



# Типизация проектов развития высокоскоростных железнодорожных магистралей



Сергей ВАКУЛЕНКО



Дмитрий РОМЕНСКИЙ



Кирилл КАЛИНИН

*Сергей Петрович Вакулenco*<sup>1</sup>, *Дмитрий Юрьевич Роменский*<sup>2</sup>, *Кирилл Антонович Калинин*<sup>3</sup>

<sup>1, 2, 3</sup> Российский университет транспорта (МИИТ), Москва, Россия.

✉ <sup>1</sup> [post-iiit@bk.ru](mailto:post-iiit@bk.ru).

✉ <sup>2</sup> [dimeromy@yandex.ru](mailto:dimeromy@yandex.ru).

✉ <sup>3</sup> [kalinin.k.a@mail.ru](mailto:kalinin.k.a@mail.ru).

<sup>1</sup> РИНЦ Author ID 284529, SPIN-код: 1039-5188

<sup>2</sup> ORCID 0000-0002-3693-5508, РИНЦ Author ID 748301, SPIN-код: 6636-1692,  
Web of Science Researcher ID AAS-8681-2021

## АННОТАЦИЯ

Возникающий запрос на улучшение потребительских параметров железнодорожных пассажирских перевозок приводит к необходимости сооружения специализированной железнодорожной инфраструктуры для пропускания пассажирских поездов со скоростями, на отдельных участках превышающими 250 км/ч. Высокая капиталоемкость проектов развития специализированной инфраструктуры накладывает значительные ограничения на сферу их применения и финансовой обоснованности. Географически детерминированное расположение городских агломераций в европейских и азиатских странах привело к образованию множества подходов к трассировке линий для высокоскоростных пассажирских перевозок.

Разрабатываемые в различных странах проекты развития специализированных высокоскоростных железнодорожных магистралей отличаются по своим техническим, технологическим и эксплуатационным характеристикам. Применение многообразных подходов привело к различной эффективности сформированного пассажирского сообщения, выраженной в спросе пассажиров на перевозку.

**Ключевые слова:** железнодорожный транспорт, пассажирские перевозки, скоростное движение, высокоскоростное движение, специализированная пассажирская магистраль.

В статье по итогам структурного анализа существующих проектов высокоскоростных перевозок выявлены общие закономерности их развития. По количеству возникающих эксплуатационных задач при пропуске поездов этапы развития сообщения были разделены на линейный, древовидный и сетевой. Так при переходе от линейной структуры высокоскоростной железнодорожной магистрали возникает дополнительная задача отклонения поездов от магистрального участка, а при переходе на сетевой уровень могут возникать параллельные линии между городскими агломерациями.

Для обобщения опыта эксплуатации высокоскоростных систем в мире в статье описан разработанный метод, позволяющий сравнивать различные проекты организации высокоскоростного сообщения между собой. Сравнение производится по основным характеристикам сообщения: времени в пути между отдельными пунктами на линии, обеспечиваемой скорости сообщения, общей протяженности линии. Выявление закономерностей, заложенных в различных проектах развития высокоскоростного сообщения, позволяет сопоставить технологические параметры этих линий, выявить сферу их рационального применения и зоны конкуренции с прочими видами магистрального транспорта.

**Для цитирования:** Вакулenco С. П., Роменский Д. Ю., Калинин К. А. Типизация проектов развития высокоскоростных железнодорожных магистралей // Мир транспорта. 2023. Т. 21. № 3 (106). С. 85–94. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2023-21-3-8>.

**Полный текст статьи на английском языке публикуется во второй части данного выпуска.  
The full text of the article in English is published in the second part of the issue.**

## ВВЕДЕНИЕ

Железнодорожные магистрали, специализированные для скоростных перевозок пассажиров, отличаются по своим эксплуатационным характеристикам от прочих видов железнодорожных перевозок [1; 2]. Для осуществления скоростного сообщения требуется сооружение новой инфраструктуры, отличающейся повышенным уровнем требований к профилю и конструкции верхнего строения пути, на котором пассажирские поезда смогут развивать маршрутную скорость сообщения между основными пунктами назначения выше 180 км/ч, что соответствует представлениям о современной пассажирской высокоскоростной, межрегиональной транспортной системе. Существующая инфраструктура не позволяет осуществлять пропуск пассажирских поездов в скоростном или высокоскоростном режиме из-за наличия инфраструктурных ограничений, таких как кривые малых радиусов. Мировая практика свидетельствует о следующих принципиальных способах организации высокоскоростного сообщения и его взаимодействия с существующей сетью железнодорожных перевозок:

