

УДК 625.721

Концептуальные основы методологии проектирования автодорожной транспортной системы

П. А. Пегин, Д. М. Немчинов, А. А. Ильин

Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, Российская Федерация, 190031, Санкт-Петербург, Московский пр., 9

Для цитирования: Пегин П. А., Немчинов Д. М., Ильин А. А. Концептуальные основы методологии проектирования автодорожной транспортной системы // Известия Петербургского университета путей сообщения. — СПб.: ПГУПС, 2023. — Т. 20. — Вып. 1. — С. 239–251. DOI: 10.20295/1815-588X-2023-1-239-251

Аннотация

Цель: В настоящее время на практике используют различные методологические подходы к построению сетей автомобильных дорог. Наиболее рациональным и перспективным является метод, который можно использовать при решении задач развития региона с учетом его транспортного обслуживания. Необходимо рассмотреть методы проектирования и предложить новый или внести изменения в существующие с учетом целей и задач проектирования. **Методы:** Анализ и обобщение результатов о существующей транспортной системе страны. Классификация по определенным признакам с целью разработки порядка выбора метода планирования сети автомобильных дорог. **Результаты:** Приведенный анализ и обобщение результатов позволяют сформулировать требования к планировке и к уровню разветвленности сетей автомобильных дорог. **Практическая значимость:** На основании анализа и обобщения результатов был разработан подробный алгоритм проектирования сетей автомобильных дорог с учетом уровня хозяйственного развития региона и функционального назначения дорог. Данный алгоритм позволит улучшить и ускорить процесс проектирования сетей автомобильных дорог различного уровня и функционального назначения.

Ключевые слова: Единая транспортная система страны, автодорожная транспортная система, сеть автомобильных дорог, сеть дорог регионального значения, система транспортных узлов.

Введение

Единая транспортная система страны представляет собой сложную многомодальную систему. В отличие от других элементов транспортной системы, сеть автомобильных дорог в связи с наиболее массовым использованием и наименее формализованным управлением потоками, для обеспечения безопасности пользователей и максимальной эффективности передвижений товаров и людей требует построения иерархической структуры. При этом такая иерархическая структура должна обеспечивать функциональное единство сети, создавая усло-

вия передвижения «от дверей до дверей». Соответственно, при планировании развития единой сети автомобильных дорог с функционально разделенными элементами необходимо соблюдать принципы и правила, выполнение которых обеспечивает единство сети.

Модель сети автомобильных дорог

Автомобильно-дорожная транспортная система, включающая несколько функционально разделенных иерархических уровней [1–11], может быть представлена в виде схемы, отражающей ее вертикальную интеграцию (рис. 1).



Рис. 1. Интегральная модель единой автодорожной системы страны

Анализ транспортных систем позволяет сформулировать концептуальную модель единой автодорожной системы страны — единой транспортной сети в виде иерархически построенной транспортной системы — в следующей редакции:

1. Базовой основой автодорожной транспортной системы страны является сеть (система) автомобильных дорог высшего — мегауровня — сеть дорог национального значения.

2. Базовая (интермодальная) система дорог дополняется системами дорог мезоуровня — двумя группами мультимодальных автодорожных систем — сетями автомобильных дорог государственного межрегионального и внутрирегионального значения.

3. Проблемы населения сельских территорий решаются системами дорог микроуровня — совокупностью одномодальных автодорожных систем.

Возможность функционирования сетей автомобильных дорог всех уровней и в конечном итоге единой сети автомобильных дорог страны как системы массового обслуживания обеспечивается системой инженерно оборудованных транспортных пересечений (пересечений автомобильных дорог), вид которых зависит от функций пересекающихся дорог.

Состав структурных элементов сети автомобильных дорог, предлагаемый на основе изло-

женных выше соображений и анализа опыта разных стран [1–11], показан на рис. 2 с учетом трех уровней разделения функций каждого уровня иерархии автомобильно-дорожной транспортной системы, представленных на рис. 3.

Факторы выбора метода планирования элементов сети

Выбор метода планирования представляется целесообразным и важным производить в зависимости от решаемых на каждом иерархическом уровне транспортных задач (рис. 4) с учетом уровня хозяйственного и транспортного развития (региона, группы регионов), численности населения и его расселения по территории.

