

*Н.А. Медведева*<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I

## ОБОСНОВАНИЕ РАЗМЕЩЕНИЯ ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ В МАЛООСВОЕННЫХ РАЙОНАХ

**Аннотация.** На территории нашей страны по сей день есть районы, и даже регионы со слабо развитой промышленностью, транспортной сетью, низкой плотностью и разрозненностью населения, удаленностью центров. На таких территориях, малоосвоенных районах, ограничена мобильность населения, имеются сложные условия для образования и здравоохранения, промышленности, территориальной безопасности, а имеющиеся там месторождения не могут получить развития из-за слабой транспортной доступности. Отсюда и необходимость в появлении сети дорог, в нашем случае сети железных дорог.

В статье приводится один из вариантов подбора и поиска начертания сети на территории малоосвоенного района за счёт многокритериальной оптимизации множества вариантов железной дороги методом идеальной точки. В таких районах при создании сети производится сравнение вариантов как перегонов, так и сетей по их характеристикам, отвечающим целям создания сети. По итогу находится наилучший вариант начертания сети, который будет отвечать требованиям оптимальности, которые зависят от выбранных характеристик. Для примеров сравнения сетей представлены: вариант, состоящий только из станции, соединяющей сеть с существующей линией, и основных узлов, которые обоснованы расположением на них какой-то работы (добыча полезных ископаемых, их переработка, хранение и т.д.), и вариант также с соединяющей станцией и дополнительными узлами, введенными для соединения новых станций, описанных выше, в одну сеть.

**Ключевые слова:** малоосвоенный район, железнодорожная сеть, топология сети железных дорог, многокритериальная оценка вариантов, формирование множества вариантов.

*N.A. Medvedeva*<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University

## JUSTIFICATION OF THE LOCATION OF THE TRANSPORT NETWORK IN UNDERDEVELOPED AREAS

**Abstract.** On the territory of our country to this day there are areas, and even regions with underdeveloped industry, a transport network, a low density and fragmentation of the population, remoteness of centers. In such territories, underdeveloped areas, the mobility of the population is limited, there are difficult conditions for education and healthcare, industry, territorial security, and the deposits available there cannot be developed due to poor transport accessibility. Hence the need for a network of roads, in our case, a network of railways.

The article presents one of the options for selecting and searching for the outline of a network on the territory of an underdeveloped area due to the multicriteria optimization of a set of railway options using the ideal point method. In such areas, when creating a network, a comparison is made of options for both hauls and networks according to their characteristics that meet the goals of creating a network. As a result, the best version of the network outline is found, which will meet the optimality requirements, which depend on the selected characteristics. For examples of comparing networks, the following are presented: an option consisting only of a station connecting the network to an existing line, and the main nodes, which are justified by the location of some kind of work on them (mining, processing, storage, etc.), and an option also with the connecting station and additional nodes introduced to connect the new stations described above into one network.

**Keywords:** underdeveloped area, railway network, topology of the railway network, multi-criteria evaluation of options, formation of a variety of options.

В условиях развития, в связи со стратегиями Российской Федерации – тема освоения территорий страны важная и необходимая для обеспечения безопасности, повышения уровня жизни, освоения месторождений и новых территорий [1]. Малоосвоенные районы, где есть месторождения, рекомендуется осваивать с помощью транспортных сетей, в данном случае железнодорожных сетей [2]. Железнодорожный транспорт имеет преимущество в грузовых перевозках нашей страны.

Выбор железнодорожного направления обычно обосновывается технико-экономическим обоснованием. Для строительства дороги всегда необходимы варианты, сравниваемые по их оптимальности, варианты должны соответствовать определенным требованиям, которые будут обеспечены за счет оптимального выбора дороги, ее характеристик. Подобную задачу решал Подвербный В.А. в своей статье для перегона [3]. Сети же подобным образом выбирала Шиварева Е.А. в своей кандидатской работе «Научные основы формирования и развития сети высокоскоростных железнодорожных сообщений» [4].

