

Перспективы интермодальной системы транспортного обслуживания



Нина ДАНИЛИНА

Nina V. DANILINA

Prospects of Intermodal Transport Service System

(текст статьи на англ. яз. – English text of the article – p. 147)

Статья посвящена проблемам развития интермодальной транспортной системы крупных городов и агломераций. Представлены результаты изысканий в вопросах оценки и определения перспектив транспортного обслуживания. Модель разработанной системы позволяет наглядно показать состояние транспортной сети городского поселения. Апробация предложенной модели в Московской агломерации дает возможность оценить существующую и сформировать перспективную программу развития пассажирских интермодальных перевозок, соответствующую современным требованиям к качеству транспортных услуг для населения мегаполиса.

Ключевые слова: интермодальная транспортная система, мегаполис, пассажирский транспорт, индивидуальный транспорт, транспортно-пересадочный узел, «перехватывающая» стоянка.

Данилина Нина Васильевна – кандидат технических наук, доцент кафедры «Архитектура и градостроительство» Московского государственного строительного университета, Москва, Россия.

Эволюционное развитие городов и их превращение в агломерации сопряжено с процессом усложнения транспортных связей на их территории, что влечет неизбежные изменения в организации системы транспортного обслуживания населения. Современные урбанистические тенденции определяют высокий уровень требований, предъявляемых как к связности городских территорий, так и качеству транспортных услуг для пассажиров. Научные изыскания в области планирования транспортных систем урбанизированных территорий направлены с этой точки зрения на поиск решений по адаптации существующих способов транспортного обслуживания к определенным градостроительным условиям, целью которой становится обеспечение его качественного развития [1].

Одним из наиболее перспективных направлений научных изысканий является процесс формирования городской интермодальной системы как качественно нового этапа организации транспортного обслуживания населения. Под понятием интермодальной подразумевается такая система, в которой реализуется

согласованная работа всех видов транспорта, гарантирующая минимальную трудность совершения комбинированной поездки для жителей агломерации [2]. Причем при планировании такой системы нужны четкие представления о характере взаимосвязей между мобильностью населения и возможностями существующей транспортной системы, чтобы избежать необоснованных решений по её развитию. В этом аспекте интермодальная система обладает большим потенциалом по сравнению с одномодальной.

Зарубежный термин «интермодальность» (*intermodality*) широко применяется в планировании транспортного обслуживания крупных городов и агломераций. Приоритетными задачами транспортного планирования являются не только развитие транспортной инфраструктуры, обеспечивающей возможность осуществления комбинированных поездок населения, но также и формирование потребительской лояльности к поездкам подобного рода.

Частью политики управления доступом к магистральной улично-дорожной сети, активно используемой на территории США [3], является развитие системы «перехватывающих» стоянок, формируемой вдоль линий скоростных видов пассажирского транспорта. Таким образом автовладельцам предоставляется альтернатива в виде интермодального перемещения типа «личный автомобиль – пассажирский транспорт», совершению одномодальной поездки на личном автомобиле.

Подобная практика реализуется и в крупных городах Европы. Системы «перехватывающих» стоянок эффективно работают в крупнейших мировых столицах и городах – Мюнхене, Стокгольме, Амстердаме, Париже, Мадриде, Брюсселе и многих других [4, 5].

Комбинирование нескольких видов транспорта в одной поездке широко развиты на урбанизированных территориях, транспортный каркас которых составляет один или несколько видов скоростных видов транспорта – линий скоростных автобусов (г. Куритиба, Бразилия), городской и региональной железной дороги (например, земли Германии), метрополи-

тен или системы легкорельсового транспорта, существующие в большинстве мировых столиц. Передовым опытом в проектировании пассажирских узлов (*«passenger transport transit hub»*) обладает Япония, представляя примеры высококачественных общественных пространств, организованных на пересечении различных видов транспорта [6].