- обособление сооружаемой инфраструктуры и образуемых маршрутов скоростных или высокоскоростных перевозок от остальной сети железных дорог по причине необходимости физической изоляции железнодорожных линий, которые обладают различной допустимой осевой нагрузкой и различной шириной колеи, а также линий с различной принадлежностью инфраструктуры [3]. Примеры процесса обособления сети высокоскоростных линий от прочих железнодорожных участков можно наблюдать в Японии и Саудовской Аравии [4];

- создание выделенной инфраструктуры скоростных пассажирских перевозок с наличием съездов на существующую не скоростную железнодорожную инфраструктуру, при последовательной модернизации этих линий [5; 6];

- включение вновь создаваемых участков скоростных и высокоскоростных пассажирских перевозок в единую маршрутную сеть с существующими линиями при обеспечении возможности съездов высокоскоростного подвижного состава на

участки, не предназначенные для скоростного движения. Примером реализации таких решений являются сети Франции и Германии.

Во всех случаях создание концепций и планов формирования сети маршрутов высокоскоростных перевозок основывается на топологии и опыте функционирования имеющейся магистральной сети. Как следствие, различаются масштабы и объёмы инвестиций в создание и совершенствование высокоскоростной железнодорожной инфраструктуры [7].

При развитии железнодорожной инфраструктуры основных грузо- и пассажиронапряжённых железнодорожных магистралей в России возник вопрос специализации ходов с выделением специализированной инфраструктуры для скоростного пропуска пассажирских поездов<sup>1</sup> [8]. Формирование маршрутной сети обращения пассажирских поездов в дальнем сообщении требует непрерывного совершенствования методологических подходов и технических средств обеспечения движения, а конечной целью формирования каркаса высокоскоростных железных дорог является удовлетворение спроса на межрегиональные перевозки пассажиров, с обеспечением уровня качества, позволяющего эффективно конкурировать с прочими видами магистрального транспорта [9; 10].

Анализ проектов развития специализированной пассажирской инфраструктуры в мире позволяет, как нами уже отмечалось в более ранних публикациях, выявить определённую закономерность этапного развития высокоскоростных железнодорожных магистралей (ВСЖМ) от единичных реконструированных участков до разветвлённой сети, охватывающей все основные агломерации, генерирующие пассажиропоток [3].

*Целью* данной статьи, отражающей развитие исследования типизации высокоскоростных железных дорог, является уточнение ранее выявленных этапов применительно к реализации проектов разви-

<sup>1</sup> Вакуленко С. П., Куликова Е. Б., Мадяр О. Н. Пассажирские перевозки на железнодорожном транспорте. Организация перевозок пассажиров в крупных транспортных узлах при назначении дополнительных остановок пассажирским поездам: Учебное пособие / Под ред. С. П. Вакуленко. – М.: Российский университет транспорта, 2021. – 148 с. ISBN 978-5-7876-0395-8.

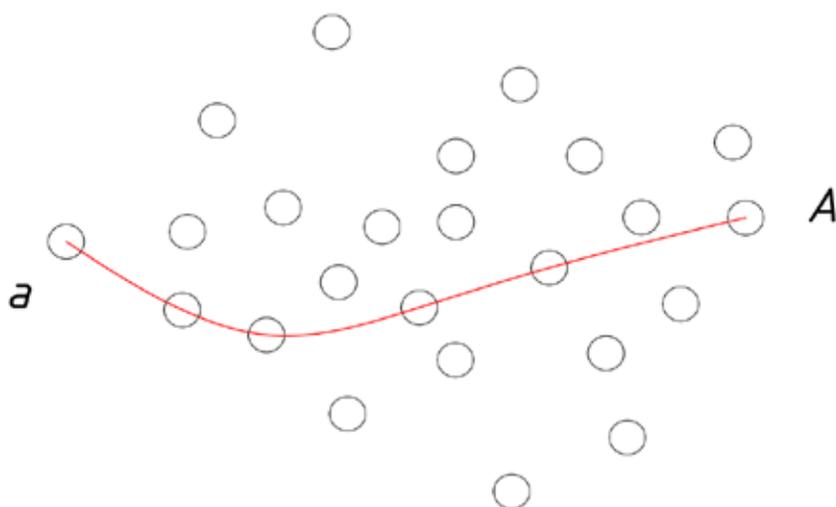


Рис. 1. Линейная структура развития ВСЖМ [3], выполнено авторами.

