

Научная статья

DOI: 10.15593/24111678/2023.01.08

УДК 625.7:656.1

В.Ю. Панков

Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова, Якутск, Россия

ЭВОЛЮЦИЯ УЛИЧНО-ДОРОЖНОЙ СЕТИ ГОРОДА ЯКУТСКА

На основе анализа топографических планов г. Якутска и современных исследований изучены особенности эволюции городской дорожной сети и определены перспективы развития её транзитного потенциала. Выявлены два этапа развития улично-дорожной сети. На первом этапе сеть формировалась по логистическим принципам организации дорожного движения и грузопассажирских перевозок, осуществляемых гужевым транспортом. Переход ко второму этапу фиксируется по резкому увеличению городской территории и росту количества единиц автомобильного транспорта. Каркас дорожной инфраструктуры г. Якутска на втором этапе составляют дороги, основанные в начале XIX в. Автомобильный транспорт вытеснил из городского пространства гужевой транспорт. Одновременно в инфраструктуре и самой дорожной сети произошел ряд принципиальных изменений, проявившихся в необходимости разделения пешеходных и автомобильных потоков, введения обязательной регулировки транспортных и пешеходных потоков; организации движения общественного транспорта, включая строительство остановок; создании дневных, ночных и зимних стоянок и гаражей для личного и общественного транспорта; формирования площадей и станций технического обслуживания автомобильного транспорта; строительства заправочных станций. Все изменения оказали крайне негативное влияние на возможности городской дорожной сети, касающиеся её пропускной способности, интенсивности движения и транзитного потенциала. Нормативные требования по организации дорожного движения автомобильного транспорта привели к уменьшению ширины проезжей части городских улиц в два раза, а регулирование движения на перекрестках уменьшило пропускную способность улиц также в два раза. Особую проблему для развития улично-дорожной сети представляют системы городского тепло-, водо- и газоснабжения, в первую очередь, магистральные и межквартальные трубопроводы, расположенные на поверхности. Установлено, что дорожная инфраструктура города по своей пропускной способности исчерпала свои возможности и не сможет обеспечить транзит грузов после строительства мостового перехода через р. Лену.

Ключевые слова: улично-дорожная сеть, структура, пропускная способность, организация дорожного движения, ретроспективный анализ.

V.Y. Pankov

North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosov, Yakutsk, Russian Federation

**EVOLUTION OF THE STREET AND ROAD NETWORK
OF THE CITY OF YAKUTSK**

Based on the analysis of the topographic plans of the city of Yakutsk and modern studies, the features of the evolution of the urban road network were studied and the prospects for the development of its transit potential were determined. Two stages of development of the road network have been identified. At the first stage, the network was formed according to the logistical principles of organizing road traffic and cargo and passenger transportation carried out by horse-drawn transport. The transition to the second stage is fixed by a sharp increase in the urban area and an increase in the number of motor transport units. The framework of the road infrastructure of the city of Yakutsk at the second stage, at its core, is made up of roads founded in the beginning of the 19th century. Road transport has replaced horse-drawn transport from urban space. At the same time, a number of fundamental changes took place in the infrastructure and the road network itself, manifested in the need to separate pedestrian and car flows, the introduction of mandatory regulation of traffic and pedestrian flows; organizing the movement of public transport, including the construction of stops; creation of day, night and winter parking lots and garages for personal and public transport; formation of areas for sale and service stations for road transport; building filling stations. All changes have had an extremely negative impact on the possibilities of the urban road network in terms of its capacity, traffic intensity and transit potential. Regulatory requirements for the organization of road traffic by road transport have led to a reduction in the width of the carriageway of city streets by half, and the regulation of traffic at intersections has also reduced the capacity of streets by half. A special problem for the development of the road network is the systems of urban heat, water and gas supply, primarily the main and inter-quarter pipelines located on the surface. It has been established that the road infrastructure of the city has exhausted its capacity and will not be able to ensure the transit of goods after the construction of a bridge across the Lena River.

Keywords: Yakutsk, road network, structure, capacity, traffic organization, retrospective analysis.

Многочисленные научные исследования показывают, что все городские поселения России в целом имеют однотипный ряд проблем, связанных с улично-дорожной сетью [1–7]. Эти проблемы настолько системны, что позволяют разрабатывать универсальные алгоритмы и программы по расчету разнообразных моделей транспортных потоков [8–10]. В то же время при разработке транспортно-логистических моделей для конкретных поселений выясняется, что транспортно-логистическая система любого города имеет индивидуальную специфику, часто не укладывающуюся в разработанные и, казалось бы, универсальные модели [11; 12]. Подобные индивидуальные особенности обусловлены, в первую очередь, или крупными изменениями в социально-экономической сфере развития поселения, или особенностями его исторического развития.

В силу разнообразных объективных факторов реализация значимых для поселения социально-экономических сдвигов происходит достаточно быстро и во временном плане имеет признаки «революционности». В то же время подготовка к этим сдвигам осуществляется в плановом порядке и часто предполагает многолетнюю работу по разработке, обоснованию проекта и его утверждению.