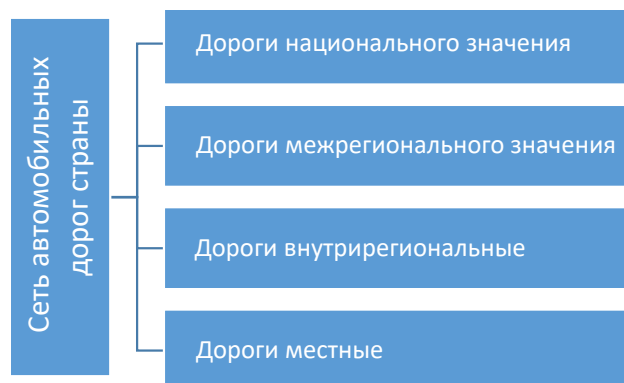


Рис. 2. Состав структурных элементов сети автомобильных дорог

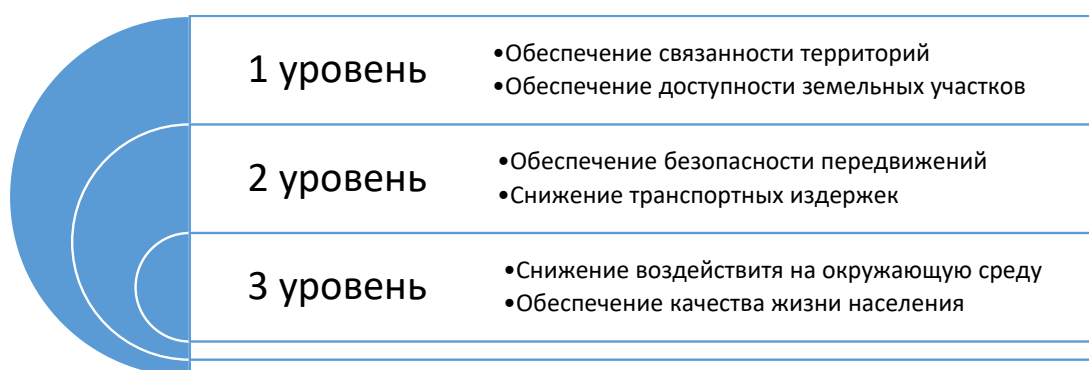


Рис. 3. Уровни разделения функций транспортной системы

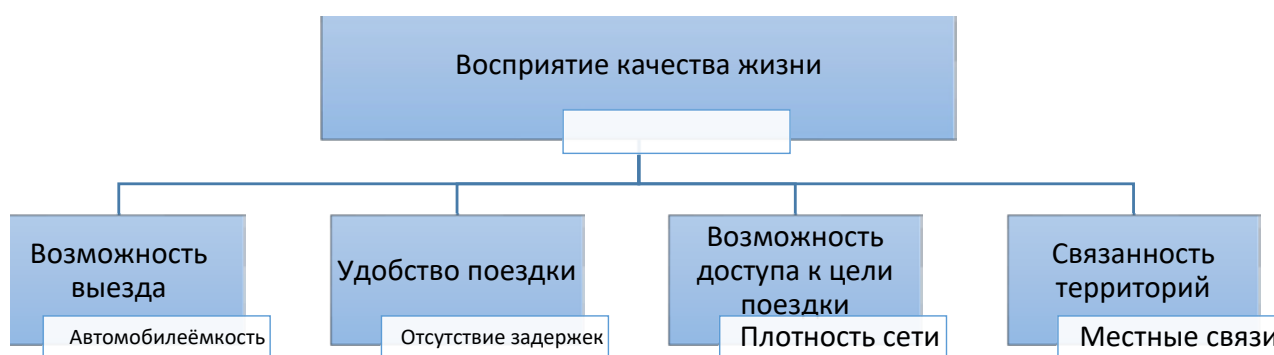


Рис. 4. Задачи, решаемые при планировании развития автотранспортной сети

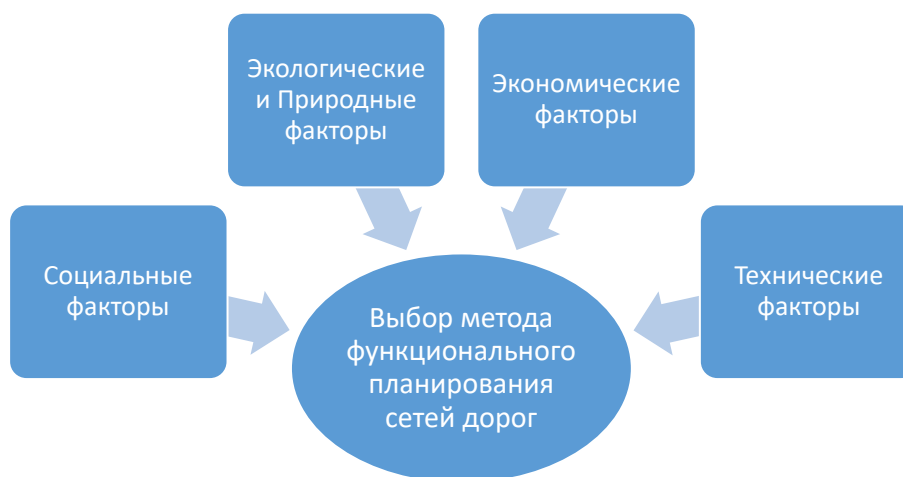


Рис. 5. Обоснование выбора метода планирования сети

Решение транспортных задач в процессе планирования сети дорог обеспечивает решение задач макро- и микроэкономического развития территории [12–21], укрепления обороны страны и облегчения условий ведения боевых, антитер-

рористических действий «на своей территории» (рис. 5, 6). Во всех случаях важнейшей задачей является улучшение социальных условий жизни и деятельности жителей (населения): повышение уровня жизни, полное обеспечение конституци-



