей, которые характеризуют рациональный с позиций устойчивого развития вариант функционирования железных дорог. **Результаты.** Оценка параметров, характеризующих устойчивое развитие железных дорог, позволила создать имитационную модель функционирования железных дорог. **Научная новизна.** Имитационная модель функционирования железных дорог содержит функции оптимизации распределения грузовой работы по станциям, расчета оптимального количества обслуживающих механизмов, а также оптимального распределения денежных средств по направлениям устойчивого развития, а также позволяет учесть недетерминированность параметров спроса на транспортные услуги. **Практична значимость.** Программная реализация имитационной модели для железной дороги может являться базой для проведения экспериментальных исследований в области повышения эффективности функционирования железных дорог за счет обеспечения его устойчивого развития.

Ключевые слова: железнодорожный транспорт; повышение эффективности; функционирование железнодорожного транспорта; устойчивое развитие; сложные системы; железные дороги.

Введение

Транспорт – одна из основных отраслей экономики Украины призвана удовлетворять потребности населения и всех видов общественного производства в перевозках. Особое место в транспортной отрасли Украины занимает железнодорожный транспорт, так как данный вид транспорта обладает такими технико-экономическими особенностями, которые позволяют ему сохранять приоритетные позиции в качестве основного магистрального вида транспорта не только в настоящее время, но и в отдаленной перспективе. К основным особенностям железнодорожного транспорта относятся его мощнейший потенциал, универсальность, регулярность и относительная дешевизна. К преимуществам данного вида транспорта можно также отнести расширенную сеть железных дорог, сравнительно низкая себестоимость, надежность, безопасность, экологичность. Кроме этого мировыми экспертами в области транспорта железнодорожный транспорт признан транспортом будущего [1], в связи с этим перед государством стоит важная задача по модернизации и развитию железнодорожного транспорта.

Новой парадигмой мирового развития является устойчивое развитие. Концепция устойчивого развития состоит в достижении удовлетворения жизненных нужд нынешнего поколения людей без того, чтобы будущие поколения были лишены такой возможности через истощение природных ресурсов и деградации окружающей среды [2]. Основой устойчивого развития является триединая концепция, т.е. экологическая, экономическая и социальная составляющие должны рассматриваться в комплексе. Тогда, устойчивым развитием железнодорожной отрасли, как системы, предусматривается согласованное функционирование экономической, экологической и социальной подсистем.

Согласно статье 4 Закона Украины «Про железнодорожный транспорт»: «Кабинет Министров Украины определяет условия и порядок организации деятельности железнодорожного транспорта общего пользования, способствует его приоритетному развитию, предоставляет поддержку в удовлетворении потребности железных дорог в подвижном составе, материально-технических и топливно-энергетических ресурсах» [3]. Но, фактически данная статья не выполняется и украинские

железные дороги должны выживать за собственный счет [4]. Поэтому вопрос устойчивого развития железнодорожной отрасли, на сегодняшний день, является актуальным.

Цель

Целью данной статьи является оценка параметров, характеризующих устойчивое развитие железных дорог, которая является пред условием для создания имитационной модели функционирования железных дорог с позиции устойчивого развития и ее программной реализации.

Методика

Устойчивое развитие железных дорог предлагается оценивать на основании предложенного в работе [5] критерия эффективности.

$$F_{ц} = \frac{E_{ц}}{C_{ур}} = \delta_{рес} \cdot \epsilon_{рес} + \delta_{эк} \cdot \epsilon_{эк} + \delta_{соц} \cdot \epsilon_{соц} + \delta_{к} \cdot \epsilon_{к} \rightarrow \max : (1)$$

где $\delta_{рес}$, $\delta_{эк}$, $\delta_{соц}$, $\delta_{к}$ – доля денежных средств в общем объеме по направлениям развития ресурсосберегающих технологий, снижения вредного воздействия на окружающую среду, обеспечения социальной составляющей функционирования железных дорог и повышения качества обслуживания клиентуры соответственно.

