

7. SP 32-104-98. Proektirovanie zemlyanogo polotna zheleznykh dorog kolei 1520 mm [SP 32-104-98. Design of the subgrade of 1520 mm gauge railways]. Moscow: Gosstroi Rossii Publ., GUP TsP Publ., 1999. 91 p.
8. SP 238.1326000.2015. Zheleznodorozhnyi put' [SP 238.1326000.2015. Railway track]. Moscow, 2015. 71 p.
9. TsP-544. Instruksiya po soderzhaniyu zemlyanogo polotna zheleznodorozhnogo puti [TsP-544. Instructions for the maintenance of the railway track roadbed]. Moscow, 1998. 189 p.
10. SP 116.13330.2012. Inzhenernaya zashchita territorii, zdaniy i sooruzhenii ot opasnykh geologicheskikh protsessov. Osnovnye polozheniya [SP 116.13330.2012. Engineering protection of territories, buildings and structures from dangerous geological processes. The main provisions]. Moscow: Minregion Rossii Publ., 2012.
11. SP 14.13330.2018. Stroitel'stvo v seismicheskikh rayonakh [SP 14.13330.2018. Construction in seismic areas]. Moscow: Standartinform Publ., 2018. 115 p.
12. SP 268.1325800.2016. Transportnye sooruzheniya v seismicheskikh rayonakh. Pravila proektirovaniya [SP 268.1325800.2016. Transport facilities in seismic regions. Design rules]. Moscow, 2016. 107 p.
13. SP 269.1325800.2016. Transportnye sooruzheniya v seismicheskikh rayonakh. Pravila utochneniya iskhodnoi seismichnosti i seismicheskogo mikrorayonirovaniya [SP 269.1325800.2016. Transport structures in seismic zones. Rules for initial seismicity detailing and seismic microzoning]. Moscow, 2016. 77 p.
14. Gal'perin A.M. Geologia: Ch. IV. Inzhenernaya geologiya [Geology: Part IV. Engineering geology]. Vologda: Infra-Inzheneriya Publ., 2011. 559 p.
15. Koronovskii N.V., Yasamanov N.A. Geologia [Geology]. Moscow: Akademia Publ., 2011. 448 p.
16. Nikolaev N.I. Noveishaya tektonika i geodinamika litosfery [The latest tectonics and geodynamics of the lithosphere]. Moscow: Nedra Publ., 1988. 491 p.
17. Tsytoich N.A., Ter-Martirosyan Z.G. Osnovy prikladnoi geomekhaniki v stroitel'stve [Fundamentals of applied geomechanics in construction]. Moscow: Vysshaya shkola Publ., 1981. 317 p.
18. Sherman S.I. Destruction of the lithosphere: Fault-block divisibility and its tectonophysical regularities. *Geodynamics & Tectonophysics*, 2012. No. 3 (4). Pp. 315–344. URL: <https://doi.org/10.5800/GT-2012-3-4-0077>.

#### Информация об авторах

**Быкова Наталья Михайловна** – канд. техн. наук, доцент, заведующий кафедрой строительства железных дорог, мостов и тоннелей, Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: nauka.transport@yandex.ru

**Исаев Семен Александрович** – аспирант кафедры строительства железных дорог, мостов и тоннелей, Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: semen.isaev.1995@mail.ru

#### Information about the authors

**Natal'ya M. Bykova** – Ph.D. in Engineering Science, Associate Professor, Head of the Subdepartment of Construction of Railways, Bridges and Tunnels, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: nauka.transport@yandex.ru

**Semen A. Isaev** – Ph.D. student of the Subdepartment of Construction of Railways, Bridges and Tunnels, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: semen.isaev.1995@mail.ru

DOI 10.26731/1813-9108.2020.4(68).127-134

УДК 625.7:004.942

## Моделирование сценариев повышения технического уровня и эксплуатационного состояния Новокузнецкой кольцевой автомобильной дороги, реализуемых на основе механизма государственно-частного партнерства

В. А. Буйвис<sup>1</sup>, А. В. Новичихин<sup>2</sup>✉

<sup>1</sup> Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Российская Федерация

<sup>2</sup> Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I,

г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

✉ novitchihin@bk.ru

#### Резюме

Транспортно-эксплуатационное состояние автомобильных дорог и уровень развития автодорожного комплекса не в полной мере отвечают современным требованиям региональной экономики, что существенно сдерживает социально-экономическое развитие. В работе определено состояние автодорожного комплекса Кемеровской области – Кузбасса. Вычленены основные причины несоответствия автомобильных дорог нормативным требованиям к транспортно-эксплуатационному состоянию и особенности функционирования современного автодорожного комплекса региона. Для решения задачи, повышения технического уровня и эксплуатационного состояния автомобильных дорог, в работе предлагается привлечение частных инвестиций в инфраструктурные проекты с помощью механизмов государственно-частного партнерства. Задача решена на примере объекта - Кольцевая автодорога города Новокузнецка (южный обход). Для решения задачи предложен дополнительный набор индикаторов для оценивания проектов государственно-частного партнерства в автодорожном комплексе. Разработаны сценарии повышения технического уровня и эксплуатационного