Проблемы инфраструктуры поселения, связанные с особенностями его исторического развития, имеют латентный характер. Они могут не проявляться в течение многих лет поступательной эволюции инфраструктуры поселения, социально-экономических взаимоотношений и технологий. Более того, в управленческом и организационном плане возникающие инфраструктурные проблемы не решаются кардинальным образом, а чаще всего частично купируются путем применения новых технологий или разработкой новых требований / нормативов. По мере развития поселения на протяжении долгого времени, иногда сотен лет, остатки нерешенных инфраструктурных проблем накапливаются. На определенном этапе развития поселения в результате кумулятивного эффекта может возникнуть ситуация, когда функционирование или поселения в целом, или его отдельных частей, или предприятий становится весьма затруднительным. Выявление проблем инфраструктуры, обусловленных особенностями исторического развития, возможно только на основе ретроспективного анализа эволюции объекта.

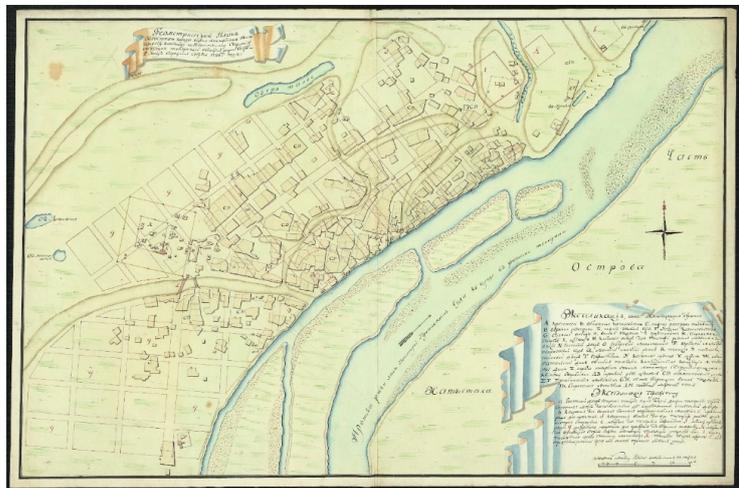
Анализ отдельных проблем действующей улично-дорожной сети (УДС) г. Якутска приведен в работах [13; 14]. Данные, приведенные в этих работах, показывают, что структура УДС в ее сегодняшнем состоянии имеет серьезные проблемы, связанные с интенсивностью транспортных потоков и их перераспределением в рамках городской черты. В то же время 2 апреля 2013 г. подписано Распоряжение Правительства РФ № 489-р о подготовке к сооружению автодорожного мостового перехода через реку Лену в районе Якутска, а 23.06.2022 Правительство России утвердило план пятилетнего дорожного строительства. В него вошло возведение Ленского моста в Якутии. По предварительным данным строительство мостового перехода должно быть завершено к 2024 г. В силу исторических причин практически весь транспортный поток, проходящий по мостовому переходу после завершения его строительства, будет транзитом проходить по городской дорожной сети. В связи с этим весьма актуальной становится проблема оценки транзитного потенциала УДС г. Якутска.

Оценка транзитного потенциала городской сети проводилась автором на основе ретроспективного анализа ее эволюции.

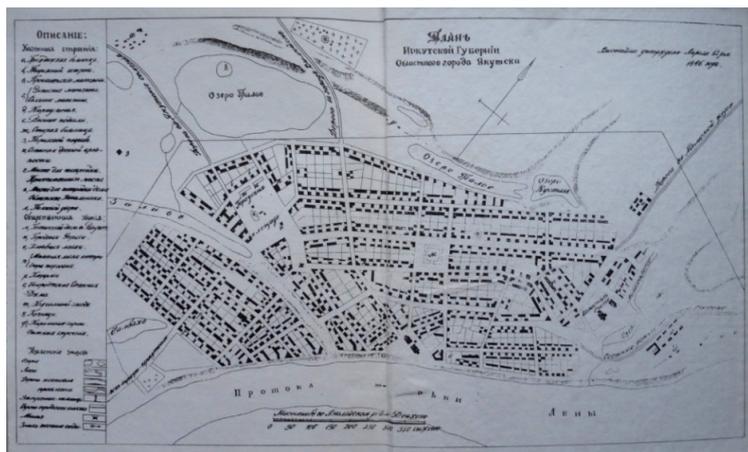
Дорожная инфраструктура любого поселения городского типа по мере его развития обычно формируется в несколько этапов. На каждом этапе структура сети дорог должна как можно более полно соответствовать: уровню сложившихся социально-экономических взаимоотношений в пределах поселения и самого поселения с сопредельными территориями, видам и типам транспортных систем, применяемых для осуществления грузопассажирских перевозок, системе организации движения транспортных средств и пешеходов. На каждом этапе развития поселения оптимальный баланс между структурой дорожной сети и тремя этими факторами может обеспечить наиболее эффективное функционирование дорожной и транспортной инфраструктуры в плане осуществления снабжения промышленных и гражданских объектов поселения (городские грузовые перевозки), транспортной подвижности населения (городские пассажирские перевозки) и транзита грузов и пассажиров на сопредельные территории (региональные грузопассажирские перевозки).