$\epsilon_{рес}$, $\epsilon_{эк}$, $\epsilon_{соц}$, $\epsilon_{к}$ – функции эластичности капиталовложений по направлениям развития ресурсосберегающих технологий, снижения вредного воздействия на окружающую среду, обеспечения социальной составляющей функционирования железных дорог и повышения качества обслуживания клиентуры соответственно.

Однако для определения численного значения показателя эффективности необходимо предварительное обоснование численных значений ряда технико-эксплуатационных и технико-экономических показателей, его определяющих. Кроме того, данные показатели должны характеризовать рациональный с позиций устойчивого развития вариант функционирования железных дорог.

Под вариантом структуры железных дорог с позиций материально-технической базы для обслуживания грузопотока понимается совокупность маневровых локомотивов и погрузочно-разгрузочных машин на станциях железных дорог, а также пути сообщений. Рациональный вариант функционирования для железных дорог определяется на основании известных характеристик спроса на транспортное обслужи-

вание, с учетом характеристик существующей транспортной сети.

Предлагается следующая последовательность решения задачи оценки параметров, характеризующих устойчивое развитие железных дорог:

- оптимальное распределение грузовой работы на участках и станциях железных дорог (решение сетевой задачи на макроуровне – уровне макросистемы железных дорог);

- определение оптимального количества обслуживающих механизмов на грузовых станциях в составе железной дороги (решение оптимизационных задач на микроуровне – уровне отдельных станций как элементов макросистемы железной дороги);

- решение задачи оптимального распределения денежных средств, выделяемых на обеспечение устойчивого развития железной дороги, с использованием в качестве исходных данных результатов оптимизации распределения грузовой работы на участках и станциях железной дороги.

Поскольку параметры спроса на услуги железных дорог по продвижению материалопотока являются величинами недетерминированными, то для проведения экспериментальных исследований в области повышения эффективности функционирования железных дорог предлагается использовать имитационную модель, содержащую оптимизационные функции (функции оптимизации распределения грузовой работы по станциям, расчета оптимального количества обслуживающих механизмов, а также оптимального распределения денежных средств по направлениям устойчивого развития).

Разработка граф-модели железной дороги для решения сетевой задачи на макроуровне

Основой модели функционирования железной дороги как макрологистической системы является граф-модель. Решение сетевой задачи на макроуровне подразумевает распределение вагонопотока для заданной матрицы корреспонденций, характеризующей спрос, с учетом пропускной способности перегонов. При этом предварительно осуществляется моделирование матрицы корреспонденций в соответствии с известными параметрами случайной величины интенсивности потоков поездов. Для моделирования матрицы корреспонденций генерируются значения случайных величин интенсивностей. Для определения кратчайшего пути между исходящей и входящей вершинами потока используется алгоритм Дейкстры для по-

иска кратчайшего пути в ориентированном графе [6]. Определение загрузки перегонов транспортной сети для смоделированного варианта матрицы корреспонденций осуществляется путем последовательного перебора всех участков пути для каждого из смоделированных потоков с добавлением сгенерированного значения интенсивности потока к текущей нагрузке звена. Графически нагрузка участков транспортной сети отображается более широкими линиями соответствующих звеньев для более загруженных участков.

На рис.1 представлено рабочее окно, содержащее отображение результатов моделирования процесса функционирования Приднепровской железной дороги.

Разработка функций для определения оптимального количества обслуживающих механизмов подразделения железнодорожного транспорта

Определение оптимального количества производственных ресурсов станций в составе железной дороги, осуществляется в результате поиска экстремумов функции (2) относительно количества маневровых локомотивов (N_l) и ко-

личества погрузочно-разгрузочных машин (N_g) как аргументов данной функции.