тия и дальнейшая разработка метода их сравнения с выделением основных характеристик.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Рассмотрим этапы эволюционного развития ВСЖМ более подробно.

В качестве первого этапа развития ВСЖМ классифицируется этап *развития линейной инфраструктуры* [3]. На этом этапе происходит выделение направления или участка с наибольшим перспективным спросом на скоростные и высокоскоростные перевозки, происходит сооружение выделенного магистрального участка ВСЖМ или значительная модернизация существующей инфраструктуры. Этот участок, как правило, решает задачу высокоскоростной связанности столицы страны, крупнейшего мегаполиса с другой из имеющихся крупных городских агломераций.

Приведём разработанное схематическое изображение линейной топологии ВСЖМ (рис. 1), которая демонстрирует магистральный участок, связывающий начальную (а) и конечную (А) точку, промежуточно проходя через образующее упорядоченное множество определённое количество населённых пунктов. Это требует модернизации путевого развития всех находящихся на маршруте ВСЖМ пассажирских станций, конечных и промежуточных, для обращения высокоскоростных пассажирских поездов в зависимости от интенсивности пассажирской работы и технологических особенностей обслужива-

ния подвижного состава [3], соответствующие целевые схемы разработаны и отечественной научной школой<sup>2,3</sup> [11].

Такая линейная структура весьма характерна для стадии зарождения сетей ВСЖМ в странах-пионерах высокоскоростного движения – Франции, Японии, также линейную структуру имеют новые линии пассажирской инфраструктуры в Марокко и Турции (рис. 2). После формирования устойчивого спроса на перевозки по сооружённой линейной высокоскоростной инфраструктуре происходит дальнейшее развитие высокоскоростной инфраструктуры.

Второй этап развития ВСЖМ – этап *древовидной топологии инфраструктуры* [3]. Как следует из использованного названия, на этом этапе происходит продление начальной линии, начинается этап строительства ВСЖМ из столицы в другие мегаполисы за пределами начального маршрута, строятся «питающие», фидерные линии, обеспечивающие подвоз пассажиров к линии ВСЖМ [3].

Отличием фидерных участков от магистральных является их меньшая оснащён-

<sup>2</sup> Пазойский Ю. О., Савельев М. Ю., Сидраков А. А. [и др.]. Железнодорожные пассажирские перевозки (избранные главы): Для студентов специальности 23.05.04 «Эксплуатация железных дорог» и направлений 23.03.01 «Технология транспортных процессов» 23.03.02 «Менеджмент» / Под ред. Ю. О. Пазойского. – М.: Российский университет транспорта, 2020. – 407 с.

<sup>3</sup> Апатцев В. И., Вакуленко С. П., Головнич А. К. [и др.]. Железнодорожные станции и узлы: Учебник. – М.: Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте, 2014. – 856 с. ISBN 978-5-89035-674-1.





Рис. 2. Топология первой ВСЖМ Марокко с обозначением существующих линий нескоростной железной дороги [3], выполнено авторами с использованием геоподосновы из открытого источника – сервиса openrailwaymap.

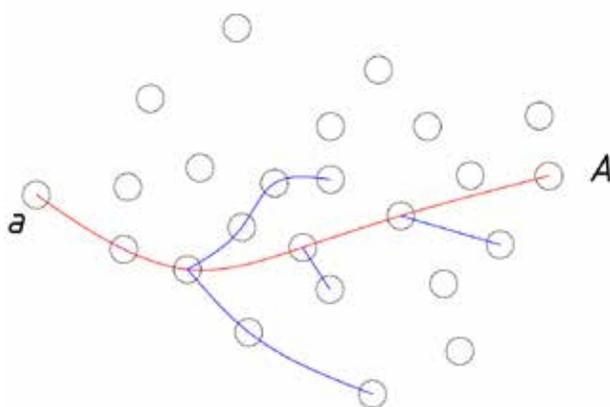


Рис. 3. Древоидная структура развития ВСЖМ [выполнена авторами].