Территории малоосвоенных районов давно требуют [1] развития. Малоосвоенные районы – это районы, у которых очаговое развитие промышленности, слабое развитие транспортной сети или ее отсутствие, с небольшой плотностью населения. Самое большое количество территорий с низкой плотностью населения и малым процентом дорог на район находится в Дальневосточном и Сибирском федеральных округах. Например, плотности населения Республики Саха (Якутия), Камчатского края, Магаданской области, Чукотского автономного округа, Ямало-Ненецкий автономного округа не превышают одного человека на квадратный метр по отдельности. А также имеются территория, где полностью отсутствует эксплуатируемые железнодорожные линии общего пользования (Камчатский край, Магаданская область, Чукотский Автономный округ, Республика Алтай, Республика Тыва; на 2020 год) [5].

Авторы работы [6] считают, что формирование транспортной сети должно комплексно решать задачи освоения природных ресурсов, снабжение территория энергоресурсами и товарами, а также решать социально-экономические проблемы территорий. Также авторы проводят расчет критерия оптимальности для региональной мультимодальной транспортной сети.

Мы же рассмотрим только сеть железных дорог.

У каждой сети, равно как и у каждого перегона, есть свои характеристики, которые позволяют оценить её наивыгоднейшее положение, наилучшее обеспечение ожидаемых результатов при имеющихся ресурсах.

У сети железных дорог рассматриваемых районов в свою очередь должны быть заданные ей объемы перевозки, т.к. малоразвитые территории развиваются для целей как социально-экономического роста, так и для разведывания новых территорий, разработки очагов полезных ископаемых и т.д. [6, 7].

Известно, что начертание сети и ее перегоны должны соответствовать требованиям, поставленным перед ними. Для использования сети необходимо, чтобы все ее параметры стремились к наилучшему варианту. Но так как таких критериев достаточно много, а выбирать по контурному критерию нецелесообразно в отношении сети железных дорог, для выбора оптимальной топологии сети железных дорог используется многокритериальная оптимизация множества вариантов железной дороги методом идеальной точки.

Условиями возможности и допустимости вариантов (альтернатив) могут являться, например, параметры, определяющие геометрические, функциональные, временные, физические, структурные и другие свойства железнодорожной линии и ее отдельных элементов [8]. К геометрическим параметрам можно отнести руководящий уклон, длину железнодорожной линии, полезную длину приемоотправочных путей на отдельных пунктах.

Критерии перегонов, а впоследствии железнодорожных сетей имеют разную размерность. Часть из них должна стремиться к минимуму, часть к максимуму. Как было сказано выше, в работах [3, 4, 9] применяется многокритериальная оптимизация множества вариантов железной дороги методом идеальной точки.

Формулы нормализованных критериев:

– максимизируемые

$$r_j = \frac{R_j^+ - R_j}{R_j^+ - R_j^-}, \quad (1)$$

– минимизируемые

$$r_j = \frac{R_j - R_j^-}{R_j^+ - R_j^-}, \quad (2)$$

Максимальное значение каждого критерия обозначают  $R_j^+$ , а минимальное  $R_j^-$ . Критерии делят на две группы. К первой отнесем критерии  $R_j, j = 1 \dots s$ , которые желательно максимизировать (полезная длина приемоотправочных путей, масса поезда и т.д.); ко второй – критерии  $R_j, j = s+1 \dots m$ , которые желательно минимизировать (длина трассы, руководящий уклон и т.д.).

Для решения задачи в заданном пространстве критериев определяется обобщенный показатель – расстояние между идеальным и реальными вариантами

$$\rho = \sqrt{c_1 r_1^2 + c_2 r_2^2 + \dots + c_m r_m^2}, \quad (3)$$

где  $r_1, r_2, \dots, r_m$  – нормализованные частные критерии;  $c_1, c_2, \dots, c_m$  – весовые коэффициенты, учитывающие значимость каждого критерия в общей оценке варианта,

$$\sum_{j=1}^m c_j = 1, c_j > 0 \quad [8].$$

Далее из наилучших перегонов можно составлять множество перегонов, образующих сети. Сети в данном случае рассматриваются в нескольких конфигурациях: без дополнительных узлов и с дополнительными. На рисунках 1 и 2 римскими цифрами обозначены месторождения, ст. А – существующая станция, узлы а, б – дополнительные узлы, соединяющие новые станции.