состояния Новокузнецкой кольцевой автомобильной дороги, реализуемые с применением механизма государственно-частного партнерства. Выполнено моделирование сценариев и решена задача предпочтительного выбора проектов повышения технического уровня и эксплуатационного состояния Новокузнецкой кольцевой автомобильной дороги из множества альтернативных мероприятий по пяти индикаторам методом иерархий. Рассмотренная в данной работе методика решения задачи выбора проектов государственно-частного партнерства при планировании распределения ресурсов в автодорожном комплексе, содержащая дополнительный инструментарий в виде набора индикаторов, позволяет использовать её для решения задачи выбора варианта проекта, максимально удовлетворяющего всем требованиям, заявленным заказчиком с учетом уровня инвестиционных возможностей.

#### Ключевые слова

распределение ресурсов, индикаторы, сценарии государственно-частного партнерства, автодорожный комплекс, выбор сценариев

#### Для цитирования

Буйвис В. А. Моделирование сценариев повышения технического уровня и эксплуатационного состояния Новокузнецкой кольцевой автомобильной дороги, реализуемых на основе механизма государственно-частного партнерства / В. А. Буйвис, А. В. Новичихин // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2020. – № 4 (68). – С. 127–134. – DOI: 10.26731/1813-9108.2020.4(68).127-134

#### Информация о статье

поступила в редакцию: 15.10.2020, поступила после рецензирования: 24.10.2020, принята к публикации: 15.11.2020

## Modeling scenarios for improving the technical level and operational status of the Novokuznetsk belt road implemented on the basis of the public-private partnership mechanism

V. A. Buivis<sup>1</sup>, A. V. Novichikhin<sup>2</sup>✉

<sup>1</sup> Siberian State Industrial University, Novokuznetsk, the Russian Federation

<sup>2</sup> Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University, St. Petersburg, the Russian Federation

✉ novitchihin@bk.ru

#### Abstract

The transport and operational condition of roads and the level of development of the road facilities do not fully meet the modern requirements of the regional economy, which significantly hinders socio-economic development. The work defines the state of the road facilities of the Kemerovo region – Kuzbass. It identifies the main reasons for the non-compliance of roads with the regulatory requirements for transport and operational conditions and the peculiar aspects of the functioning of the modern road facilities of the region. To solve the problem and to improve the technical level and operational condition of roads, the paper proposes to attract private investment in infrastructure projects through public-private partnership mechanisms. The problem was solved using the example of the object – the Novokuznetsk Belt Road (southern bypass). To solve the problem, an additional set of indicators for evaluating public-private partnership projects in the road complex is proposed. Scenarios, implemented using the public-private partnership mechanism, have been developed to improve the technical level and operational condition of the Novokuznetsk Belt Road. These scenarios were modeled, and the problem of preferential selection of projects for improvement of technical level and operational condition of the Novokuznetsk Belt Road from many alternative measures according to five indicators by the method of hierarchies was solved. The methodology for solving the problem of choosing public-private partnership projects, when planning the allocation of resources in the road facilities, contains additional tools in the form of a set of indicators and allows one to use it to solve the problem of choosing a project option that meets all the requirements declared by the customer taking into account the level of investment opportunities.

#### Keywords

allocation of resources, indicators, scripts, public-private partnerships, road facilities, choice of scenarios

#### For citation

Buivis V. A., Novichikhin A. V. Modelirovaniye stsenariyev povysheniya tekhnicheskogo urovnya i ekspluatatsionnogo sostoyaniya Novokuznetskoy kol'tsevoy avtomobil'noy dorogi, realizuyemykh na osnove mekhanizma gosudarstvenno-chastnogo partnerstva [Modeling scenarios for improving the technical level and operational status of the Novokuznetsk belt road implemented on the basis of the public-private partnership mechanism]. *Sovremennyye tekhnologii. Sistemnyi analiz. Modelirovaniye [Modern Technologies. System Analysis. Modeling]*, 2020, No. 4 (68), pp. 127–134. – DOI: 10.26731/1813-9108.2020.4(68).127-134