Рис. 6. Содержание факторов выбора метода планирования развития сети дорог

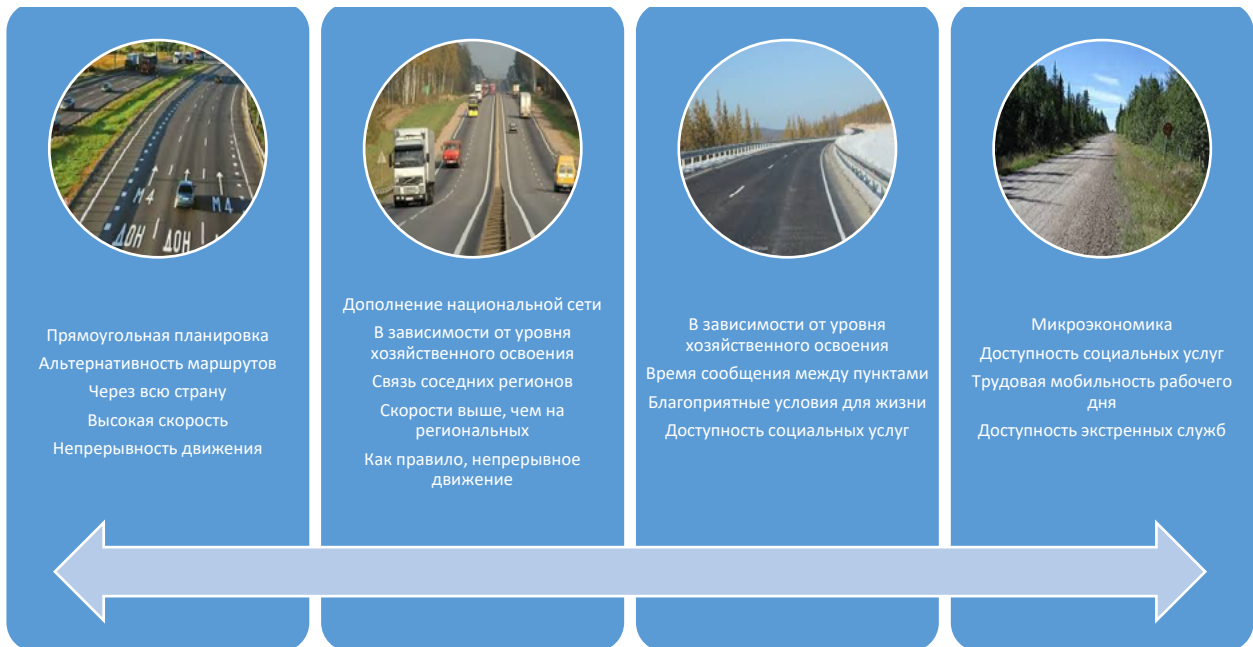


Рис. 7. Требования к автомобильным дорогам с учетом их функционального назначения

онных прав в сфере образования, труда, медицинского обслуживания, отдыха и культуры. Причем чем меньше территория, тем в большей мере меняется приоритет задач: в масштабе страны, группы регионов (иногда отдельных регионов —

в зависимости от их географического положения на карте страны) превалируют проблемы макроэкономики и обороны; в масштабе региона — проблемы микроэкономики (при оказании должного внимания макроэкономике — везде доля разная)

и социальные. Чем меньше размер территории, тем выше приоритет социальных проблем.

Технический уровень дорог разных классов определяется индивидуально, на основе результатов исследований режимов движения автотранспортных потоков и единичных автомобилей, с учетом функции дороги в составе сети [1–11].

Выбор метода планирования элементов сети в зависимости от функции дорог

Проведенный анализ и обобщение позволяют сформулировать требования к сетям автомобильных дорог (к планировке и уровню разветвленности) (рис. 7).

Требования к сетям дорог национального (стратегического) и межрегионального значения

Сети дорог национального и межрегионального значения выполняют функции опорной автодорожной сети страны, обеспечивающей автотранспортный доступ во все регионы и части страны. Национальная сеть выполняет функции дорог стратегического значения. Сеть межрегиональных дорог также выполняет национальные функции, обеспечивая связь соседних регионов (по аналогии с национальной сетью межштатных дорог в США).

Сеть автомобильных дорог национального значения (сеть стратегических дорог) должна обеспечивать экономические, социальные и оборонные транспортные связи со всеми территориями и регионами Российской Федерации.

Сети дорог этих классов должны обеспечивать:

- возможности и потребности интенсивного экономического и социального развития малоосвоенных в экономическом отношении территорий, возможности экономического и оборонного развития неосвоенных территорий, особенно пригодных по природным условиям для благоприятного проживания людей — жителей России;

- возможность движения по нескольким маршрутам одного направления (например, север — юг, восток — запад), удаленным друг от друга на безопасные (в военном отношении) расстояния при максимальном экономическом освоении территорий их проложения.

Дороги сети стратегического значения должны работать в качестве глубоких транспортных коридоров, обеспечивающих быстрый, круглогодичный, бесперебойный, безопасный проезд во все регионы страны. Межрегиональные дороги также должны обеспечивать режим скоростного движения интенсивных транспортных потоков.

Сеть дорог межрегионального значения в сочетании с дорогами национального значения должна обеспечить основные (по важнейшим направлениям) межрегиональные социальные и экономические связи.

Сети дорог должны обеспечивать «многовариантность» подъезда к территориям страны (сеть стратегических дорог), к крупным административным и хозяйственным центрам страны (сети стратегических и межрегиональных дорог), тем самым обеспечивая бесперебойность движения (например, по погодноклиматическим условиям) и антитеррористическую защищенность.