По результатам ретроспективного анализа установлено, что в развитии как самого г. Якутска, так и его УДС однозначно устанавливаются два этапа. Длительность первого этапа составляет около 160–170 лет, начиная с 1786 г. по, примерно, 1950–1960 гг. Второй, соответственно, начался примерно в 1950–1960 гг. и длится по сегодняшний день.

На рис. 1 представлены планы города начала, середины и заключительных стадий первого этапа.



а



б



в

Рис. 1. План г. Якутска: а – 1786 г.; б – 1846 г.; в – 1914 г. (из открытого источника)



Рис. 2. Якутская деревня середины XIX в. Окрашенная фотография (из открытого источника)

Обращает на себя внимание характерная особенность первого этапа – в течение более чем 150 лет границы города оставались неизменными. Площадь городской территории оставалась стабильной и составляла порядка 1,5–2 км².



Рис. 3. План г. Якутска, 2021 г.*

В 1786 г. город представлял собой поселение деревенского типа (см. рис. 1, а). Он не имел четко выраженной дорожной сети. Дорожная сеть формировалась в рамках социальных потребностей и хозяйственной деятельности населения и условно ограничивалась исключительно приспособлениями (заборами) ограничивающими дворовые территории (рис. 2).

В то же время на городском плане этого года уже присутствует прорисовка проекта квартальной планировки территории, который был реализован к концу XVIII – началу XIX в. В течение первого этапа в пределах городских границ структура УДС корректировалась один раз – была построена улица, проект которой обозначен на городском плане 1846 г. (см. рис. 1, б).

* Источник: Карты Garmin [Электронный ресурс] // GARMIN maps. – URL: <https://karty-garmin.ru/> (дата обращения: 29.11.2022).

В настоящее время эта улица носит название «Проспект Ленина». Обращает на себя внимание ширина улиц, которая в среднем достигает 30–32 м.

За пределами городской черты из города выходят пять дорог – «Дорога в Иркутск», «Дорога в якутские селения», «Дорога в город Вилуйск», «Дорога в Намский улус», «Осенняя дорога в город Охотск». Наиболее детально эти дороги прорисованы на плане 1846 г. (см. рис. 1, б).

Основным и единственным видом транспорта первого этапа является гужевой. Некоторые особенности этого вида транспорта рассмотрены в [15].

На втором этапе произошло интенсивное расширение городской территории. По сравнению с первым этапом площадь города за 60–70 лет возросла примерно в 90 раз. Современная структура УДС города отражена на рис. 3.

Как видно из рисунка, на втором этапе город развивался по модели моноцентричного хронолимитного расселения, формируемого континуальным транспортом (рис. 4).

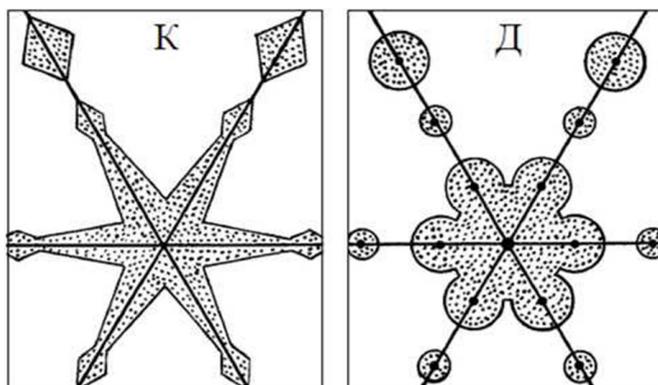


Рис. 4. Моноцентричное хронолимитное расселение, формируемое пассажирским транспортом:
К – континуальным, Д – дискретным [16]

В качестве инфраструктурного каркаса развития города по модели мноцентричного хронолимитного расселения выбраны региональные дороги первого этапа. В результате эволюции дорожной инфраструктуры:

- «Дорога в Иркутск» трансформировалась в городские улицы Чернышевского и далее в Покровский тракт;
- «Дорога в город Вилуйск» трансформировалась в улицы Октябрьская – Лермонтова – Вилуйский тракт;
- «Дорога в Намский улус» – в улицы Дзержинского – Автострада 50 лет Октября – Можайского – Строда – Намский тракт;
- «Осенняя дорога в город Охотск» – в улицы Хабарова – Б. Чижика – 50 лет Советской Армии;
- «Дорога в якутские селения» как дорога регионального значения прекратила свое существование. Часть её трансформировалась в Сергеляхское шоссе, которое, имея форму полукольца, на всей протяженности проходит по территории западной окраины города.

В течение второго этапа был построен ряд новых дорог магистрального типа с асфальтобетонным покрытием, играющих важнейшую роль в распределении городских транспортных потоков и по сегодняшний день. В первую очередь к этим дорогам следует отнести: улицы Автоторожная, Красильникова, Лермонтова, Жорницкого, Ойунского – Пояркова – Богатырева, Чернышевского – Хабарова – 50 лет Советской Армии, Кальвица, а также Окружное и Хатынг-Юряхское шоссе.

В силу особенностей планово-архитектурных решений развития города на первом этапе и выбора исторического тренда развития дорожной инфраструктуры на основе модели моноцен-

тричного хронолимитного расселения все построенные на втором этапе дороги имеют общие характерные детали.