#### Article Info

Received: 15.10.2020, Revised: 24.10.2020, Accepted: 15.11.2020

**Введение**

Состояние автодорожного комплекса не в полной мере отвечает современным требованиям региональной экономики, социально-экономическое развитие существенно сдерживается состоянием и уровнем развития автомобильных дорог. Ускоренные темпы развития автомобилизации (увеличение осевых нагрузок, рост автомобильного парка) обострили проблему повышения технического уровня и эксплуатационного состояния дорог [1-4]. По состоянию на сентябрь 2020 года доля протяженности дорожной сети, соответствующей нормативным требованиям к транспортно-эксплуатационному состоянию составляет 43,53 %. Финансирование автодорожного хозяйства в Кемеровской области - Кузбассе осуществляется за счет реализации программ дорожной деятельности (региональных проектов) в отношении автомобильных дорог. В результате к 2024 году долю дорог, соответствующих нормативным требованиям планируется повысить не менее чем до 50,6 % [3-6]. Наличие единственного источника финансирования приводит к нарушению графика восстановления фонда автомобильных дорог. Одним из инструментов, позволяющим увеличить объемы финансирования и тем самым сократить нарушения графиков работ, является механизм привлечения частных инвестиций в инфраструктурные проекты с помощью механизмов государственно-частного партнерства (ГЧП) [7]. По итогам 2019 года Кемеровская область-Кузбасс из 85 регионов Российской Федерации занимает 19 место по объему инвестиций, привлеченных заключением соглашений на реализацию проектов с применением механизмов ГЧП. В Кемеровской области - Кузбассе заключено 77 соглашений ГЧП с общим объемом инвестиций более 17 млрд. рублей, 76 проектов реализуются в сфере ЖКХ. Единственным проектом с применением механизма ГЧП, реализация которого предполагалась в автодорожном комплексе Кемеровской области-Кузбассе, является строительство автомобильной дороги между кузбасским моногородом Тайга и Томском. Существующая ситуация во многом образована снижением рентабельности инфраструктурных проектов в автодорожном комплексе [8, 9], причинами которого являются [10-12]:

- нерегулярность процессов во внешней среде (неравномерность объемов перевозок, вызванная падением и ростом потребности потребителей и т.д.), и во внутренней среде автодорожного комплекса (нарушение графика выполнения технологического процесса, вызванная статистической неопределенностью продолжительности отдельных технологических операций;
- неполнота или отсутствие информации, её неточность и недостоверность о состоянии внешней среды и протекающих внутренних процессах;

- нарушение графика выделения инвестиций;
- наличие большого числа случайных факторов и процессов транспортного производства (погодные условия, выход из строя элементов автодорожного комплекса т. д.).

Таким образом, решение задачи привлечения частных инвестиций в проекты модернизации и расширения инфраструктуры автодорожного комплекса является актуальным и значимым. Задачу предполагается решить на примере объекта 32ОПРЗК-178 - Кольцевая автодорога города Новокузнецка (НКАД, южный обход). Объект является автомобильной дорогой межмуниципального значения и имеет следующие характеристики [3]: протяженность – 49,6 км, количество мостов – 8 ед. / 0,78 км, количество труб – 47 ед. / 1,60 пкм, протяженность участков, соответствующих нормативным требованиям – 24,60 км (0-4 км и 29-49,6 км), интенсивность движения – 7848 авт./сут.

**Разработка сценариев повышения технического уровня и эксплуатационного состояния Новокузнецкой автомобильной дороги, реализуемых с применением механизма государственно-частного партнерства**

Для получения оценок состояния системы распределения ресурсов при реализации сценариев повышения технического уровня и эксплуатационного состояния НКАД по методике, предложенной в [13] определены значения индикаторов автодорожного комплекса на период с 2020 по 2035 гг. [14]:

- инфраструктурный индикатор  $Ind_1$ , характеризующий протяженность участков транспортных коммуникаций, на которых имеются ограничения провозной способности из-за несоответствия нормативным требованиям;
- индикатор транспортной работы  $Ind_2$  характеризует объем перевозок следующий по резервным маршрутам вследствие неудовлетворения нормативным требованиям автомобильных дорог, по которым проложены основные маршруты, транспортно-эксплуатационным показателям;
- эксплуатационный индикатор  $Ind_3$ , характеризующий величину отправок, доставленных автомобильным транспортом в сроки, превышающие нормативный (договорной) срок;
- социальный индикатор  $Ind_4$  характеризует величину дополнительного времени нахождения населения в пути из-за несоответствия автомобильных дорог нормативным требованиям;
- экономический индикатор  $Ind_5$  характеризует эффективность инвестиций, направленных в систему автодорожного комплекса, в качестве индикатора предлагается использовать чистый дисконтированный доход.

Оценивание производилось для трех типов сценариев, реализуемых с применением механизма государственно-частного партнерства.

Мероприятия, реализуемые в рамках рассматриваемых сценариев, предполагают более низкую себестоимость пробега автомобилей по НКАД по сравнению с объездными маршрутами. Возврата инвестиций предусматривается за счет взимания платы с пользователей и преференций, предоставляемых частному партнеру в сфере налогообложения и при проведении закупок.

Оптимистичные сценарии предполагают:

– альтернативное мероприятие 1 (ОСАМ<sub>1</sub>): с частным партнером заключается *концессионное соглашение*. В рамках концессионного соглашения частный партнер осуществляет реконструкцию дороги с целью организации движения транспортных средств, имеющих осевую нагрузку 11,5 т/ось и последующую эксплуатацию. Объем инвестиций включает: капитальные вложения на укрепление конструктивных элементов дороги и искусственных сооружений (267 млн. руб.), единовременные затраты на организацию платного проезда – КПП для сбора платы за проезд и взвешивания транспортных средств, ограждающие устройства и т. д. (55 млн. руб.), установку устройств видео фиксации нарушений ПДД (6,1 млн. руб.), устройство дополнительных полос на подъемах и улавливающих тупиков (7,4 млн. руб.). Ежегодные затраты включают: капитальный ремонт (3,5 млн. руб./км через 6 лет), текущее содержание (0,75 млн. руб./км), текущее содержание на организацию платного проезда (5,5 млн. руб.). Возврат инвестиций и окупаемость проекта предусмотрены за счет взимания платы за проезд и получения платы за видеофиксацию случаев нарушения ПДД. Ожидаемый платежеспособный спрос на проезд – 18000 авт./сут. (увеличение интенсивности движения предполагается за счет строительства и ввода в эксплуатацию автодорог Новокузнецк - Абакан и из Новоильинского района).