ность, меньшие требования к профилю пути. Они предназначены для перевозок значительно меньшего числа пассажиров по сравнению с объёмом перевозок на магистральных линиях. Меньший спрос на перевозку сопровождается меньшими размерами движения по участку и, как следствие, увеличенными интервалами между поездами. При разработке проектов фидерных участков возникает задача минимизации вложений в развитие или реконструкцию железнодорожной инфраструктуры. По этой причине в разряд фидерных линий переводятся существующие участки, реконструируемые для пропуска поездов со скоростями выше 140 км/ч. От-

дельным вопросом для рассмотрения является перспектива применения на таких участках по аналогии с техническими решениями, применяемым на скоростных линиях в Испании [12–14].

Схематическое изображение древоидной топологии ВСЖМ представлено на рис. 3, она представляет из себя магистральный участок, аналогичный линейной схеме, а также четыре фидерных участка, которые соединяют отдельные станции множества *a* и агломераций, не вошедших в сферу обслуживания магистрального участка. Маршрутная сеть представлена как маршрутом, соединяющим



Рис. 4. Топология сети ВСЖМ Испании (слева) и Франции (справа) с обозначением существующих линий не скоростной железной дороги [выполнено авторами с использованием геоподосновы из открытого источника – сервис openrailwaymap].

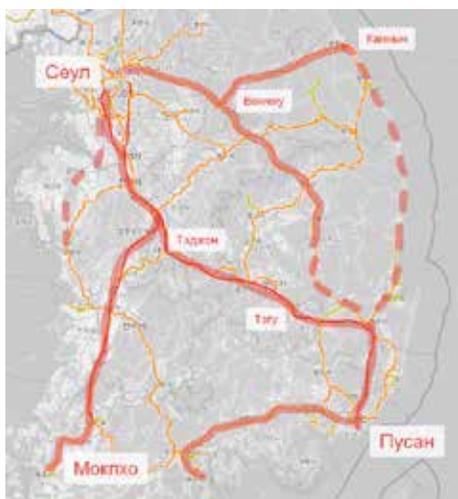


Рис. 5. Топология сети ВСЖМ Южной Кореи (слева) и Италии (справа) с обозначением существующих линий не скоростной железной дороги [выполнено авторами с использованием геоподосновы из открытого источника – сервис openrailwaymap].

начальную и конечную точки, так и маршрутами, следующими на ответвления (на фидерные линии).

Разветвлённую сеть ВСЖМ можно наблюдать на железных дорогах стран, которые на протяжении десятилетий совершенствуют и развивают свою сеть высокоскоростных пассажирских перевозок, примерами таких стран могут быть Япония, Франция, Испания, Италия, Турция и Южная Корея (рис. 4–5).

После формирования устойчивого спроса на перевозки по сооружённой древовидной высокоскоростной инфраструктуре происходит дальнейшее развитие высокоскоростной инфраструктуры.

Третий этап развития ВСЖМ – этап сетевой топологии инфраструктуры [3]. Он предпола-

гает строительство линий ВСЖМ, которые могут образовывать параллельные хода, то есть обеспечивать соединение двух пунктов между собой более чем одним вариантом проследования пассажирского поезда. Строительство идёт в новых, неохваченных высокоскоростным сообщением при древовидном развитии сети регионах, происходит добавление новых маршрутов, фидерных участков и новых магистральных ходов, создающих задачу управления движением на параллельных ходах.

Сетевая топология ВСЖМ приведена на рис. 6. Два магистральных хода образуют параллельное соединение двух пунктов ( $a$  и  $A$ ), а также фидерных линий, составляющих разветвлённую сеть ВСЖМ. Отправление и назначение в такой маршрут-



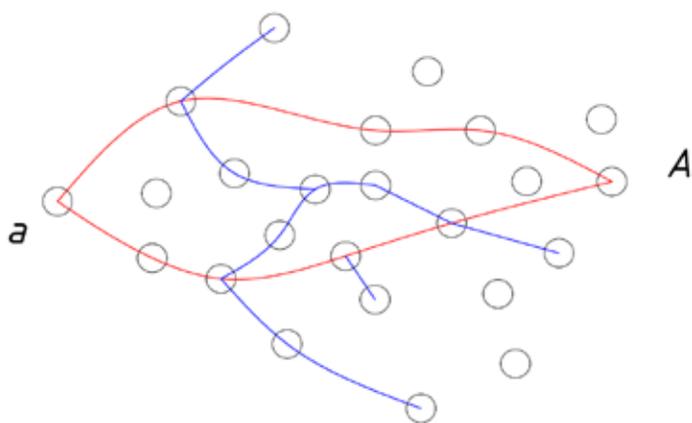


Рис. 6. Сетевая структура развития ВСЖМ [выполнено авторами].