Во-первых, все они замыкаются (по крайней мере одним из примыканий) на дороги, обустроенные на первом этапе строительства дорожной сети.

Во-вторых, ни одна из них не имеет продолжения за пределами городской черты. Это говорит о том, что изначально, еще на стадии проектно-изыскательских работ, их функциональная принадлежность определялась исключительно как внутригородская.

В-третьих, кроме Окружного шоссе в УДС города отсутствуют магистральные прямые пути сообщения между дорогами федерального и республиканского значения, выходящими из города. Все транзитные грузопассажирские потоки между этими дорогами, включая Окружное шоссе, в обязательном порядке проходят по зонам города с жилой застройкой.

Специфика дорожной инфраструктуры разрабатывается для транспортных систем и особенностей организации дорожного движения, существующих на момент формирования дорожной инфраструктуры. Каркас дорожной инфраструктуры г. Якутска составляют дороги, основанные в начале XIX в. Соответственно, как планировка городской улично-дорожной сети, так и планово-архитектурное решение городской застройки базировалось на эксплуатационных возможностях гужевого (верхового) транспорта.

Рассмотрим некоторые особенности организации дорожного движения в начале XIX в. На рис. 2 хорошо видна специфическая особенность конструкции проезжей части поселений того времени – полное отсутствие тротуаров. Особенности передвижения по дорогам г. Якутска транспорта и пешеходов в 1846 г. представлены на фотографии рис. 5.

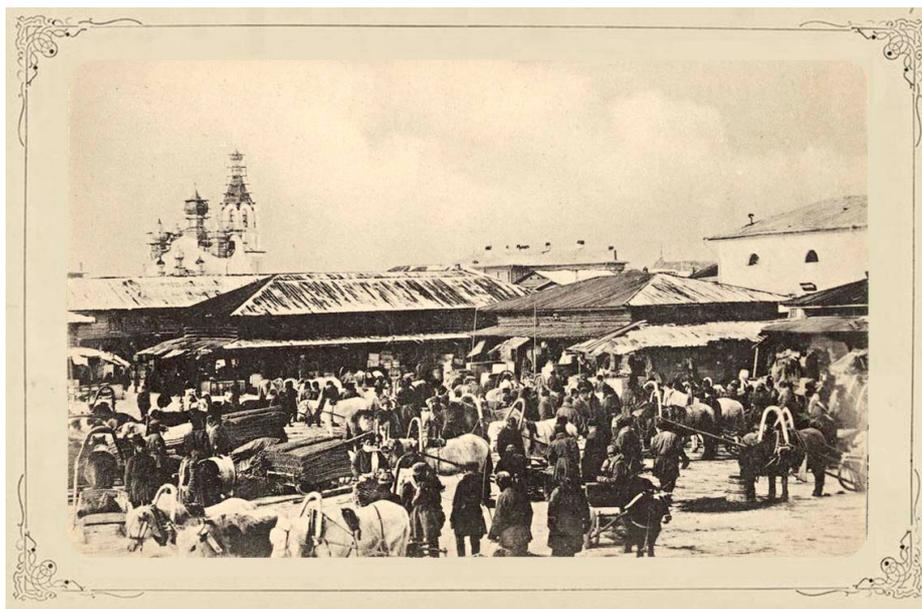


Рис. 5. Организация уличного движения в г. Якутске, 1846 г. (открытый источник)

Как следует из рисунков и многочисленных исторических документов, на первом этапе развития города характерной особенностью организации движения на городских улицах являлось отсутствие разделения пешеходного движения, грузовых и пассажирских потоков. Эти характерные факторы предопределяли своеобразную логику организации и безопасности дорожного движения. Обозначим лишь некоторые из них:

1. Не требуется создания отдельной системы по регулированию движения.

В соответствии с имеющейся ограниченной информацией из открытых источников, в период 1876–1922 гг. в г. Якутске, как и во всей Российской Империи, существовало регулирование дорожного движения, основанное на каких-то официальных документах различных уров-

ней. Реальное регулирование на местах осуществлялось на уровне обычной полицейской службы. Подавляющее большинство случаев «нарушения правил дорожного движения» связано с наездами верховых всадников и колесных транспортных средств на граждан. Решения по этим «ДТП» принимались на месте полицейским или решались на уровне мирового судьи. В то же время «смешанная» система организации движения не предполагает организации специализированных пешеходных переходов – проезжую часть можно перейти в любом месте.

2. Не требуется строительства пешеходных зон и тротуаров.