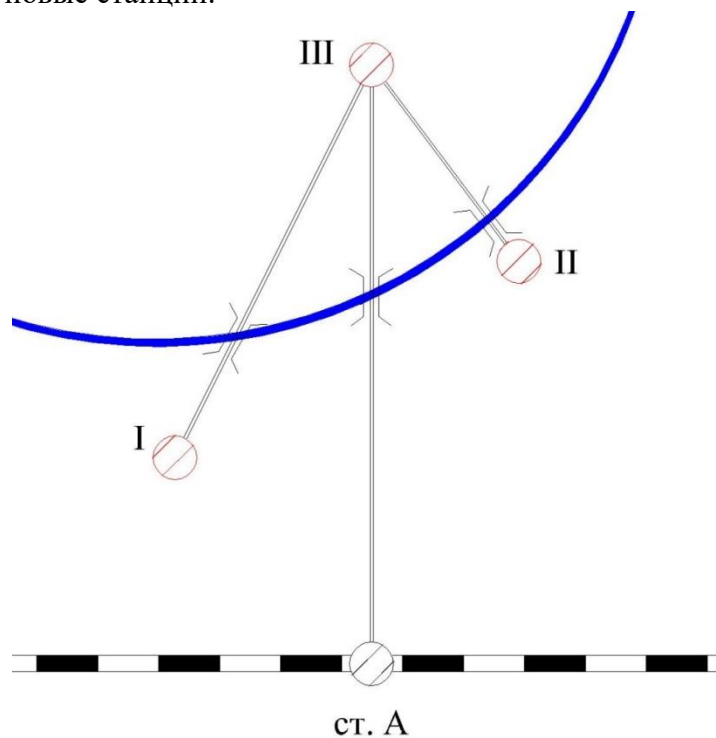


Рис. 1. Вариант сети без дополнительных узлов

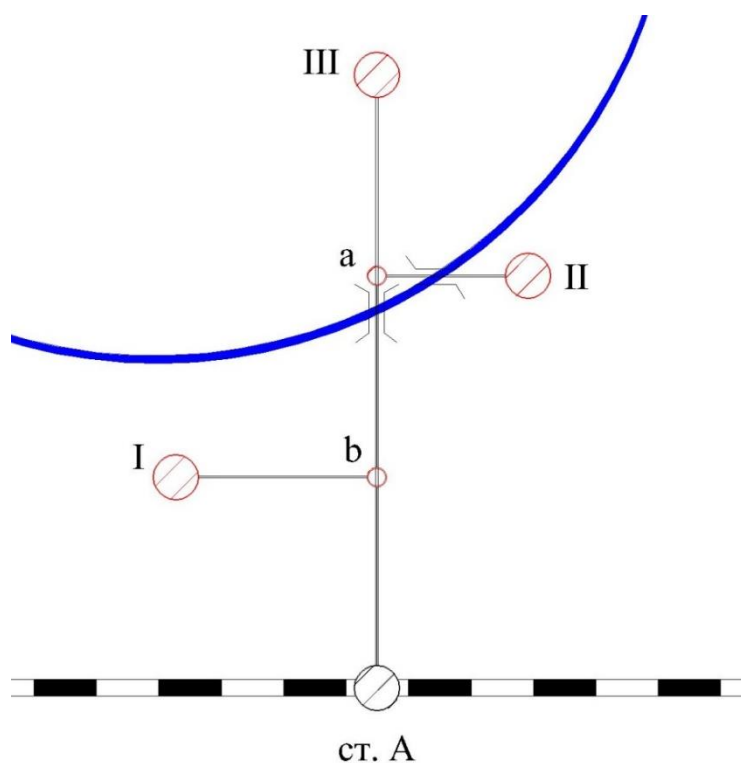


Рис. 2. Вариант сети с дополнительными узлами

В итоге мы получаем двухэтапный подбор сети, где сначала рассматриваются железнодорожные перегоны, а далее прогнозируемые сети, которые опишут район наилучшим вариантом развития сети.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Транспортная стратегия РФ на период до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года [Текст]: распоряжение Правительства РФ от 27 ноября 2021 г. №3363-р. – Москва, 2021. – 285 с.
2. Батунова Г.В., Коновалов А.М. Пространственное развитие малоосвоенных территорий России [Текст] / Батунова Г.В., Коновалов А.М. // Вестник РУДН №3. – М, 2016. - С. 7-23.
3. Перельгина А.А., Подвербный В.А. Принятие решения по выбору варианта трассы на горно-перевальном участке Восточно-Сибирской железной дороги [Текст] / Перельгина А.А., Подвербный В.А. // Вестник транспорта Поволжья №2 (86). – 2021. – С. 33-44.
4. Шиварева Е.А. Научные основы формирования и развития сети высокоскоростных железнодорожных сообщений [Текст]: автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. тех. наук (05.22.03) / Евгения Ароновна Шиварева. – Москва, 1993. – 23 с.
5. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2020: Р32 Стат. Сб. [Текст] / Росстат. – М., 2020. – 1242 с.
6. Нестерова Н.С., Едигарян А.Р., Гончарук С.М. Методика формирования региональной мультимодальной транспортной сети и её элементов [Текст] / Нестерова Н.С., Едигарян А.Р., Гончарук С.М. // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование №4 (40) – Иркутск., 2013. – С. 220-225.
7. Шварцфельд, В. С. Модель развития сети железных дорог в малоосвоенных районах / В. С. Шварцфельд, Н. А. Медведева // IV Бетанкуровский международный инженерный форум : электронный сборник трудов, Санкт-Петербург, 30 ноября – 02 2022 года / ответственные за выпуск: О.В. Гимазетдинова, М.С. Панова. – Санкт-Петербург: Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, 2022. – С. 402-404.

8. Копыленко В.А. Изыскания и проектирование железных дорог [Текст] / Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте, 2021. – 689 с.
9. Гавриленков А.В. Теоретические основы проектирования скоростных и высокоскоростных железнодорожных магистралей: монография [Текст]/ А.В. Гавриленков; Под науч. ред. С.М. Гончарука. – Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2004. – 213 с. - ISBN 5-262-00200-5.