Дороги сети стратегического значения, принимающие значительную часть транспортной работы всей сети автомобильных дорог, должны обеспечивать минимальные задержки движения в целях минимизации выбросов отработавших газов и шумового воздействия.

Требования к сетям внутрирегиональных дорог

Внутрирегиональные — распределительные — дороги должны обеспечивать автотранспортную связь всех административных и достаточно крупных хозяйственных центров региона, а также связи с соседними регионами.



Рис. 8. Обоснование выбора метода планирования сети с учетом функционального назначения дорог

Сеть дорог должна обеспечивать устойчивые связи с соседними регионами по наиболее эффективным в экономическом и социальном плане направлениям. Количество межрегиональных связей должно стимулировать расширение экономического развития соседствующих регионов (коэффициент сети должен быть выше единицы).

Сеть региональных дорог должна обеспечивать круглогодичное бесперебойное и безопасное, комфортное и удобное движение автомобилей. Скорость автомобилей определяется правилами дорожного движения.

Требования к сетям дорог местного значения

Сеть должна обеспечивать связь всех населенных пунктов между собой, с административными и хозяйственными центрами региона, а также с ближайшими населенными пунктами соседствующих регионов.

Сеть должна обеспечивать тот же уровень безопасности и комфорта движения, что и на

региональных дорогах. Технический уровень дорог местного значения должен соответствовать интенсивности транспортных и пешеходных связей соседних населенных пунктов, особенностям рельефа местности, обеспечивать минимум затрат на строительство и содержание.

Изложенные требования к автомобильным дорогам, входящим в каждый функциональный иерархический уровень, определяют методы планирования и проектирования сети, используемые для каждого уровня сети (рис. 8).

1. Дороги национального значения (стратегические). Проектирование сети дорог осуществляется логическим (экспертным) методом при обязательном выполнении требований: планировка сети должна иметь схему, максимально приближающуюся к прямоугольной или прямоугольно-диагональной, обеспечивая доступ во все регионы страны, «от края до края»; сеть дорог должна обеспечивать возможность движения в одном направлении по нескольким маршрутам, основными направлениями для Российской Федерации являются направления

запад — восток и север — юг; дороги должны размещаться на удалении не более 200–300 км друг от друга для обеспечения возможности маневрирования транспортных потоков и проходить мимо городов; дороги строятся по принципу глубоких — транснациональных (через всю страну) и внутринациональных (в пределах значительной части страны) — транспортных коридоров, обеспечивающих одинаковые условия движения (непрерывность, скорость, безопасность, уровень комфорта, критерием является величина комплексного показателя качества автомобильной дороги /19/) на всем их протяжении; при строительстве сети дорог национального значения нецелесообразно использовать существующую сеть дорог, чтобы не нарушать сложившуюся систему социальных и хозяйственных связей. Технически на некоторых участках дороги национального значения должны обеспечивать возможности решения задач обороны страны. Предполагаемая длина сети дорог национального значения составляет 70–75 тысяч километров.

2. Межрегиональная сеть дорог. Это фактически дополнение и расширение сети дорог национального значения. Межрегиональные дороги решают задачи макроэкономики на уровне регионов. Проектирование сети этих дорог следует проводить в зависимости от уровня хозяйственного и социального развития регионов — экспертным (для хозяйственно мало- или неосвоенных территорий) или аналитическими (для хозяйственно развитых регионов) методами. Основу сети межрегиональных дорог может составить современная (т. е. уже сложившаяся) сеть федеральных дорог, соединяющая все региональные административные центры. Однако многие регионы страны территориально настолько велики, что одна-две межрегиональные дороги не обеспечивают достаточной экономической и социальной связи соседних регионов. Поэтому требуется расширение сети

таких дорог. При этом всегда следует учитывать социальные потребности жителей этих территорий (даже при отсутствии существенных экономических центров). Межрегиональные дороги должны проходить мимо городов, как и дороги стратегические, чтобы не происходило наложение местных и транзитных транспортных потоков (за исключением случаев соединения административных центров регионов). Это не глубокие транспортные коридоры, но дороги скоростного и непрерывного движения. Метод планирования — логический.

3. Сеть внутри региональных дорог. На хозяйственно освоенной части территории Российской Федерации сеть внутри региональных дорог уже в значительной степени создана (длина сети этих дорог достигает 500 тысяч километров). Поэтому требуется лишь реконструкция и частично расширение этой сети. Иное положение дел на мало- или неосвоенных территориях, с малой численностью населения. Здесь стоит задача создания сети внутри региональных дорог. Поэтому предлагается использовать разные методы планирования — в зависимости от уровня социально-экономического развития территории региона и численности населения. В регионах с высоким уровнем социально-экономического развития возможно использовать существующие аналитические (экономико-математические) методы планирования, использующие систему корреспонденций между пунктами отправления и назначения. Однако при этом меняется критерий оценки эффективности работы сети автомобильных дорог: вместо себестоимости перевозок используется новый, более емкий по содержанию и более общий критерий — время передвижения по сети дорог. Для регионов (территориальных частей регионов) с неразвитой хозяйственной и транспортной инфраструктурой, с малочисленным населением используется иная модель, имеющая в основе интересы экономического и соци-