– альтернативное мероприятие 2 (ОСАМ<sub>2</sub>): второе альтернативное мероприятие оптимистического сценария отличается тем, что из-за отсутствия дороги Новокузнецк – Абакан ожидаемый платежеспособный спрос на проезд составит – 15000 авт./сут. (увеличение интенсивности движения предполагается только за счет строительства и ввода в эксплуатацию автодороги из Новоильинского района). Следовательно, в рамках концессионного соглашения частному партнеру нет необходимости реконструкции дороги с целью организации движения транспортных средств, имеющих осевую нагрузку 11,5 т/ось. Таким образом, в рамках ОСАМ<sub>2</sub> частный партнер выполняет реконструкцию объекта только с целью увеличения его пропускной способности и последующую эксплуатацию. Объем инвестиций включает: капитальные вложения (196,3 млн. руб.),

единовременные затраты на организацию платного проезда – КПП для сбора платы за проезд и взвешивания транспортных средств, ограждающие устройства и т. д. (55 млн. руб.), установку устройств видео фиксации нарушений ПДД (6,1 млн. руб.), устройство дополнительных полос на подъемах и улавливающих тупиков (7,4 млн. руб.). Ежегодные затраты включают: капитальный ремонт (2,9 млн. руб./км через 6 лет), текущее содержание (0,69 млн. руб./км), текущее содержание на организацию платного проезда (5,5 млн. руб.). Возврат инвестиций и окупаемость проекта предусмотрены за счет взимания платы за проезд и получения платы за видеофиксацию случаев нарушения ПДД.

– альтернативное мероприятие 3 (ОСАМ<sub>3</sub>): в третьем альтернативном мероприятии оптимистического сценария ожидаемый платежеспособный спрос на проезд составит – 13000 авт./сут. (рост интенсивности движения предполагается за счет увеличения населения и производства Новокузнецкой агломерации в соответствии со Стратегией социально-экономического развития Кемеровской области до 2035 года [2]). Таким образом, в рамках концессионного соглашения частный партнер выполняет реконструкцию объекта только с целью увеличения его пропускной способности и последующую эксплуатацию. Объем инвестиций включает: капитальные вложения (173,1 млн. руб.), единовременные затраты на организацию платного проезда – КПП для сбора платы за проезд и взвешивания транспортных средств, ограждающие устройства и т. д. (55 млн. руб.), установку устройств видео фиксации нарушений ПДД (6,1 млн. руб.), устройство дополнительных полос на подъемах и улавливающих тупиков (7,4 млн. руб.). Ежегодные затраты включают: капитальный ремонт (2,1 млн. руб./км через 6 лет), текущее содержание (0,61 млн. руб./км), текущее содержание на организацию платного проезда (5,5 млн. руб.). Возврат инвестиций и окупаемость проекта предусмотрены за счет взимания платы за проезд и получения платы за видеофиксацию случаев нарушения ПДД.

Умеренные сценарии предполагают:

– альтернативное мероприятие 1 (УСАМ<sub>1</sub>): первое альтернативное мероприятия умеренного сценария предполагает рост ожидаемого платежеспособного спроса на проезд до – 10500 авт./сут. (в соответствии с целевым сценарием Стратегии социально-экономического развития Кемеровской области до 2035 года [2]). Таким образом, в рамках УСАМ<sub>1</sub> с частным партнером заключается контракт жизненного цикла по которому выполняет проект реконструкции и реконструкцию и последующую эксплуатацию объекта. Объем инвестиций включает: капитальные вложения (157,2 млн. руб.), единовременные затраты на организацию платного проезда – КПП для сбора платы за проезд и взвешивания

транспортных средств, ограждающие устройства и т. д. (55 млн. руб.), установку устройств видео фиксации нарушений ПДД (6,1 млн. руб.), устройство дополнительных полос на подъемах и улавливающих тупиков (7,4 млн. руб.). Ежегодные затраты

включают: капитальный ремонт (1,8 млн. руб./км через 6 лет), текущее содержание (0,56 млн. руб./км), текущее содержание на организацию платного проезда (5,5 млн. руб.). Возврат инвестиций и окупаемость проекта предусмотрены за счет взима-

**Таблица 1.** Ранжирование сценариев повышения технического уровня и эксплуатационного состояния НКАД с применением механизмов ГЧП

**Table 1.** Ranking of scenarios for improving the technical level and operational condition of the Novokuznetsk Belt Road using public-private partnership mechanisms