При совмещении транспортного и пешеходного потоков нет необходимости в формировании отдельных пешеходных зон и тротуаров. Функционально городская дорога совмещает в себе и проезжую часть, и тротуар. Более того, строительство тротуаров в криолитозоне по технологиям, существовавшим на первом этапе развития города и начальных стадиях второго этапа, существенно нарушает логистические принципы работы гужевого транспорта. Это связано с особенностями движения транспортных средств во время проведения грузопассажирских перевозок и особенностями обслуживания гужевого транспорта. Технология грузопассажирских перевозок гужевым транспортом в городских условиях основана на принципе «от двери до двери», т.е. исключаются даже признаки мультимодальности и перевалки. Загрузка грузов осуществляется непосредственно у двери / ворот склада / лабаза / лавки и доставляется непосредственно к двери пункта назначения. Пунктами отправки и назначения грузов обычно являются хозяйственные постройки, расположенные в глубине дворов. Пассажир садится в транспортное средство, сходя с крыльца, и доставляется непосредственно к крыльцу или двери пункта назначения. Обслуживание гужевого транспорта его владельцем также осуществляется в дворовых хозяйственных постройках. Учитывая, что в условиях криолитозоны на первом этапе развития города по технологическим причинам можно было строить тротуары только в виде деревянных настилов, поднятых над поверхностью земли, подобные конструкции перекрывали бы въезд (выезд) гужевому транспорту в дворовое пространство и создавали существенные проблемы при погрузке и выгрузке пассажиров. Строительство подобных тротуаров на первом этапе и начальных стадиях второго этапа связано не с разделением потоков пешеходов и транспорта, а обеспечением возможности передвижения пешеходов на короткие расстояния в период осенней и весенней распутиц.

3. Отсутствие деления транспорта по конфигурации и конструкционным признакам.

Гужевой транспорт не имеет привычного для современного общества подразделения на виды, типы и конфигурации. Хотя в названии транспортных средств того времени присутствует деление гужевого транспорта по его функционалу, неспециалисту нюансы подобного деления недоступны и чаще всего воспринимаются только наиболее общие понятия. Например, более или менее однозначно идентифицируются по конфигурации и функционалу термины «нарты», «карета», «кэб», «телега», «сани», «волокуша», «верховой», а термины «фургон», «двуколка», «фаэтон», «коляска», «вагонет», «розвальни», «дрожки», «бричка», «кибитка», «варух», «берлин», «тормоз», «калаш», «карриал» и многие другие воспринимаются достаточно неоднозначно. Несмотря на наличие многочисленных терминов и названий, все эти средства передвижения несут абсолютно идентичную функциональную нагрузку – осуществление грузопассажирских перевозок. Единственное непринципиальное различие заключается в объеме перевозимых грузов и количестве пассажиров, которые они могут перевезти, а также возможном соотношении грузов и пассажиров на одном транспортном средстве. В то же время с позиций сегодняшнего дня нет большой разницы между кэбом (до 600–800 кг) и дилижансом (2–3 т). Без учета размеров тягового устройства, все транспортировочные устройства для гужевого транспорта по современным меркам попадают в разряд легковых автомобилей.

4. Отсутствует необходимость в организации остановок для общественного транспорта.

На первом этапе общественный транспорт отсутствовал как таковой. По принадлежности гужевой транспорт, включая верховой, подразделяется на казенный и личный. Пассажирские перевозки по городу проводятся как на казенном, так и частном транспорте. Учитывая логисти-

Следует особо отметить, что специфика организации дорожного движения, свойственная первому этапу развития города, сохранилась примерно до 1960–1970 годов (рис. 7). Отдельные элементы особенностей организации дорожного движения первого этапа сохранились в градостроительной политике до наших дней. Например, формирование дневных и ночных стоянок частного автотранспорта на дворовых пространствах. Несомненным историческим наследием является и архитектурное решение по подъездным выходам в жилых домах, ориентированных исключительно в городские дворы. Из существовавших архитектурных элементов, обозначаемых как «парадное» и «черный ход», советскими архитекторами первый был исключен.



Рис. 7. Организация уличного движения. Предположительно период 1960–1970 гг. (открытый источник)

Начиная с 80-х гг. прошлого столетия в связи с резкой интенсификацией автомобильного движения происходят принципиальные изменения в организации дорожного движения. Они касаются разделения пешеходных и автомобильных потоков, введения обязательной регуляции транспортных и пешеходных потоков, организации движения общественного транспорта, включая строительство остановок, необходимость создания дневных и ночных стоянок и гаражей для личного и общественного транспорта, формирование торговых площадей и станций технического обслуживания автомобильного транспорта, строительство заправочных станций.

Приведение городской дорожной инфраструктуры в соответствие с действующими на момент производства работ градостроительными и дорожно-строительными нормами привело к исключительно неблагоприятным последствиям для УДС города. В центральной части города на территории, ограниченной улицами Ярославского, Чернышевского и Кулаковского, практически полностью ликвидирована дорожная сеть (см. рис. 6). Резко сократилась ширина проезжей части. У дорог, составляющих основу городской сети, ширина проезжей части, составлявшая на первом этапе 30–35 м, уменьшилась до 12–15 м. Это практически не повлияло на интенсивность движения при достаточно быстрой замене гужевого транспорта на автомобильный, но лишило дороги перспектив повышения их пропускной способности.

С другой стороны, необходимость регулирования движения на перекрестках и пешеходных переходах одновременно приводит к двухкратному снижению как интенсивности потока, так и пропускной способности дороги. Учитывая, что городская автомобильная дорога является линейным сооружением, её пропускная способность в целом будет соответствовать пропускной способности одного, самого медленного участка. Соответственно, даже наличие одного регулируемого перекрестка на городской улице снизит её пропускную способность примерно в два раза.