Рис. 7. Топология сети ВСЖМ Германии [выполнено авторами с использованием геоподосновы из открытого источника – сервис openrailwaymap].



Рис. 8. Топология сети ВСЖМ северного Китая (слева) и центрального Китая (справа) [выполнено авторами с использованием геоподосновы из открытого источника – сервис openrailwaymap].



Рис. 9. Количество образуемых пассажирских транспортных корреспонденций, в зависимости от общего числа пассажирских станций на линии ВСЖМ [19], выполнено авторами.

ной сети может происходить из любого узла или опорной пассажирской станции, обеспечивающей устойчивый пассажиропоток из крупнейших агломераций в рамках рассматриваемого транспортного коридора [15; 16].

Подобную структуру развития специализированной пассажирской инфраструктуры можно встретить в Германии и Китае (рис. 7–8).

Для анализа и сравнения сетей ВСЖМ в различных регионах мира важное значение имеет оценка технологической трассировки линий.

Для оценки параметров трассировки ВСЖМ и выявления особенностей проекта на рассматриваемом множестве агломераций, через которые проходит линия ВСЖМ (в дальнейшем множество  $a = [1, 2, \dots, A]$ ), пункты отправления и назначения охарактеризуем координатами  $x_a$  и  $y_a$ , при этом точка начала отсчёта на местности может быть принята произвольно. Линия ВСЖМ, проходя через города [17] рассматриваемого множества  $a$ , образует упорядоченное подмножество  $s = [1, 2, \dots, S]$ , т. е.  $a \supseteq s$ . Количество пунктов и пассажирских станций, через которые проходит линия ВСЖМ, влияет на количество образуемых транспортных корреспонденций [18; 19].

В свою очередь увеличение числа корреспонденций  $Tr_{ij}$  происходит нелинейно, зависимость общего числа транспортных корреспонденций от количества отдельных пунктов, вовлечённых в сферу обращения высокоскоростных поездов, приведена на рис. 9 и определяется по формуле:

$$Tr_{sum} = 0,5 \cdot S^2 - 0,5 \cdot S. \quad (1)$$

Так как сети ВСЖМ в разных странах отличаются своей протяжённостью, структурой, различиями в технологической трассировке, для целей дальнейшего анализа необходимо произвести нормирование параметров рассматриваемых сетей.

Предлагаемый для этого алгоритм, основанный на методе структурного выравнивания при технологической трассировке специализированной пассажирской инфраструктуры, был нами ранее описан в [3]. Его основные этапы следующие.

На начальном этапе для рассматриваемой сети происходит выявление директивной корреспонденции маршрута, которая представляет собой прямую, соединяющую основной пункт отправления (обозначаемый  $I$ ) и основной пункт назначения (обозначаемый  $J$ ). Эту прямую можно описать каноническим уравнением прямой:

$$\frac{x_a - x_1}{x_A - x_1} = \frac{y_a - y_1}{y_A - y_1}, \quad (2)$$

где  $x_1$  и  $y_1$  – координаты пункта отправления  $I$  относительно произвольно принятой точки начала отчёта;

$x_A$  и  $y_A$  – соответственно координаты основного пункта назначения  $J$ .

«После этого необходимо устранить свободный коэффициент линейного уравнения, для этого необходимо провести смещение начала координатной оси в начальную точку директивной корреспонденции» [3]:

$$\begin{cases} x'_a = x_a - x_1 \\ y'_a = y_a - y_1. \end{cases} \quad (3)$$





Рис. 10. Выравнивание координат единичной сети ВСЖМ [выполнено авторами].