$$E_{рес} = 24 \cdot N_l \cdot c_{прост}^{лок} + 90 \cdot \frac{(c_{прост}^{лок} - c_{прост}^{лок}) \cdot N_l^{0,664} \cdot \xi_q^{0,884}}{\xi_q^{0,885}} + 2172 \cdot \frac{c_{прост}^{гр} \cdot \xi_q^{2,527}}{N_l^{0,429} \cdot \xi_q^{1,979}} + (2)$$

$$+ 176 \cdot \frac{c_{прост}^{пор} \cdot \xi_q^{0,978}}{N_l^{0,054} \cdot \xi_q^{0,865}} + 104 \cdot \frac{(c_{пер}^{пор} + c_{пер}^{пор}) \cdot \xi_q^{1,054}}{\xi_q^{0,961}} + 24 \cdot c_{прост}^{мех} \cdot N_g +$$

$$+ 48704 \cdot \frac{c_{прост}^{гр} \cdot N_l^{0,305} \cdot \mu_t^{1,129} \cdot \xi_q^{2,982}}{N_g^{2,368} \cdot \xi_q^{2,698}} + 123 \cdot (c_{прост}^{гр} + c_{пер}^{мех} - c_{прост}^{мех}) \cdot \mu_t$$

где ξ_q – коэффициент, отображающий соотношение количественных характеристик спроса и обслуживающей системы;

ξ_r – коэффициент, отображающий соотношение временной характеристики интенсивности спроса и временной характеристики производительности обслуживающей системы;

$c_{прост}^{лок}$ и $c_{пер}^{лок}$ – средневзвешенные удельные затраты на работу маневровых локомотивов при ожидании прибытия вагонов и перемещение подач вагонов соответственно, грн/ч;

$c_{прост}^{гр}$ и $c_{пер}^{гр}$ – удельные затраты на простой и перемещение соответственно вагона в загруженном состоянии, грн/ч;

$c_{прост}^{пор}$ и $c_{пер}^{пор}$ – удельные затраты на простой и перемещение соответственно порожнего вагона, грн/ч.