Особую проблему для проведения строительных работ по увеличению пропускной и транзитной способности УДС представляют отдельные исторические здания, охраняемые государством, и системы городского тепло-, водо- и газоснабжения, в первую очередь магистраль-

ные и межквартальные трубопроводы, расположенные на поверхности. Их зоны отчуждения и наличие компенсаторов, перекинутых через автодороги, блокируют даже возможность расширения улиц и увеличение их пропускной способности. Таким образом, интенсификация внутригородских грузопассажирских перевозок и повышение пропускной способности существующей УДС возможны только в результате крупномасштабного сноса или полной реконструкции придорожных зданий, сооружений и магистральных путей тепло- и водоснабжения.

Заключение

1. Основу структуры дорожной сети г. Якутска составляют дороги, проложенные в конце XVIII – начале XIX в. в соответствии с логистическими принципами организации движения гужевого транспорта. Существующая улично-дорожная сеть г. Якутска исчерпала свой потенциал по интенсификации внутригородских грузопассажирских перевозок. Город имеет очень ограниченные возможности по строительству новых дорог и не имеет перспектив расширения имеющихся.

2. Городская улично-дорожная сеть не в состоянии обеспечить пропуск дополнительных объёмов грузов, которые будут направлены по республиканской автомобильной дороге (РАД) «Умнас» к границам города после окончания строительства мостового перехода через р. Лену.

3. Повышение интенсивности внутригородских грузопассажирских возможно только после строительства городской кольцевой магистральной дороги по трассе 50 лет Советской армии – Окружное шоссе – Сергеляхское шоссе – Красильникова – Автодорожная – Чернышевского. Магистральный тип этой кольцевой дороги исключает наличие на ней регулируемых перекрестков. Все пересечения с уже построенными улицами должны быть спроектированы в виде эстакадных развязок.

4. Обеспечение беспрепятственного пропуска транзитных грузов между федеральными автомобильными дорогами (ФАД) «Виллой» и «Колыма», а также круглогодичной доставки горючесмазочных материалов на Якутскую нефтебазу в п. Жатай, после завершения строительства мостового перехода через р. Лену возможно только на основе строительства магистральной Окружной дороги по так называемому «коренному берегу» по трассе левобережье мостового перехода – РАД «Умнас» – ФАД «Виллой» – Маганский тракт – РАД «Нам» – п. Жатай.

Список литературы

1. Балынин С.Ю. Построение геометрии транспортной сети на основе существующей улично-дорожной сети города // Сборник трудов аспирантов и магистрантов. Технические науки. Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Н. Новгород, 2002. – С. 150–153.

2. Галушина Е.А., Гавриков В.А. Проблемы распределения транспортных потоков на улично-дорожной сети городов // Современная наука: теория, методология, практика: материалы 2-й Всероссийской (национальной) научно-практической конференции. – 2020. – С. 212–214.

3. Власов Д.Н., Горелова В.А., Широкая Н.В. Применение транспортно-планировочного анализа при оценке потребности в реконструкции улично-дорожной сети // Архитектура, градостроительство, историко-культурная и экологическая среда городов центральной России, Украины и Беларуси: материалы международной научно-практической конференции, посвященной памяти заслуженного архитектора РФ В.Н. Городкова. – Брянск: Брянская государственная инженерно-технологическая академия, 2014. – С. 273–278.

4. Дудников А.Н., Дудникова Н.Н., Ворошилов С.А. Характеристики опасности движения транспорта в заездных карманах остановок на улично-дорожной сети города // Современные тенденции развития и перспективы внедрения инновационных технологий в машиностроении, образовании и экономике. – 2020. – Т. 6, № 1(5). – С. 16–25.

5. Морозов Г.Н. Интенсивный и экстенсивный пути развития улично-дорожной сети в мировой практике // Новые технологии – нефтегазовому региону: материалы международной научно-практической конференции. – 2016. – С. 225–229.

6. Основные направления повышения пропускной способности улично-дорожной сети в крупных городах / В.В. Нагорный, С.Л. Надирян, Н.П. Пармухин, И.С. Сенин // Металлообработывающие комплексы и робототехнические системы – перспективные направления научно-исследовательской деятельности молодых ученых и специалистов: сборник научных трудов международной научно-технической конференции / отв. ред. А.Н. Гречухин. – 2015. – С. 112–116.

7. Гусев С.А., Маросин В.С. Дифференцирование транспортных потоков улично-дорожной сети города // Проблемы исследования систем и средств автомобильного транспорта: материалы международной очно-заочной научно-технической конференции. – 2017. – С. 136–139.

8. Гусев Е.С., Малышев В.С. Моделирование транспортных сетей, как способ оптимизации улично-дорожного движения // Научный аспект. – 2013. – № 4. – С. 164–167.

9. Кущенко Л.Е., Кущенко С.В., Днистренко Н.С. Программа для расчета степени сложности пересечения на улично-дорожной сети: свидетельство о регистрации программы для ЭВМ 2020614883, 29.04.2020. Заявка № 2020613904 от 03.04.2020.