## **REFERENCES**

1. Transport strategy of the Russian Federation for the period up to 2030 with a forecast for the period up to 2035 [Text]: Decree of the Government of the Russian Federation dated November 27, 2021 No. 3363-R. – Moscow, 2021. – 285 p.
2. Baturova G.V., Konovalov A.M. Spatial development of underdeveloped territories of Russia [Text] / Baturova G.V., Konovalov A.M. // Bulletin of RUDN No. 3. – M, 2016. - pp. 7-23.
3. Perelygina A.A., Podverbny V.A. Decision-making on the choice of the route option on the mountain-pass section of the East Siberian Railway [Text] / Perelygina A.A., Podverbny V.A. // Bulletin of Transport of the Volga region №2 (86). – 2021. – Pp. 33-44.
4. Shivareva E.A. Scientific fundamentals of the formation and development of a high-speed rail network [Text]: abstract. dis. on the job. learned. step. Candidate of Technical Sciences (05.22.03) / Evgeniya Aronovna Shivareva. – Moscow, 1993. – 23 p.
5. Regions of Russia. Socio-economic indicators. 2020: P32 Stat. Sat. [Text] / Rosstat. – M., 2020. – 1242 p.
6. Nesterova N.S., Yedigaryan A.R., Goncharuk S.M. Methodology for the formation of a regional multimodal transport network and its elements [Text] / Nesterova N.S., Yedigaryan A.R., Goncharuk S.M. // Modern technologies. System analysis. Modeling No. 4 (40) – Irkutsk., 2013. – pp. 220-225.
7. Shvartsfeld, V. S. A model for the development of a railway network in underdeveloped areas / V. S. Shvartsfeld, N. A. Medvedeva // IV Betancur International Engineering Forum: electronic collection of works, St. Petersburg, November 30 - 02, 2022 / responsible for the release: O.V. Gimazetdinova, M.S. Panov. - St. Petersburg: Emperor Alexander I Petersburg State University of Communications, 2022. - P. 402-404.
8. Kopylenko V.A. Research and design of railways [Text] / Educational and Methodological Center for Education in railway transport, 2021. - 689 p.
9. Gavrilentov A.V. Theoretical foundations of designing high-speed and high-speed railways: monograph [Text]/ A.V. Gavrilentov; Under the scientific editorship of S.M. Goncharuk. – Khabarovsk: Publishing House of DVGUPS, 2004. – 213 p. - ISBN 5-262-00200-5.

## **Информация об авторах**

Медведева Наталия Алексеевна – аспирант кафедры «Изыскания и проектирование железных дорог», Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, г. Санкт-Петербург, e-mail: natali171297@mail.ru

## **Information about the authors**

Natalia Alekseevna Medvedeva – Postgraduate student of the Department of Railway Research and Design, Saint Petersburg, e-mail: natali171297@mail.ru