Условное обозначение сценария	Ранг, показатели сценария
УСАМ <sub>1</sub>	Ранг – 1 Модель ГЧП - <i>контракт жизненного цикла</i> Вектор приоритета – 0,27454 Размер инвестиций – 225,7 млн. руб. Средний тариф за проезд – 24 руб. Ожидаемый платежеспособный спрос на проезд в 2035 году – не более 10500 авт./сут. Ежегодные затраты: 91,61 млн. руб./год Срок окупаемости – 8 лет
УСАМ <sub>2</sub>	Ранг – 2 Модель ГЧП - <i>контракт жизненного цикла</i> Вектор приоритета – 0,25932 Размер инвестиций – 219,9 млн. руб. Средний тариф за проезд – 25 руб. Ожидаемый платежеспособный спрос на проезд в 2035 году – не более 9500 авт./сут. Ежегодные затраты: 84,79 млн. руб./год Срок окупаемости – 8 лет
ОСАМ <sub>1</sub>	Ранг – 3 Модель ГЧП - <i>концессионное соглашение</i> Вектор приоритета – 0,19721 Размер инвестиций – 335,5 млн. руб. Средний тариф за проезд – 25,3 руб. Ожидаемый платежеспособный спрос на проезд в 2035 году – не более 18000 авт./сут. Ежегодные затраты: 166,22 млн. руб./год Срок окупаемости – 8 лет
ОСАМ <sub>2</sub>	Ранг – 4 Модель ГЧП - <i>концессионное соглашение</i> Вектор приоритета – 0,16498 Размер инвестиций – 264,8 млн. руб. Средний тариф за проезд – 25,8 руб. Ожидаемый платежеспособный спрос на проезд в 2035 году – не более 15000 авт./сут. Ежегодные затраты: 141,26 млн. руб./год Срок окупаемости – 8 лет
ОСАМ <sub>3</sub>	Ранг – 5 Модель ГЧП - <i>концессионное соглашение</i> Вектор приоритета – 0,12196 Размер инвестиций – 241,6 млн. руб. Средний тариф за проезд – 30,1 руб. Ожидаемый платежеспособный спрос на проезд в 2035 году – не более 13000 авт./сут. Ежегодные затраты: 142,82 млн. руб./год Срок окупаемости – 8 лет
ПСАМ	Ранг – 6 Модель ГЧП – <i>операторский контракт</i> Вектор приоритета – 0,09809 Размер инвестиций – 6,1 млн. руб. Ожидаемый платежеспособный спрос на проезд в 2035 году – не более 8500 авт./сут. Ежегодные затраты: 39,96 млн. руб./год Срок окупаемости – 8 лет

ния платы за проезд и получения платы за видеофиксацию случаев нарушения ПДД.

– альтернативное мероприятие 2 (УСАМ<sub>2</sub>): второе альтернативное мероприятия умеренного сценария предполагает рост ожидаемого платежеспособного спроса на проезд до – 9500 авт./сут. Таким образом, в рамках УСАМ<sub>2</sub> по контракту жизненного цикла частный партнер выполняет проект реконструкции и реконструкцию объекта, и последующую эксплуатацию. Объем инвестиций включает: капитальные вложения (151,4 млн. руб.), единовременные затраты на организацию платного проезда – КПП для сбора платы за проезд и взвешивания транспортных средств, ограждающие устройства и т. д. (55 млн. руб.), установку устройств видео фиксации нарушений ПДД (6,1 млн. руб.), устройство дополнительных полос на подъемах и улавливающих тупиков (7,4 млн. руб.). Ежегодные затраты включают: капитальный ремонт (1,76 млн. руб./км через 6 лет), текущее содержание (0,48 млн. руб./км), текущее содержание на организацию платного проезда (5,5 млн. руб.). Возврат инвестиций и окупаемость проекта предусмотрены за счет взимания платы за проезд и получения платы за видеофиксацию случаев нарушения ПДД.

Пессимистичный сценарий предполагает единственное альтернативное мероприятие (ПСАМ). Публичный партнер выполняет проект реконструкции и реконструкцию объекта. Последующая эксплуатация в рамках операторского контракта производится частным партнером. Объем инвестиций включает: установку устройств видео фиксации нарушений ПДД (6,1 млн. руб.). Ежегодные затраты включают: капитальный ремонт (1,2 млн. руб./км через 6 лет), текущее содержание (0,28 млн. руб./км), текущее содержание на организацию платного проезда (5,5 млн. руб.). Предполагаемый рост ожидаемого платежеспособного спроса на проезд до – 8500 авт./сут. Возврат инвестиций и окупаемость проекта предусмотрены за счет получения платы за видеофиксацию случаев нарушения ПДД и льготного налогообложения частного партнера.

### **Результаты моделирования сценариев повышения технического уровня и эксплуатационного состояния Новокузнецкой автомобильной дороги, реализуемых с применением механизма государственно-частного партнерства**

Задачу выбора оптимальных сценариев повышения технического уровня и эксплуатационного состояния НКАД, реализуемых с применением механизма государственно-частного партнерства из множества альтернативных мероприятий по пяти индикаторам предлагается решать методом иерархий [15, 16]. Методика решения, рассмотренная в [17, 18], заключается в достижении максимальной удовлетворенности заказчика посредством ранжирования и выбора сценариев повышения технического уровня и эксплуатационного состояния НКАД по наибольшему приоритету эффективности.