10. Сафронов К.Э., Сафронов Э.А., Семенова Е.С. Алгоритм управления загрузкой улично-дорожной сети транспортными потоками при формировании доступной маршрутной сети // Хроники объединенного фонда электронных ресурсов «Наука и образование». – 2016. – № 11(90). – С. 41.

11. Перспективы развития улично-дорожной сети города Кызыла для увеличения пропускной способности / Д.А. Донгак, Э.Э. Ондар, О.А. Чооду, Э.Д.В. Ондар, С.Ч. Монгуш, С.И. Дамдын, А.В. Хунайоол // Естественные и технические науки. – 2016. – № 12(102). – С. 288–292.

12. Повышение пропускной способности улично-дорожной сети Волгограда / С.В. Алексиков, А.И. Лескин, Д.И. Гофман, М.И. Альшанова // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. – 2020. – № 4(81). – С. 74–83.

13. Ivanova A.E., Filippov D.V. Creation background of the Yakutsk city intelligent transport system // Amazonia investiga – 2019. – Vol. 8, no. 23. – P. 419–430.

14. Pankov V.Yu. Assessment of the Throughput and Stability of Highways in the Permafrost Zone on the Example of the City of Yakutsk // Trans Tech Publications Inc. – Switzerland, 2021, Advanced Engineering Forum. – Vol. 45

15. Панков В.Ю. Анализ возможностей интеграции нетрадиционных видов транспорта в транспортную систему Республики Саха (Якутия) на примере грузовых перевозок по маршруту п. Нижнеянк – п. Батагай: дис. ... магистра. Направление подготовки 34.04.02 «Менеджмент». Магистерская программа «Управление на транспорте». – 2018. – 109 с.

16. Родоман Б.Б. Территориальные ареалы и сети. Очерки теоретической географии. – Смоленск: Ойкумена, 1999. – 256 с.

References

1. Balyinin S.Yu. Postroyeniye geometrii transportnoy seti na osnove sushchestvuyushchey ulichno-dorozhnoy seti goroda [Building the geometry of the transport network based on the existing street and road network of the city]. *Sbornik trudov aspirantov i magistrantov. Tekhnicheskiye nauki*, 2002, pp. 150-153.

2. Galushina Ye.A., Gavrikov V.A. Problemy raspredeleniya transportnykh potokov na ulichno-dorozhnoy seti gorodov [Problems of the distribution of traffic flows on the street-road network of cities]. *Sovremennaya nauka: teoriya, metodologiya, praktika. Materialy 2-oy Vserossiyskoy (natsional'noy) nauchno-prakticheskoy konferentsii*, 2020, pp. 212-214.

3. Vlasov D.N., Gorelova V.A., Shirokaya N.V. Primeneniye transportno-planirovochnogo analiza pri otsenki potrebnosti v rekonstruktsii ulichno-dorozhnoy seti [Application of transport-planning analysis in assessing the need for the reconstruction of the street and road network]. *Arkhitektura, gradostroitel'stvo, istoriko-kul'turnaya i ekologicheskaya sreda gorodov tsentral'noy Rossii, Ukrainy i Belarusi. Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*,

posvyashchennoy pamyati zaslužhennogo arkhitekora RF V.N. Gorodkova. Bryanskaya gosudarstvennaya inzhenerno-tehnologicheskaya akademiya, 2014, pp. 273-278.

4. Dudnikov A.N., Dudnikova N.N., Voroshilov S.A. Kharakteristiki opasnosti dvizheniya transporta v zayezdnykh karmanakh ostanovok na ulichno-dorozhnoy seti goroda [Characteristics of the danger of traffic in the drive-in pockets of stops on the street-road network of the city]. *Sovremennyye tendentsii razvitiya i perspektivy vnedreniya innovatsionnykh tekhnologiy v mashinostroyeniye, obrazovanii i ekonomike*, 2020, Vol. 6, no. 1 (5), pp. 16-25.

5. Morozov G.N. Intensivnyy i ekstensivnyy puti razvitiya ulichno-dorozhnoy seti v mirovoy praktike [Intensive and extensive ways of development of the street and road network in world practice]. *Novyye tekhnologii – neftegazovomu regionu. materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*, 2016, pp. 225-229.

6. Nagornyy V.V., Nadiryay S.L., Parmukhin N.P., Senin I.S. Osnovnyye napravleniya povysheniya propusknoy sposobnosti ulichno-dorozhnoy seti v krupnykh gorodakh [The main directions of increasing the capacity of the street and road network in large cities]. *Metalloobrabatyyvayushchiye komplekсы i robototekhnicheskiye sistemy – perspektivnyye napravleniya nauchno-issledovatel'skoy deyatel'nosti molodykh uchenykh i spetsialistov. Sbornik nauchnykh trudov Mezhdunarodnoy nauchno-tehnicheskoy konferentsii. Otvetstvennyy redaktor Grechukhin A.N.*, 2015, pp. 112-116.