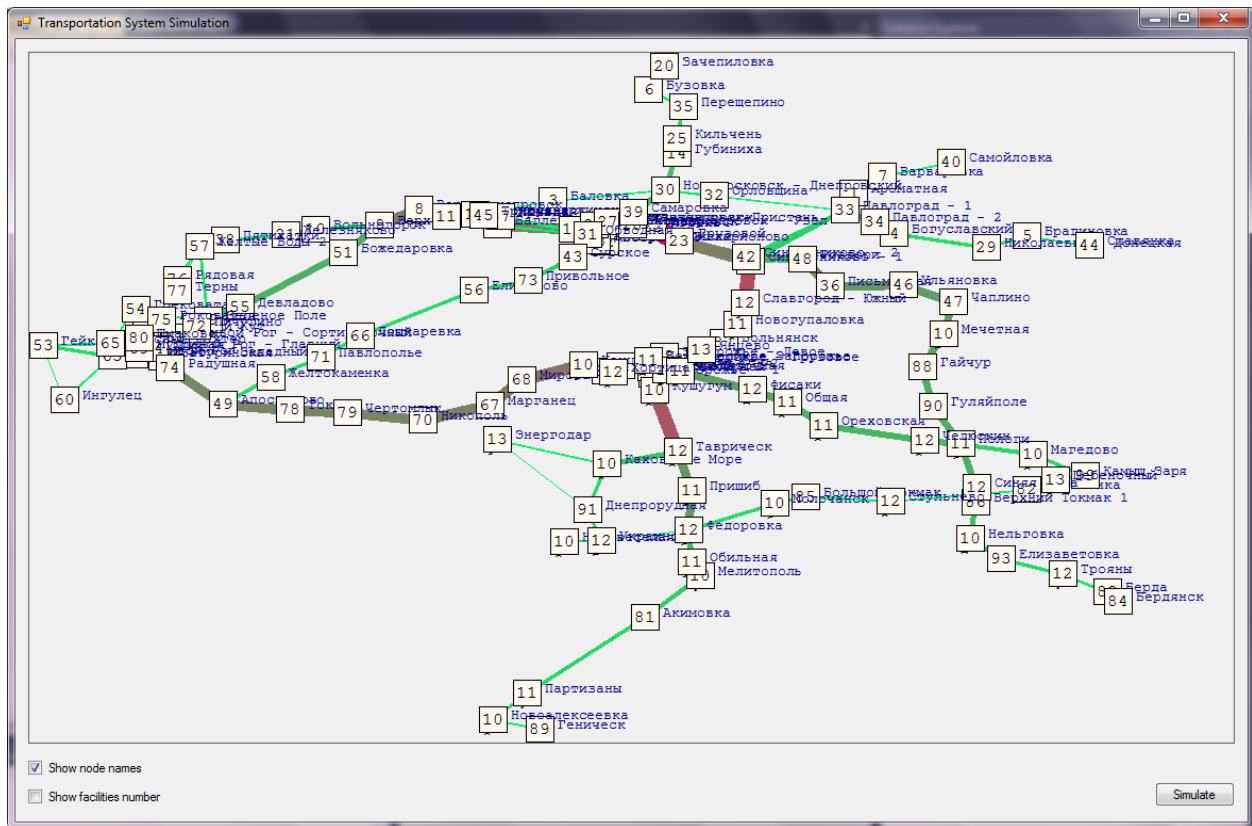


Рис.1. Программная модель Приднепровской железной дороги

Графический анализ вида функции (2) относительно количества маневровых локомотивов и количества погрузо-разгрузочных машин (рис. 2) позволяет утверждать, что экстремальные значения функции являются минимумами, т.е. решение уравнений (3) позволит оценить соответствующие оптимальные значения производственных ресурсов.

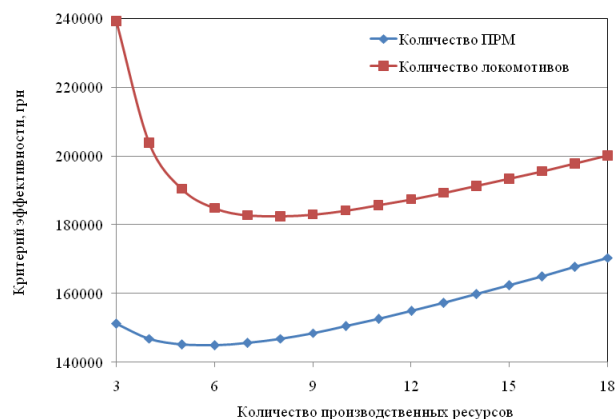


Рис. 2. Зависимость критерия эффективности от количества производственных ресурсов станции

$$\begin{cases} \frac{\partial E_{\text{рес}}}{\partial N_l} = 0, \\ \frac{\partial E_{\text{рес}}}{\partial N_g} = 0. \end{cases} \quad (3)$$

Разработка функции оптимизации распределения денежных средств по направлениям устойчивого развития

Оптимальное распределение денежных средств, выделяемых на обеспечение устойчивого развития железных дорог, определяется как значение вектора $\mathbf{x} = \left| \delta_{\text{рес}} \quad \delta_{\text{эк}} \quad \delta_{\text{соц}} \quad \delta_{\text{к}} \right|$, соответствующее оптимальному значению целевой функции (1).

Предварительным этапом решения данной оптимизационной задачи является оценка численных значений вектора $\mathbf{c} = \left| \varepsilon_{\text{рес}} \quad \varepsilon_{\text{эк}} \quad \varepsilon_{\text{соц}} \quad \varepsilon_{\text{к}} \right|$ коэффициентов целевой функции — значений функций эластичности капиталовложений. Определение численных значений проводится в соответствии с методикой, описанной на основании зависимостей, приведенных в работе [5]. В качестве переменных, задействованных при определении значений $\varepsilon_{\text{рес}}$, $\varepsilon_{\text{эк}}$, $\varepsilon_{\text{соц}}$ и $\varepsilon_{\text{к}}$, выступают значения суммарного времени работы обслуживающих устройств на станциях — маневровых локомотивов и погрузо-разгрузочных машин, а также значение суммарного времени обслуживания вагонов.