Результаты моделирования сценариев повышения технического уровня и эксплуатационного состояния НКАД с применением механизмов ГЧП на основе программного комплекса, разработанного в среде SMath Studio, представлены в табл. 1.

Таким образом, решение задачи выбора сценария повышения технического уровня и эксплуатационного состояния НКАД с применением механизмов ГЧП планируется за счет реализации сценария – УСАМ1, имеющего наивысший ранг. По нему финансирование проведения работ по проектированию, строительству, текущему содержанию и ремонту дорожного объекта осуществляет частный партнер за счет собственных или заемных средств по заключенному с публичным партнером жизненного цикла.

### **Заключение**

Реализация сценария УСАМ1 обеспечит: транспортные издержек; перепробега автомобильного транспорта; количества и величины потерь от дорожно-транспортных происшествий; снижение отрицательного воздействия транспортно-дорожного комплекса на окружающую среду; повышение скоростей движения; улучшение качества и перевозок грузов и пассажиров автомобильным транспортом.

### **Список литературы**

1. Об утверждении Транспортной стратегии Российской Федерации на период до 2030 года. : распоряжение Правительства Рос. Федерации № 1734-р от 22 нояб. 2008. URL: <http://docs.cntd.ru/document/902132678> (дата обращения: 18.10.2020).
2. Об утверждении Стратегии социально-экономического развития Кемеровской области до 2035 года : закон Кемеров. обл. № 12-ОЗ от 26 дек. 2018. URL: <http://docs.cntd.ru/document/550305101> (дата обращения: 18.10.2020).
3. О федеральной целевой программе «Повышение безопасности дорожного движения в 2013–2020 годах : постановление Правительства РФ № 864 от 3 окт. 2013 г. URL: <http://base.garant.ru/70467076/> (дата обращения: 18.10.2020).
4. Безопасность на дорогах. Годовой отчет по аварийности. URL: <http://kuzdor.ru/> дата обращения (дата обращения: 18.10.2020).
5. Программа комплексного развития транспортной инфраструктуры Новокузнецкой агломерации. URL: <http://bkd.rosdomii.ru/agglomeration/novokuznetskaya/> (дата обращения: 18.10.2020).
6. Итоги БКАД в Новокузнецке за 2019 год. URL: [http://www.admnkz.info/web/guest/news/one/asset\\_publisher/JE0WkFMvNUcN/content/id/2684327/](http://www.admnkz.info/web/guest/news/one/asset_publisher/JE0WkFMvNUcN/content/id/2684327/) (дата обращения: 18.10.2020).

7. Buyvis V.A., A.V. Novichikhin Algorithm for the selection of public-private partnership projects for planning the resources allocation in road and transport infrastructure // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019. Vol. 377. 012028. DOI: 10.1088/1755-1315/377/1/012028.
8. Черкашина М.В. Автодорожное хозяйство России: перспективы развития и рыночная конъюнктура // Изв. Иркут. гос. эконом. Акад. 2015. Т. 6, № 1. DOI: 10.17150/2072-0904.2015.6(1).5.
9. Габдуллина, Э.И. Оценка эффективности ГЧП как механизма взаимодействия власти и бизнеса // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 2. С. 54–58.
10. Прокопович С.Ю. Государственно-частное партнерство в системе привлечения инвестиций как механизм реализации стратегии социально-экономического развития: аспект эффективности и рисков // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 3. С. 23–30.
11. Лаврентьев П.А., Солодкий А.И. Методика выбора проектов ГЧП при обслуживании и ремонте автомобильных дорог для внебюджетного финансирования. // Управление экономическими системами. 2015. № 11(83) URL: [http://uecs.ru/index.php?option=com\\_flexicontent&view=items&id=3790:2015-11-06-06-12-44](http://uecs.ru/index.php?option=com_flexicontent&view=items&id=3790:2015-11-06-06-12-44) (дата обращения 18.10.2020).
12. Об утверждении Методики оценки эффективности проекта государственно-частного партнерства, проекта муниципально-частного партнерства и определения их сравнительного преимущества : приказ Минэкономразвития России № 894 от 30 нояб. 2015 г. URL: <http://docs.cntd.ru/document/420321343> (дата обращения: 18.10.2020).
13. Буйвис В.А., Новичихин А.В. Методические особенности функционирования и распределения ресурсов автодорожного комплекса модели и сценарии // Транспортное планирование и моделирование : сб. тр. IV Междунар. науч.-практ. конф. СПбГА-СУ. СПб., 2019. С. 47–54.
14. Buyvis V.A., Novichikhin A.V., Temlyantsev M.V. Mathematical models of functioning and allocation indicators of road-transport complex resources in the fuel and raw materials region // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2017. Vol. 84. 012026. DOI: 10.1088/1755-1315/84/1/012026.
15. Захарова А.А. Математическое и программное обеспечение систем поддержки принятия стратегических решений на основе экспертных знаний: Томск: Изд-во Томск. политехн. ун-та, 2018. 206 с.
16. Саати Т. Л. Принятие решений. Метод анализа иерархий. М. : Радио и связь, 1989. 316 с.
17. Buyvis V.A. Models of functioning and resources allocation of road and transport infrastructure / V.A. Buyvis, A.V. Novichikhin, V.O. Kaledin // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2018. Vol. 206. 012036. DOI: 10.1088/1755-1315/206/1/012036.
18. Буйвис В.А., Юрьева Е.Н., Новичихин А.В. Моделирование сценариев распределения ресурсов автодорожного комплекса (в условиях города Новокузнецка) // Системы управления и информационные технологии. 2019. №4 (78). С. 65–69.