7. Gusev S.A., Marosin V.S. Differentsirovaniye transportnykh potokov ulichno-dorozhnoy seti goroda [Differentiation of traffic flows of the street-road network of the city]. *Problemy issledovaniya sistem i sredstv avtomobil'nogo transporta. Materialy Mezhdunarodnoy ochno-zaochnoy nauchno-tehnicheskoy konferentsii*, 2017, pp. 136-139.

8. Gusev Ye.S., Malyshev V.S. Modelirovaniye transportnykh setey, kak sposob optimizatsii ulichno-dorozhnoy dvizheniya [Modeling of transport networks as a way to optimize road traffic]. *Nauchnyy aspekt*, 2013, no. 4, pp. 164-167.

9. Kushchenko L.Ye., Kushchenko S.V., Dnistrenko N.S. Programma dlya rascheta stepeni slozhnosti peresecheniya na ulichno-dorozhnoy seti [Program for calculating the degree of complexity of the intersection on the road network]. *Svidetel'stvo o registratsii programmy dlya EVM 2020614883 (2020)*.

10. Safronov K.E., Safronov E.A., Semenova Ye.S. Algoritm upravleniya zagruzkoй ulichno-dorozhnoy seti transportnymi potokami pri formirovaniі dostupnoy marshrutnoy seti [Algorithm for controlling the loading of the street-road network by traffic flows in the formation of an accessible route network]. *Khroniki ob"yedinennogo fonda elektronnykh resursov Nauka i obrazovaniye*, 2016, no. 11 (90), p. 41.

11. Dongak D.A., Ondar E.E., Choodu O.A., Ondar E.D.V., Mongush S.CH., Damdyn S.I., Khunayool A.V. Perspektivy razvitiya ulichno-dorozhnoy seti goroda Kyzyla dlya uvelicheniya propusknoy sposobnosti [Prospects for the development of the street-road network of the city of Kyzyl to increase the capacity]. *Yestestvennyye i tekhnicheskkiye nauki*, 2016, no. 12 (102), pp. 288-292.

12. Aleksikov S.V., Leskin A.I., Gofman D.I., Al'shanova M.I. Povysheniye propusknoy sposobnosti ulichno-dorozhnoy seti Volgograda [Increasing the capacity of the Volgograd street and road network]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arkhitektura*, 2020, no. 4 (81), pp. 74-83.

13. Ivanova A. E., Filippov D. V. Creation background of the Yakutsk city intelligent transport system. *Amazonia investiga*, 2019, Vol. 8, no. 23m pp. 419-430. – англоязычная статья.

14. Pankov V. Yu. Assessment of the Throughput and Stability of Highways in the Permafrost Zone on the Example of the City of Yakutsk. *Trans Tech Publications Inc., Switzerland, Advanced Engineering Forum*, 2021, Vol. 45. – англоязычная статья.

15. Pankov V.YU. Analiz vozmozhnostey integratsii netraditsionnykh vidov transporta v transportnyuyu sistemu Respubliki Sakha (Yakutiya) na primere gruzovykh perevozok po marshrutu p. Nizhneyansk – p. Batagay [Analysis of the possibilities of integrating non-traditional modes of transport into the transport system of the Republic of Sakha (Yakutia) on the example of freight traffic along the route Nizhneyansk – Batagay]. *Master's degree dissertation*, 2018, 109 p.

16. Rodoman B.B. Territorial'nyye arealy i seti. Ocherki teoreticheskoy geografii [Territorial areas and networks. Essays on theoretical geography]. Smolensk, 1999, 256 p.

Сведения об авторе

Панков Владимир Юрьевич (Якутск, Россия) – кандидат геолого-минералогических наук, магистр направления «Менеджмент. Управление на транспорте», доцент кафедры «Автомобильные дороги и мосты» Северо-Восточного федерального университета имени М.К. Аммосова (Российская Федерация, 677000, Республика Саха (Якутия), г. Якутск, ул. Белинского, 58, e-mail: pankov1956@inbox.ru).

About the author

Vladimir Yu. Pankov (Yakutsk, Russian Federation) – Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Master of Management. Transport Management, Associate Professor of the Automobile Roads and Bridges Department of the Road Faculty of the Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosova (58, Belinsky St., Yakutsk, 677000, Russian Federation, e-mail: pankov1956@inbox.ru).

Финансирование. Статья подготовлена на основе данных, полученных автором при проведении работ в рамках НИР по государственному контракту № 0222 (0816500000621010222) от 26.10.2021 г. «Анализ транспортной инфраструктуры городской агломерации «город Якутск» с учетом строительства мостового перехода через р. Лена. Этап 1».

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Вклад автора. 100 %.

Поступила: 29.11.2022

Одобрена: 18.12.2022

Принята к публикации: 01.03.2023

Просьба ссылаться на эту статью в русскоязычных источниках следующим образом: Панков, В.Ю. Эволюция улично-дорожной сети города Якутска / В.Ю. Панков // Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. – 2023. – № 1. – С. 61–73. DOI: 10.15593/24111678/2023.01.08

Please cite this article in English as: Pankov V.Y. Evolution of the street and road network of the city of Yakutsk. *Transport. Transport facilities. Ecology*, 2023, no. 1, pp. 61-73. DOI: 10.15593/24111678/2023.01.08