Таким образом, словарь для решения задачи определения оптимального соотношения капиталовложений по направлениям устойчивого развития симплекс-методом имеет следующий вид:

$$\begin{cases} x_1 = 0,7 + x_6 - x_8 - x_9 - x_{10}, \\ x_2 = 0,1 + x_8, \\ x_3 = 0,1 + x_9, \\ x_4 = 0,1 + x_{10}, \\ x_5 = 0 - x_6, \\ x_7 = 0,6 + x_6 - x_8 - x_9 - x_{10}, \end{cases} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} z &= \varepsilon_{\text{рес}} \cdot x_1 + \varepsilon_{\text{эк}} \cdot x_2 + \varepsilon_{\text{к}} \cdot x_4 = \\ &= \varepsilon_{\text{рес}} \cdot (0,7 + x_6 - x_{10} - x_8 - x_9) + \\ &+ \varepsilon_{\text{эк}} \cdot (0,1 + x_8) + 0,1 + x_9 + \varepsilon_{\text{к}} \cdot (0,1 + x_{10}) = \\ &= (0,7 \cdot \varepsilon_{\text{рес}} + 0,1 \cdot \varepsilon_{\text{эк}} + 0,1 + 0,1 \cdot \varepsilon_{\text{к}}) + \\ &+ \varepsilon_{\text{рес}} \cdot x_6 + (\varepsilon_{\text{эк}} - \varepsilon_{\text{рес}}) \cdot x_8 + (1 - \varepsilon_{\text{рес}}) \cdot x_9 + (\varepsilon_{\text{к}} - \varepsilon_{\text{рес}}) \cdot x_{10}. \end{aligned}$$

Результат

Оценка параметров, характеризующих устойчивое развитие железных дорог, позволила создать имитационную модель функционирования железных дорог.

Научная новизна и практическая значимость

Имитационная модель функционирования железных дорог содержит функции оптимизации распределения грузовой работы по станциям, расчета оптимального количества обслуживающих механизмов, а также оптимального распределения денежных средств по направлениям устойчивого развития, а также позволяет учесть недетерминированность параметров спроса на транспортные услуги.

На сегодняшний день перспективные направления развития подразделений железнодорожного транспорта, представленные руководством Укрзализныци на основании потребностей в коренном технологическом переоснащении материально-технической базы железных дорог в [7] и направления управления инновационной деятельностью подразделений железнодорожного транспорта в [8], в общих чертах согласуются между собой и содержат схожие позиции, а также в целом отвечают основным принципам концепции устойчивого развития. Программная реализация имитационной модели для Приднепровской железной дороги может являться базой для проведения экспериментальных исследований в области повышения эффективности функционирования

железних дорог за счет обеспечения его устойчивого развития.

Вывод

Предложенная методика оценки параметров характеризует повышение эффективности функционирования железных дорог с позиции устойчивого развития, т.е. три составляющие концепции устойчивого развития (экономическая, экологическая и социальная) рассматриваются сбалансировано.

Проведенные исследования могут способствовать формированию новой модели хозяйствования, соответствующей целям и принципам устойчивого развития.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Sustainable Development Strategy. Our vision and strategy: A railway fit for the future 2013 – 2024. Електронний ресурс – Режим доступу : http://www.google.com.ua/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&frm=1&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwiWweffu_zLAhUoIJoKHUI7BhQQFggpMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.networkrail.co.uk%2Fbrowse%2520documents%2Fstrategicbusinessplan%2Fcp5%2Fsupporting%2520documents%2Ftransforming%2520network%2520rail%2Fsustainable%2520development%2520strategy.pdf&usq=AFQjCNGHC4NHwm4pVpSxmNRxwRdKspLhOA&sig2=4AY4i7dniZW7FDo8or4Pvg&bvm=bv.118817766,d.bGs

2. Програма дій «Порядок денний на 21-ше століття» / пер. з англ.: ВГО «Україна. Порядок денний