### References

1. Rasporyazhenie Pravitel'stva Rossiiskoi Federatsii «Ob utverzhdenii Transportnoi strategii Rossiiskoi Federatsii na period do 2030 goda N 1734-r ot 22 noyabrya 2008 g [Order of the Government of the Russian Federation "On Approval of the Transport Strategy of the Russian Federation for the Period up to 2030 N 1734-r dated November 22, 2008] [Electronic media]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/902132678> (Accessed: October 18, 2020)
2. Zakon Kemerovskoi oblasti «Ob utverzhdenii Strategii sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya Kemerovskoi oblasti do 2035 goda» № 12-OZ ot 26 dekabrya 2018 g. [The Law of the Kemerovo Region " On Approval of the Strategy of Socio-economic Development of the Kemerovo region until 2035 " No. 12-OZ dated December 26, 2018] [Electronic media]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/550305101> (Accessed: October 18, 2020)
3. Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 3 oktyabrya 2013 g. № 864 "O federal'noi tselevoi programme «Povyshenie bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya v 2013–2020 godakh» [Resolution of the Government of the Russian Federation No. 864 of October 3, 2013 "On the Federal target program "Improving Road safety in 2013-2020"] [Electronic media]. URL: <http://base.garant.ru/70467076/> (Accessed: October 18, 2020).
4. Bezopasnost' na dorogakh. Godovoi otchet po avariinosti [Road safety. Annual accident report] [Electronic media]. URL: <http://kuzdor.ru/> / date of application (Accessed: October 18, 2020).
5. Programma kompleksnogo razvitiya transportnoi infrastruktury Novokuznetskoi aglomeratsii [Program of integrated development of transport infrastructure of Novokuznetsk agglomeration] [Electronic media]. URL: <http://bkd.rosdornii.ru/agglomeration/novokuznetskaya/> (Accessed: October 18, 2020).
6. Itogi BKAD v Novokuznetske za 2019 god [The results of BCAD in Novokuznetsk for 2019] [Electronic media]. URL: [http://www.admnkz.info/web/guest/news/one/as-set\\_publisher/JE0WkMvNUCn/content/id/2684327/](http://www.admnkz.info/web/guest/news/one/as-set_publisher/JE0WkMvNUCn/content/id/2684327/) (Accessed: October 18, 2020).
7. Buyvis V. A., Novichikhin A. V. The algorithm for the selection of public-private partnership projects for planning the resources allocation in road and transport infrastructure [Electronic media]. // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2019. Vol. 377. 012028. DOI: 10.1088/1755-1315/377/1/012028
8. Cherkashina M. V. Avtodorozhnoe khozyaistvo Rossii: perspektivy razvitiya i rynochnaya kon'yunktura [Road economy of Russia: development prospects and market conditions] // Izvestiya Irkutskoi gosudarstvennoi ekonomicheskoi akademii (Baikal'skii gosudarstvennyi universitet ekonomiki i prava) [Proceedings of the Irkutsk State Academy of Economics (Baikal State University of Economics and Law)], 2015. Vol. 6, No. 1 [Electronic media]. URL: <http://eizvestia.isea.ru/reader/article.aspx?id=19955>. DOI: 10.17150/2072-0904.2015.6(1).5
9. Gabdullina E. I. Otsenka effektivnosti GChP kak mekhanizma vzaimodeistvii vlasti i biznesa [Evaluation of the effectiveness of PPP as a mechanism of interaction between government and business] *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern problems of science and education], 2012. No. 2. Pp. 54–58.
10. Prokopovich S. Yu. Gosudarstvenno-chastnoe partnerstvo v sisteme privlecheniya investitsii kak mekhanizm realizatsii strategii sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya: aspekt effektivnosti i riskov [Public-private partnership in the system of attracting

investments as a mechanism for implementing the strategy of socio-economic development: aspect of efficiency and risks] // *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern problems of science and education], 2013. No. 3. Pp. 23–30.