ального развития рассматриваемой территории и предусматривающая определенную этапность развития транспортной инфраструктуры. Ее элементы: выявление на территории мест, представляющих наибольший интерес для государства и региона; выяснение наиболее приемлемого направления хозяйственного использования рассматриваемой территории (промышленное, промышленно-гражданское, рекреационное и т. д.); продолжение на рассматриваемую территорию транспортных коммуникаций соседних территорий (собственного региона и соседних — т. е. обеспечение связи с соседними регионами или с хозяйственно развитой частью своего региона); создание благоприятных условий для жизни, социального и экономического развития будущего населения путем экспертного планирования основной сети внутри региональных дорог, с учетом обеспечения промышленного, сельскохозяйственного, культурно-образовательного, медицинского и рекреационного обеспечения жителей вновь возникающих поселений (городов, сельских населенных пунктов). Первичная сеть внутри региональных дорог по мере хозяйственного развития территории, ее заполнения постоянными жителями возникает и расширяется. На этом этапе развитие сети внутри региональных дорог постепенно переходит на экономико-математические методы планирования, приемлемые для хозяйственно развитых территорий. Необходимо отметить, что уже на уровне первичной сети внутри региональных дорог она дополняется сетью местных дорог, связывающих все сельские населенные пункты между собой. Метод планирования — комбинированный: сочетание логического метода с экономико-математическим в требуемой пропорции.

4. Сети местных дорог. Методика их проектирования принципиально отличается от проектирования сетей дорог другого назначения тем, что в данном случае преобладающее значение

имеют социальные запросы населения и задачи микроэкономики. Удовлетворение этих запросов, как правило, не обеспечивает экономическую эффективность строительства дорог. Но эти запросы — основа жизни сельского населения: решение демографических задач, приближение (кое-где и превышение) уровня жизни сельского населения и к уровню жизни городского. Крайне затруднительно сеть местных дорог проектировать и экспертным методом, так как трудно предсказать пожелания направлений поездок местных жителей (у каждого — свои желания). Поэтому при проектировании сети местных дорог целесообразно опираться на исторический опыт создания дорог в сельской местности. Его принцип: все населенные пункты должны быть соединены между собой и по кратчайшим направлениям. Разумеется, с учетом природных условий местности. В России до середины XX века существовала, и даже развивалась, густая сеть местных дорог. Ее плотность, например, для центральной части Европейской территории России достигала 0,344 км/км². Большая часть этих дорог в той или иной степени сохранилась. Поэтому при восстановлении местной сети дорог (речь идет именно о восстановлении сети местных дорог на хозяйственно освоенной территории страны) следует ориентироваться на ранее существующую дорожную сеть, до сих пор фиксируемую на картах местности.

На вновь осваиваемых территориях сеть местных дорог формируется в зависимости от строительства сельских населенных пунктов и их социально-хозяйственной направленности. В этом случае применим и экспертный метод проектирования. Таким образом, проектирование сетей местных дорог должно осуществляться сочетанием метода воспроизведения ранее существовавшей сети дорог, логического метода и экономико-математических методов в соответствующей пропорции.