О. І. ХАРЧЕНКО

ОЦІНКА ПАРАМЕТРІВ, ЯКІ ХАРАКТЕРИЗУЮТЬ СТАЛИЙ РОЗВИТОК ЗАЛІЗНИЦЬ

Мета. Метою даної статті є оцінка параметрів, які характеризують сталий розвиток залізниць. **Методика.** На підставі структури залізниць з позиції матеріально-технічної бази для обслуговування вантажопотока, характеристик попиту на транспортне обслуговування, а також з урахуванням характеристик існуючої транспортної мережі проводиться обґрунтування чисельних значень ряду техніко-експлуатаційних та техніко-економічних показників, які характеризують раціональний з позиції сталого розвитку варіант функціонування залізниць. **Результати.** Оцінка параметрів, які характеризують сталий розвиток залізниць, дозволила розробити імітаційну модель функціонування залізниць. **Наукова новизна.** Імітаційна модель функціонування залізниць містить функції оптимізації розподілу вантажної роботи по станціям, розрахунку оптимальної кількості обслуговуючих механізмів, а також оптимального розподілу грошових коштів за напрямками сталого розвитку, а також дозволяє врахувати недетермінованість параметрів попиту на транспортні послуги. **Практична значимість.** Програмна реалізація імітаційної моделі може бути базою для проведення експериментальних досліджень в області підвищення ефективності функціонування залізниць за рахунок забезпечення його сталого розвитку.

Ключові слова: залізничний транспорт; підвищення ефективності; функціонування залізничного транспорту; сталий розвиток; складні системи; залізниці

на 21-ше століття». – Київ : Інтелсфера, 2000. – 360 с.

3. Інструкція з руху поїздів і маневрової роботи на залізницях України : затв. : Наказ Міністерства транспорту та зв'язку України 31.08.2005 р. № 507. – Київ : ТОВ «Імпрес», 2005. – 462 с.

4. Швець, П. А. Проблеми та пріоритети розвитку залізничного транспорту України / П. А. Швець // Проблеми економіки і управління на залізничному транспорті: матер. IX междунар. науч.-практ. конф. – Київ : ЭКУЖТ, 2014. – С. 90-92.

5. Харченко, О. І. Визначення оптимального розподілу капіталовкладень для забезпечення сталого розвитку залізниць / О. І. Харченко // Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. акад. В. Лазаряна. – 2015. – № 2 (56). – С. 52-59. Doi : <http://dx.doi.org/10.15802/stp2015/42163>

6. Домнин, Л. М. Элементы теории графов / Л. М. Домнин. – Пенза: Изд-во Пензенского гос. ун-та, 2007. – 144 с.

7. Офіційний сайт Укрзалізниці [Електронний ресурс] / Режим доступу: http://www.uz.gov.ua/press_center/latest_news/archive/main_2011/242866/ – Загл. с екрана.

8. Сташишен, М. Проблеми управління інноваційним розвитком залізничного транспорту України [Електронний ресурс] / М. Сташишен, О. Ярмоліцька. – Режим доступу: <http://gisap.eu/gu/node/243>. – Загл. с екрана.

Стаття рекомендована к публікації д.т.н., проф. Босовим А. А. (Україна)

Поступила в редколлегию 27.04.2016.

Принята к печати 29.04.2016.

ESTIMATING PARAMETERS CHARACTERIZING SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF RAILWAYS

Purpose. The purpose of this paper is to estimate the parameters that characterize the sustainable development of the railways. **Methodology.** On the basis of railway structures from the standpoint of material and technical base for service traffic, the characteristics of demand for transport services, as well as taking into account the characteristics of the existing transport network we justify the numerical values of a number of technical and operational and technical-economic indicators that characterize the rational from the standpoint of sustainable development functioning version of the functioning of the railways. **Findings.** Estimation of the parameters that characterize the sustainable development of railways, allowed to create a simulation model of the functioning of the railways. **Originality.** The simulation model of the functioning of railways contains functions to optimize the distribution of freight operations on stations calculate the optimum number of service mechanisms, and optimal allocation of funds in areas of sustainable development, and also allows you to take into account the parameters of indeterminacy in demand for transport services. **Practical value.** Software implementation of a simulation model for the railway is a base for experimental research in the field to enhance the functioning of railways by ensuring its sustainable development.

Keywords: railway transport; increase of efficiency; functioning of railway transport; sustainable development; difficult systems.