11. Lavrent'ev P. A., Solodkii A. I. Metodika vybora proektoy GChP pri obsluzhivanii i remonte avtomobil'nykh dorog dlya vnebyudzhnogo finansirovaniya [Methodology for selecting PPP projects in the maintenance and repair of highways for extra – budgetary financing] [Electronic media] // *Upravlenie ekonomicheskimi sistemami* [Management of economic systems], 2015. No. 11(83). URL: [http://uecs.ru/index.php?option=com\\_flexicontent&view=items&id=3790:2015-11-06-06-12-44](http://uecs.ru/index.php?option=com_flexicontent&view=items&id=3790:2015-11-06-06-12-44) (Accessed: October 18, 2020)

12. Prikaz Minekonomrazvitiya Rossii «Ob utverzhdenii Metodiki otsenki effektivnosti proekta gosudarstvenno-chastnogo partnerstva, proekta munitsipal'no-chastnogo partnerstva i opredeleniya ikh sravnitel'nogo preimushchestva» №894 ot 30 noyabrya 2015 g. [The Order of the Ministry of economic development of Russia "On approval of the Methodology for assessing the effectiveness of public-private partnership project of municipal-private partnership and determination of their comparative advantage" No. 894 dated November 30, 2015] [Electronic media]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/420321343> (Accessed: October 18, 2020)

13. Buivis V. A., Novichikhin A. V. Metodicheskie osobennosti funktsionirovaniya i raspredeleniya resursov avtodorozhnogo kompleksa modeli i stsenarii [Methodological features of functioning and allocation of resources road complex models and scenarios] // *Transportnoe planirovanie i modelirovanie : sb. tr. IV Mezhdunar. nauch.-prakt. konf.* [Traffic planning and modeling : Proc. of IV International scientific and pract. conf.] SpbGASU Publ., St. Petersburg, 2019, pp. 47–54.

14. Buivis V. A., Novichikhin A. V., Temlyantsev M. V. Mathematical models of functioning and allocation indicators of road-transport complex resources in the fuel and raw materials region. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2017. Vol. 84. 012026. DOI: 10.1088/1755-1315/84/1/012026.

15. Zakharova A. A. Matematicheskoe i programmnnoe obespechenie sistem podderzhki prinyatiya strategicheskikh reshenii na osnove ekspertnykh znaniy: monografiya [Mathematical and software support systems for strategic decision-making based on expert knowledge: a monograph]. Yurga Technological Institute. Tomsk: Tomsk Polytechnic University Publ., 2018, 206 p.

16. Saati T. L. Decision making with the analytic hierarchy process. London: McGraw-Hill, 1980 [Transl. from English. Russ. edition: Prinyatie reshenii. Metod analiza ierarkhii. Radio and Communications Publ., 1989. 316 p.].

17. Buivis V. A., Novichikhin A. V., Kaledin V. O. Models of functioning and resources allocation of road and transport infrastructure // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2018. Vol. 206. 012036. DOI: 10.1088/1755-1315/206/1/012036

18. Buivis V. A., Yur'eva E. N., Novichikhin A. V. Modelirovanie stsenariy raspredeleniya resursov avtodorozhnogo kompleksa (v usloviyakh goroda Novokuznetska) [Modeling of scenarios of distribution of resources road complex (in the city of Novokuznetsk)] // *Sistemy upravleniya i informatsionnye tekhnologii* [Control systems and information technology], No.4 (78), 2019. Pp. 65–69.

#### Информация об авторах

**Буйвис Виталий Александрович** – аспирант кафедры транспорта и логистики, Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, e-mail: [buyvis\\_va@mail.ru](mailto:buyvis_va@mail.ru)

**Новичихин Алексей Викторович** – д. т. н., доцент, профессор кафедры «Логистика и коммерческая работа», Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, г. Санкт-Петербург, e-mail: [novitchihin@bk.ru](mailto:novitchihin@bk.ru)

#### Information about the authors

**Vitalii A. Buivis** – Ph.D. student, the Subdepartment of Transport and Logistics, Siberian State Industrial University, Novokuznetsk, e-mail: [buyvis\\_va@mail.ru](mailto:buyvis_va@mail.ru)

**Aleksei V. Novichikhin** – Doctor of Engineering Science, Associate Professor, Professor of the Subdepartment of Logistics and Commercial Work, Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University, St. Petersburg, e-mail: [novitchihin@bk.ru](mailto:novitchihin@bk.ru)

DOI 10.26731/1813-9108.2020.4(68).134-141

УДК 656.259

## О способах компенсации влияния обратного тягового тока в устройствах железнодорожной автоматики

**А. В. Пультяков<sup>1</sup>**✉, **К. В. Менакер<sup>2</sup>**, **М. В. Востриков<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, Российская Федерация

<sup>2</sup> Забайкальский институт железнодорожного транспорта, г. Чита, Российская Федерация

✉ [pulyakov@irgups.ru](mailto:pulyakov@irgups.ru)

#### Резюме

В статье рассматриваются вопросы компенсации негативного влияния обратного тягового тока на работу устройств железнодорожной автоматики, в частности на работу электрических рельсовых цепей и автоматической локомотивной сигнализации. Выявляются причины появления асимметрии обратного тягового тока в рельсовых нитях, анализируются последствия ее влияния на работу устройств автоматики и исследуются пути решения указанной проблемы. Один из вариантов решения проблемы – доработка и модернизация приемных локомотивных устройств с целью обеспечения компенсации помех и улучшения качества фильтрации сигналов на входе приемной локомотивной аппаратуры. При наличии асимметрии обратного тягового тока в рельсовых нитях суммарный магнитный поток в сердечнике путевого