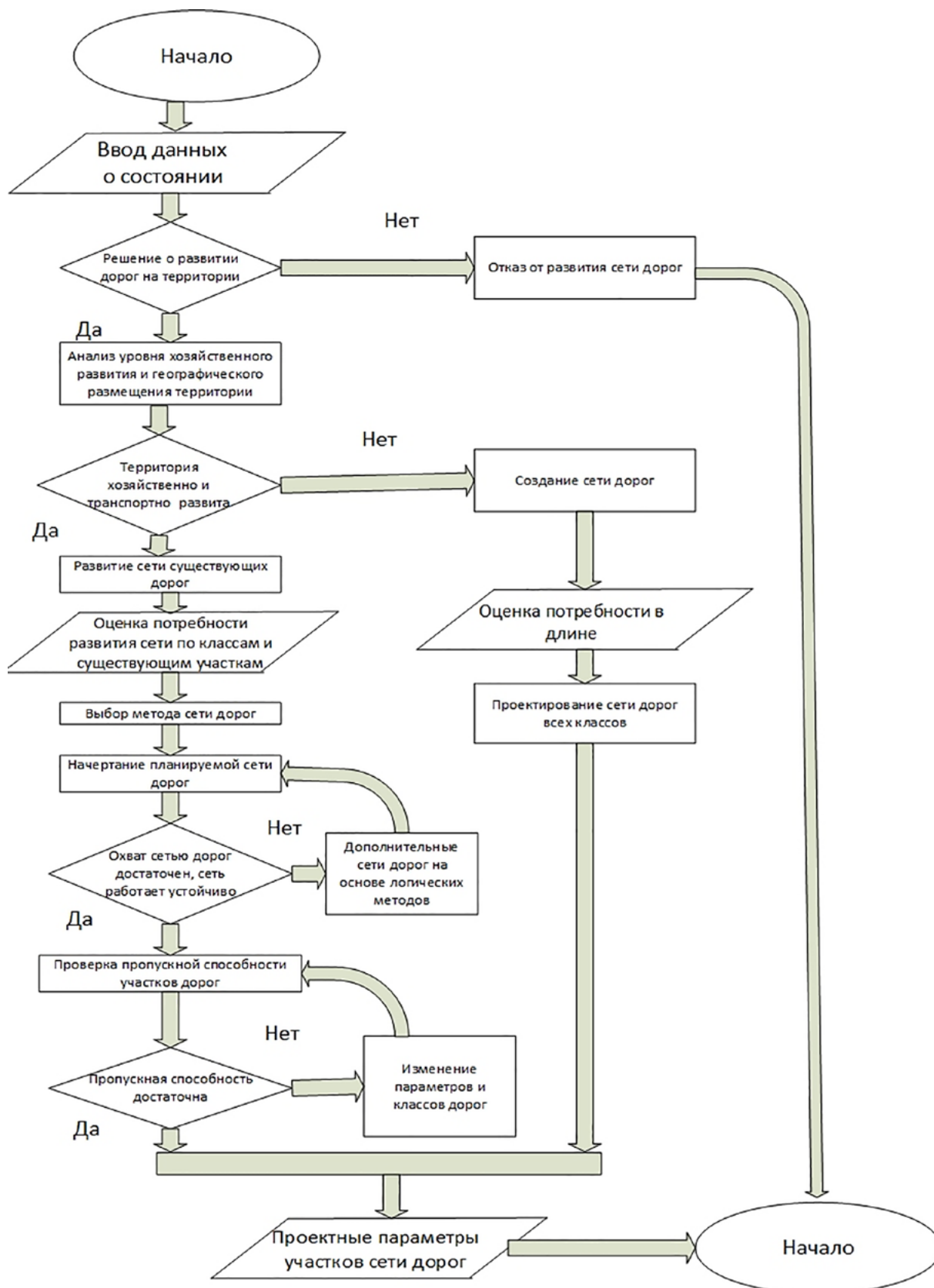


Рис. 9. Алгоритм методологии проектирования сетей автомобильных дорог с учетом уровня хозяйственного развития регионов и функционального назначения дорог.

Общий порядок планирования развития сети дорог

Изложенное позволяет заключить, что методологию транспортного функционального проектирования сети автомобильных дорог можно представить в виде комплекса моделей, отражающих алгоритмизацию процесса проектирования [20, 21].

Алгоритм методологии проектирования сетей автомобильных дорог с учетом уровня хозяйственного развития регионов и функционального назначения дорог показан на рис. 9.

Библиографический список

1. Пегин П. А. Математическая модель достаточности сети автомобильных дорог региона / П. А. Пегин, А. А. Ильин, Е. В. Рунев // Инновации и перспективы развития горного машиностроения и электромеханики: IPDME-2020: сборник тезисов. — СПб.: Санкт-Петербургский горный университет, 2020. — С. 804–807.
2. Пегин П. А. Особенности транспортного планирования сети муниципальных автомобильных дорог с учетом климатических условий / П. А. Пегин, А. А. Ильин // Вестник гражданских инженеров. — 2019. — № 2(73). — С. 131–135.
3. Положение об интегрированной структуре транспортной сети RIN / Научно-исследовательское общество по дорогам и транспорту. — Германия, Кельн, 2008. — 57 с.
4. Скирковский С. В. Разработка алгоритма и компьютерной программы оптимизации параметров функционирования городского маршрутизированного транспорта / С. В. Скирковский, П. А. Пегин // Вестник гражданских инженеров. — 2017. — № 1(60). — С. 277–287.
5. Стремление к нулю: высокие задачи и системный подход к безопасности дорожного движения / Международный транспортный форум, 2008. — 32 с.
6. Патент № 2288986 Российская Федерация, МПК E01C 3/06, E02D 17/18. Конструкция земляного полотна / Ярмолинский А. И., Пегин П. А., Ярмолинский В. А. — 2004.
7. Advancing Sustainable Safety: National Road Safety Outlook for 2005–2020 / SWOV Institute for Road Safety Research, 2006.
8. Arterials and Streets Infrastructure and Operations for Mobility, Access, and Community / Metropolitan Chicago. — Chicago, USA, January, 2009.
9. Assessing the Feasibility of a National Road Classification, Report to ICSM on National Road Classification Developments, The Intergovernmental Committee of Surveying & Mapping (ICSM) formed the Roads Working Group, Australia & New Zealand (RWG) October 2006.
10. 16. Pegin P. Features transport planning the network of municipal roads in northern region / P. Pegin, A. Ilyin, K. Semenova // Transportation Soil Engineering in Cold Regions. Proceedings of TRANSOILCOLD 2019. Series: Lecture Notes in Civil Engineering. — Singapore, 2020. — Vol. 49. — Pp. 397–401
11. FHWA Urban Boundary and Federal Functional Classification Handbook. Transportation Statistics Office Florida, Department of Transportation Tallahassee. — Florida, 2003.
12. Highway Functional Classification Concepts, Criteria and Procedures. — 2013. — 70 p.
13. Бугроменко В. Н. Математическое моделирование влияния дорожной сети на себестоимость продукции и социальные показатели регионов / В. Н. Бугроменко. // Труды первого Всероссийского дорожного конгресса. — М.: МАДИ, 2009. — С. 154–157.
14. Василевский Л. И. Транспортная система США: Сравнительный экономический анализ. Соревнование двух систем / Л. И. Василевский. — М.: АН СССР, 1963. — 67 с.
15. Гейдт А. А. Стратегическое планирование развития дорожной инфраструктуры в транспортной политике России: автореф. дисс. ... д-ра экон. наук / А. А. Гейдт. — СПб., 2005. — 273 с.
16. Левитин И. Транспорт как условие экономического роста / И. Левитин // Российская Федерация сегодня. — 2008. — № 9, декабрь. — 13 с.