После корректировки положения всех рассматриваемых точек, характеризующих положение отдельных пунктов на плоскости функция, описывающая определяющую корреспонденцию (2), примет вид:

$$y = \frac{y_A}{x_A} x, \tag{4}$$

где составляющая  $y_A/x_A$  характеризует тангенс угла отклонения функции директивной корреспонденции от оси абсцисс, тогда для определения угла наклона в радианах:

$$\alpha = \arctg \frac{y_A}{x_A}. \tag{5}$$

«Для получения итоговых координат точек рассматриваемого массива потенциалообразующих пунктов необходимо устранить угловую составляющую директивной корреспонденции. Для этого, в случае если конечная точка директивной корреспонденции находится в I ( $x'_A > 0; y'_A > 0$ ) или IV ( $x'_A > 0; y'_A < 0$ ) четверти координатной плоскости, итоговые координаты точек будут определяться как:

$$\begin{cases} x''_A = x'_A * (\cos(-\alpha)) - y'_A (\sin(-\alpha)) \\ y''_A = x'_A (\sin(-\alpha)) + y'_A (\cos(-\alpha)). \end{cases} \tag{6}$$

В случае если конечная точка директивной корреспонденции находится в II ( $x'_A < 0; y'_A > 0$ ) или III ( $x'_A < 0; y'_A < 0$ ) четверти координатной плоскости итоговые координаты получаемых точек необходимо инвертировать» [3] (7):

$$\begin{cases} x''_A = -(x'_A * (\cos(-\alpha)) - y'_A (\sin(-\alpha))) \\ y''_A = -(x'_A (\sin(-\alpha)) + y'_A (\cos(-\alpha))). \end{cases} \tag{7}$$

Выполнение структурного выравнивания для единичной сети ВСЖМ приведено на рис. 10. На схеме 10а представлено исходное множество точек, отображающих положение отдельных пунктов на карте. На рисунке 10б произведено смещение координат этих точек относительно точки отсчёта (3), а на рис. 10в представлен результат структурного выравнивания множества точек.

При анализе нескольких систем высокоскоростного сообщения (каждая система будет являться элементом множества  $f = [1, 2,$

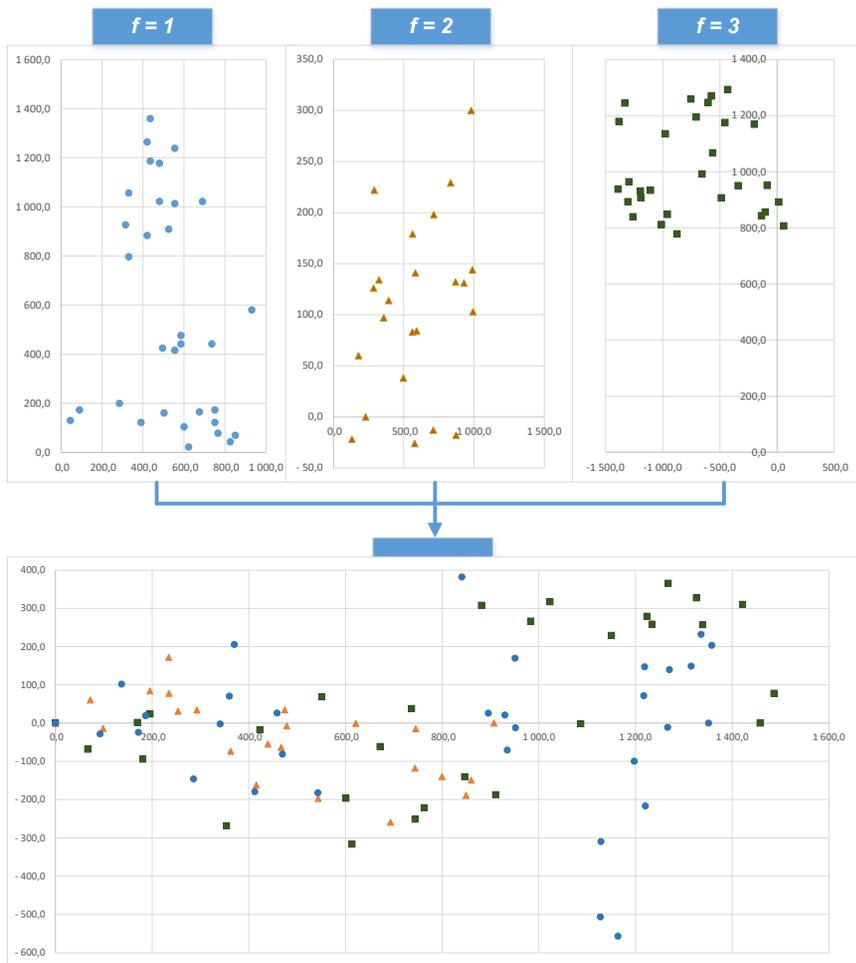


Рис. 11. Выравнивание координат множества сетей ВСЖМ [выполнено авторами].