17. Мороз В. Н. Разработка модели оценки эффективности функционирования региональной транспортной сети. МАТ / В. Н. Мороз, Г. Б. Николаев // Отчет о НИР. — Санкт-Петербург: МАТ, 2002. — 212 с.

18. Немчинов, Д. М. Принципы и методы планирования сетей автомобильных дорог / Д. М. Немчинов. — М.: ТЕХПОЛИГРАФЦЕНТР, 2014. — 199 с.

19. Подопригора Н. В. Информационные аспекты системы «участник дорожного движения — транспортное средство — дорога — внешняя среда» / Н. В. Подопригора, П. А. Пегин, С. Н. Доценко // Прогрессивные технологии в транспортных системах: материалы XVI Международной научно-практической конференции. — Оренбург, 2021. — С. 395–402.

20. Пегин П. А. Повышение эффективности и безопасности эксплуатации автомобильного транспорта на основе увеличения пропускной способности автомагистралей:

дисс. ... д-ра техн. наук / П. А. Пегин. — Орел: Орловский государственный технический университет, 2011.

21. Пегин П. А. Анализ внешних и внутренних факторов, влияющих на эффективность деятельности транспортного предприятия / П. А. Пегин, В. К. Цуцкарев // Бюллетень результатов научных исследований. — 2021. — № 1. — С. 22–32.

Дата поступления: 05.02.2023

Решение о публикации: 25.02.2023

Контактная информация:

ПЕГИН Павел Анатольевич — д-р техн. наук, проф.;
ppavel.khv@gmail.com

НЕМЧИНОВ Дмитрий Михайлович — соискатель

ИЛЬИН Алексей Анатольевич — ст. преподаватель;
ilin@pgups.ru

Conceptual Foundations of Projection Methodology for Road Transport System

P. A. Pegin, D. M. Nemchinov, A. A. Ilyin

Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University, 9, Moskovsky pr., Saint Petersburg, 190031, Russian Federation

For citation: Pegin P. A., Nemchinov D. M., Ilyin A. A. Conceptual Foundations of Projection Methodology for Road Transport System // *Proceedings of Petersburg Transport University*, 2023, vol. 20, iss. 1, pp. 239–251. (In Russian). DOI: 10.20295/1815-588X-2023-1-239-251

Summary

Purpose: Currently, various methodological approaches to the construction of road networks are used in practice. The most rational and promising method is that can be used to solve the problems of region development given its transport services. It is necessary to consider projection methods and propose a new one or to make changes into existing ones taking into account projection goals and tasks. **Methods:** Analysis and generalization of results on the existing transport system of the country. Classification by certain characteristics with the purpose to develop order for choosing planning method for road transport network. **Results:** Given analysis and result generalization allow us to formulate requirements for layout and branching level of road transport networks. **Practical significance:** Based on the analysis and result generalization, detailed algorithm for road transport network projection was developed taking into account regional economic development level and road functional purpose. This algorithm will improve and speed up projection process for road transport networks of various levels and functional purposes.

Keywords: Unified transport system of the country, road transport system, road transport network, regional significance road network, transport hub system.

References

1. Pegin P. A., Il'in A. A., Runov Ye. V. Matematicheskaya model' dostatochnosti seti avtomobil'nykh dorog regiona [Mathematical model of the sufficiency of the regional road network]. *Innovatsii i perspektivy razvitiya gornogo mashinostroeniya i elektromekhaniki: IPDME-2020: sbornik tezisov* [Innovations and prospects for the development of mining engineering and electromechanics: IPDME-2020: collection of abstracts]. St. Petersburg: Sankt-Peterburgskiy gornyy universitet Publ., 2020, pp. 804–807. (In Russian)
2. Pegin P. A., Il'in A. A. Osobennosti transportnogo planirovaniya seti munitsipal'nykh avtomobil'nykh dorog s uchedom klimaticheskikh usloviy [Peculiarities of transport planning of the network of municipal highways taking into account climatic conditions]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov* [Bulletin of Civil Engineers]. 2019, Iss. 2(73), pp. 131–135. (In Russian)
3. *Polozhenie ob integrirovannoy strukture transportnoy seti RIN. Nauchno-issledovatel'skoe obshchestvo po dorogam i transport* [Regulations on the integrated structure of the transport network RIN. Research Society for Roads and Transport]. Germany, Cologne, 2008, 57 p. (In Russian)
4. Skirkovskiy S. V., Pegin P. A. Razrabotka algoritma i komp'yuternoy programmy optimizatsii parametrov funktsionirovaniya gorodskogo marshrutizirovannogo transporta [Development of an algorithm and a computer program for optimizing the parameters of the functioning of urban routed transport]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov* [Bulletin of Civil Engineers]. 2017, Iss. 1(60), pp. 277–287. (In Russian)
5. *Stremeniye k nulyu: vysokkiye zadachi i sistemnyy podkhod k bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya. Mezhdunarodnyy transportnyy forum* [Striving for zero: high goals and a systematic approach to road safety. International Transport Forum]. 2008, 32 p. (In Russian)
6. Yarmolinskiy A. I., Pegin P. A., Yarmolinskiy V. A., *Konstruktsiya zemlyanogo polotna* [Subgrade construction]. Patent RF, no. 2288986, 2006. (In Russian)
7. Advancing Sustainable Safety: National Road Safety Outlook for 2005–2020. SWOV Institute for Road Safety Research, 2006.
8. Arterials and Streets Infrastructure and Operations for Mobility, Access, and Community. Metropolitan Chicago. Chicago, USA, January 2009.
9. Assessing the Feasibility of a National Road Classification, Report to ICSM on National Road Classification Developments, The Intergovernmental Committee of Surveying & Mapping (ICSM) formed the Roads Working Group, Australia & New Zealand (RWG) October 2006.
10. Pegin P., Ilyin A., Semenova K. Features transport planning the network of municipal roads in northern region. *Transportation Soil Engineering in Cold Regions. Proceedings of TRANSOILCOLD 2019. Series: Lecture Notes in Civil Engineering. Singapore, 2020, vol. 49, pp. 397–401.*
11. FHWA Urban Boundary and Federal Functional Classification Handbook. Transportation Statistics Office Florida, Department of Transportation Tallahassee. Florida, 2003.
12. Highway Functional Classification Concepts, Criteria and Procedures, 2013, 70 p.
13. Bugromenko V. N. *Matematicheskoye modelirovaniye vliyaniya dorozhnoy seti na sebestoimost' produktsii i sotsial'nyye pokazateli regionov* [Mathematical modeling of the influence of the road network on the cost of production and social indicators of regions]. *Trudy Pervogo Vserossiyskogo Dorozhnogo Kongressa* [Proceedings of the first All-Russian Road Congress]. Moscow: MADI Publ., 2009, pp. 154–157. (In Russian)
14. Vasilevskiy L. I. *Transportnaya sistema SSHA: Sravnitel'nyy ekonomicheskyy analiz. Sorevnovaniye dvukh system* [Transport system of the USA: Comparative economic analysis. Competition of two systems]. Moscow: AN SSSR Publ., 1963, 67 p. (In Russian)
15. Geydt, A.A. *Strategicheskoye planirovaniye razvitiya dorozhnoy infrastruktury v transportnoy politike Rossii: avtoref. dis.... dokt. ekonom. nauk* [Strategic planning for the development of road infrastructure in the transport policy of Russia: author. dIss. ... Dr. Econ. Sciences]. St. Petersburg, 2005, 273 p. (In Russian)
16. Levitin I. Transport kak usloviye ekonomicheskogo rosta [Transport as a condition for economic growth]. *Rossiyskaya Federatsiya segodnya* [Russian Federation today]. 2008, Iss. 9, December, 13 p. (In Russian)

17. Moroz V. N., Nikolayev G. B. Razrabotka modeli otsenki effektivnosti funktsionirovaniya regional'noy transportnoy seti. MAT [Development of a model for assessing the effectiveness of the functioning of the regional transport network]. *Otchot o NIR* [Research report]. St. Petersburg: MAT Publ., 2002, 212 p. (In Russian)
18. Nemchinov D. M. *Printsipy i metody planirovaniya setey avtomobil'nykh dorog* [Principles and methods of planning road networks]. Moscow: TEKHPOLIGRAF-TSENTR Publ., 2014, 199 p. (In Russian)
19. Podoprigora N. V., Pegin P. A., Dotsenko S. N. *Informatsionnye aspekty sistemy "uchastnik dorozhnogo dvizheniya — transportnoe sredstvo — doroga — vneshnyaya sreda"*. *Progressivnye tekhnologii v transportnykh sistemakh: materialy XVI Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Information aspects of the system "road user — vehicle — road — external environment". Progressive technologies in transport systems: materials XVI International Scientific and Practical Conference]. Orenburg, 2021, pp. 395–402. (In Russian)
20. Pegin P. A. *Povyshenie effektivnosti i bezopasnosti ekspluatatsii avtomobil'nogo transporta na osnove uvelicheniya propusknoy sposobnosti avtomagistraly: dlss. ... d-ra tekhn. nauk* [Improving the efficiency and safety of road transport operation based on increasing the capacity of highways: dlss. ... Dr. tech. Sciences]. Orel: Orlovskiy gosudarstvennyy tekhnicheskii universitet Publ., 2011. (In Russian)
21. Pegin P. A., Tsutskarov V. K. *Analiz vneshnikh i vnutrennikh faktorov, vliyayushchikh na effektivnost' deyatel'nosti transportnogo predpriyatiya* [Analysis of external and internal factors affecting the efficiency of the transport enterprise]. *Byulleten' rezul'tatov nauchnykh issledovaniy* [Bulletin of the results of scientific research]. 2021, Iss. 1, pp. 22–32. (In Russian)

Received: February 05, 2023

Accepted: February 25, 2023

Author's information:

Pavel A. PEGIN — Dr. Sci. in Engineering, Professor;
ppavel.khv@gmail.com

Dmitriy M. NEMCHINOV — Applicant

Alexey A. ILYIN — Senior Lecturer; ilin@pgups.ru