...,  $F$ ) координаты положения отдельных пунктов на сети ВСЖМ различных  $f$  целесообразно рассматривать как  $x_{f,a}$  и  $y_{f,a}$ . Применение описанного алгоритма для  $F$  элементов множества  $f$  позволит использовать методы статистического анализа для выявления закономерностей проектов развития ВСЖМ и влияния особенностей трассировки на общую конкурентоспособность высокоскоростного сообщения. Пример использования разработанного метода для  $F = 3$  приведён на рис. 11, где представлены три абстрактных множества точек сетей ВСЖМ,  $f1, f2, f3$ .

### КРАТКИЕ ВЫВОДЫ

Выявление закономерностей, заложенных в различных проектах развития высокоскоростного сообщения, позволит сопоставить технологические параметры этих линий, а также изучить роль ВСЖМ в транс-

портной системе страны, сферу их рационального применения и зоны конкуренции с прочими видами магистрального транспорта. Описанный метод исследования позволяет выявить общие закономерности прохождения участков специализированной пассажирской инфраструктуры через населённые пункты множества  $a$ , генерирующие пассажиропоток для магистральных видов транспорта. Полученные значения демонстрируют различия проектов развития высокоскоростного сообщения железнодорожных сетей множества  $f$ , направленных на обеспечение устойчивой связи каждой пары пунктов отправления  $i$  и назначения  $j$ , всех обеспечиваемых корреспонденций  $Tr_{ij}$ . На основе полученных результатов можно строить предиктивные модели определения спроса на высокоскоростные железнодорожные перевозки в России.





## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Hu, B. [et al]. Statistical Analysis and Predictability of Inter-Urban Highway Traffic Flows: A Case Study in Heilongjiang Province, China. *Transportmetrica A: Transport Science*, 2020, Vol. 16, pp. 1062–1078. DOI: <https://doi.org/10.1080/23249935.2020.1720039>.
2. Yang, Z. Cheng, J. Optimization of trip-end networks and ride price for express coach systems in the high-speed rail era. *Promet – Traffic – Traffico*, 2017, Vol. 29, No. 6, pp. 581–592. DOI: <https://doi.org/10.7307/ptt.v29i6.2271>.
3. Вакуленко С. П., Роменский Д. Ю., Калинин К. А. Типизация структур высокоскоростных железнодорожных магистралей // *Экономика железных дорог*. – 2022. – № 11. – С. 40–50. [Электронный ресурс]: <https://elibrary.ru/item.asp?id=49944780>. EDN: GJTPMF [платный доступ].
4. Киселёв И. П. Полвека высокой скорости: к 50-летию открытия первой в мире высокоскоростной железнодорожной магистрали Токко–Осака // *Железнодорожный транспорт*. – 2015. – № 2. – С. 70–77.
5. Киселёв И. П., Китунин А. А. Китайская «Гармония»: опыт локализации высоких технологий железнодорожного транспорта // *Транспорт Российской Федерации*. – 2013. – № 2 (45). – С. 38–41. [Электронный ресурс]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=19034215>. EDN: QANRFX. Доступ 13.01.2023.
6. Киселёв И. П., Китунин А. А. Высокоскоростной железнодорожный транспорт КНР: от первых скоростных линий к мегапроекту «Евразия» // *Транспорт Российской Федерации*. – 2018. – № 1 (74). – С. 9–14. [Электронный ресурс]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32637975>. EDN: YSURGO. Доступ 13.01.2023.
7. Калинин К. А. О комплексном подходе к анализу линий ВСЖМ // *Вестник Ростовского государственного университета* доуи сообщения. – 2021. – № 2 (82). – С. 137–147. DOI: [10.46973/0201-727X\\_2021\\_2\\_137](https://doi.org/10.46973/0201-727X_2021_2_137).
8. Бородин А. Ф. Проблемы разработки Генеральной схемы развития сети железных дорог ОАО «РЖД» // *Железнодорожный транспорт*. – 2017. – № 8. – С. 34–42. [Электронный ресурс]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29967620>. EDN: ZFUNDZ [платный доступ].
9. Середов Е. А. Формирование маршрутной сети пассажирских поездов с учетом предпочтений пассажиров // *Экономика железных дорог*. – 2021. – № 11. – С. 34–43. [Электронный ресурс]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=47381345>. EDN: GAOOYX. Доступ 13.01.2023.
10. Пазойский Ю. О., Савельев М. Ю., Середов Е. А. Использование методов теории нечётких множеств для освоения пассажиропотока // *Фёдор Петрович Кочнев – выдающийся организатор транспортного образования и науки в России: Труды международной научно-практической конференции*. Москва, 22–23 апреля 2021 года / Отв. редактор А. Ф. Бородин, сост. Р. А. Ефимов. – М.: Российский университет транспорта, 2021. – С. 328–332. [Электронный ресурс]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46552816>. EDN: VFOGPF. Доступ 13.01.2023.
11. Сидраков А. А. Организация скоростных пассажирских перевозок в дальнем сообщении: специальность 05.22.08 «Управление процессами перевозок» / Дис... на соискание учёной степени к. т. н. – М., 2012. – 182 с.
12. Калидова А. Д. Обоснование конфигурации однопутно-двухпутных линий при организации скоростного движения поездов / Дис... на соискание учёной степени к. т. н. – Новосибирск, 2019. – 194 с.
13. Калидова А. Д. Определение условий применения однопутно-двухпутных элементов для скоростной линии // *Инновационные факторы развития транспорта. Теория и практика: Материалы международной научно-практической конференции*, Новосибирск, 19–20 октября 2017 года. – Новосибирск: Сибирский государственный университет путей сообщения, 2018. – С. 24–29. [Электронный ресурс]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35237003>. EDN: XSWRYT [платный доступ].
14. Карасёв С. В., Калидова А. Д. Моделирование пропуски поездопотоков через однопутный лимитирующий элемент трассы при организации скоростного движения с использованием существующей инфраструктуры // *Вестник Научно-исследовательского института железнодорожного транспорта*. – 2018. – Т. 77. – № 1. – С. 34–43. DOI: [10.21780/2223-9731-2018-77-1-34-43](https://doi.org/10.21780/2223-9731-2018-77-1-34-43).
15. Zhang, Q. [et al]. Simultaneous optimization of train timetabling and platforming problems for high-speed multiline railway network. *Journal of Advanced Transportation*, 2021, Vol. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1155/2021/6679008>.
16. Wang, Y., Han, B., Wang, J. A passenger flow routing model for high-speed railway network in different transportation organization modes. *Promet – Traffic – Traffico*, 2018, Vol. 30, No. 6, pp. 671–682. DOI: <https://doi.org/10.7307/ptt.v30i6.2733>.
17. Калинин К. А., Роменская М. В. Варианты ввода высокоскоростных железнодорожных магистралей в города, их влияние на работу железнодорожных узлов и развитие агломераций // *Устойчивое развитие территорий / Сборник докладов II-ой Международной научно-практической конференции*, Москва, 20–21 мая 2019 года. – М.: Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, 2019. – С. 196–198. [Электронный ресурс]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41253060>. EDN: AHUNJT. Доступ 13.01.2023.
18. Вакуленко С. П., Роменский Д. Ю., Калинин К. А. Метод прогнозирования пассажиропотоков при организации высокоскоростных перевозок // *Транспорт Российской Федерации*. – 2021. – № 1–2 (92–93). – С. 34–39. [Электронный ресурс]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46108216>. EDN: NURFGK.
19. Вакуленко С. П., Калинин К. А. Применение гексагонального анализа для определения параметров корреспонденций пассажирских перевозок // *Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник*. – 2022. – № 2. – С. 3–10. DOI: [10.36535/0236-1914-2022-02-1](https://doi.org/10.36535/0236-1914-2022-02-1). ●

Информация об авторах:

**Вакуленко Сергей Петрович** – кандидат технических наук, профессор, директор Института управления и цифровых технологий Российского университета транспорта, Москва, Россия, [post-iiut@bk.ru](mailto:post-iiut@bk.ru).

**Роменский Дмитрий Юрьевич** – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры управления транспортным бизнесом и интеллектуальных систем Российского университета транспорта, Москва, Россия, [dimerom@yandex.ru](mailto:dimerom@yandex.ru).

**Калинин Кирилл Антонович** – ассистент кафедры управления транспортным бизнесом и интеллектуальных систем Российского университета транспорта Москва, Россия, [kalinin.k.a@mail.ru](mailto:kalinin.k.a@mail.ru).

Статья поступила в редакцию 23.01.2023, одобрена после рецензирования 17.04.2023, принята к публикации 21.04.2023.