Анализ зарубежных источников научных исследований показывает, что особое внимание уделяется вопросам развития эффективных интермодальных транспортных систем, соответствующих требованиям современной концепции устойчивого развития [7]. Основная цель разработок – поиск теоретического обоснования для принятия проектных решений, основанный на применении методов системного анализа [8], а также математического и компьютерного моделирования. Разработка методов оценки и прогнозирования различных параметров, определяющих работу отдельных элементов интермодальной системы, определяет её соответствие принципу триединства концепции устойчивого развития урбанизированных территорий:

– развитие социальной сферы транспортного обслуживания жителей города, направленное не только на удовлетворение спроса на транспортные услуги, но и обеспечение их качества для различных групп населения. Одним из перспективных направлений является формирование инклюзивной общественной среды [9];

– решение экологических вопросов, связанных с сохранением окружающей среды и снижением техногенного воздействия на неё [10];

– влияние развития транспортной системы на экономическое развитие города как следствие улучшения условий мобильности населения и доступа его к территориям [8].

На основе анализа существующего опыта, сформулируем основные задачи формирования интермодальной системы транспортного обслуживания:

- достижение высокого качества предлагаемых транспортных услуг в соответствии с мировыми стандартами;
- обеспечение требуемого уровня городской мобильности путем удовлетво-



Рис. 1. Варианты организации систем транспортного обслуживания населения.



рения спроса населения на транспортные услуги;

- устойчивое развитие транспортной системы и урбанизированных территорий.

На рис. 1 представлены графические модели одномодальной и интермодальной систем транспортного обслуживания, полученные на основе системного анализа состояния существующих транспортных систем [11]. Модели различаются количеством пассажирских связей, которые могут быть использованы населением для совершения поездки. Количество связей при организации интермодальной системы увеличивается пропорционально квадрату количества видов транспорта, составляющих систему. Одновременно ставится цель отразить всю сложность взаимосвязей в подобной организации транспортного обслуживания.

Комбинация из двух связей и более представляет собой способ совершения интермодальной поездки с возможностью организованной пересадки с одного вида транспорта на другой. Узловой точкой, в которой происходит взаимодействие различных видов транспорта и населения, является транспортно-пересадочный узел [11].

В настоящее время в Москве идет реализация программ по формированию ТПУ как на территории города, так и Московской области [12]. Интенсивная застройка земель Московской агломерации стимулирует соответствующее развитие системы транспортного обслуживания.

Одной из основных предпосылок, определяющих необходимость развития интермодальной системы, являются существующие параметры трудовых миграций населения, длина и длительность которых стимулируют население на поиск наиболее оптимальных, по затратам времени и денежных средств, способов совершения комбинированных поездок. По данным исследований, длина трудовых маятниковых поездок из Подмоскovie к городскому ядру составляет порядка 30 км и 14,5 км набирает в среднем длина поездки по Москве [13].

Предполагаемый эффект от формирования интермодальной системы на территории Московской агломерации должен обеспечить [12, 14, 15]:

- нормативную доступность территорий от 40 мин для Москвы и до двух часов для периферийных районов агломерации;

- снижение нагрузки на улично-дорожную сеть за счет формирования потребительской лояльности у автовладельцев к использованию пассажирского транспорта при формировании системы «перехватывающих» стоянок;

- улучшение условий перевозок на пассажирском транспорте и оптимизацию их работы при интеграции в единую транспортную систему;

- развитие территорий, находящихся в зоне пешеходной доступности от пересадочных станций – реализация принципов «*Transit oriented development*» («застройки, ориентированной на массовые виды транспорта») [11];

**Сводная таблица межсетевых коммуникационных связей в интермодальной системе
транспортного обслуживания**

Коммуникационная связь	Элементы ТПУ	Требования к планировочному решению [17–19]
«район – СВТ» «район – НПТ»	фронты посадки – высадки; пешеходные переходы; кассы / кассовые залы; залы и зоны активного ожидания;	кратчайший и свободный подход к станциям и остановочным пунктам; расчетные параметры пешеходных коммуникаций; соблюдение условий видимости и безбарьерности подхода; рекомендации по благоустройству и архитектурно-планировочному решению зоны влияния станции; информационное обеспечение; требования к инклюзивной среде.
«СВТ – НПТ» «НПТ – СВТ»	зоны пассивного ожидания; распределительный уровень; технологические помещения.	пересадка по кратчайшему расстоянию не более 150 м; мероприятия по защите от атмосферных осадков; информационное обеспечение; требования к инклюзивной среде.
«район – автотранспорт» «район – немоториз. (прочий) транспорт»	В ТПУ не осуществляется.	–
«автотранспорт – СВТ» / «автотранспорт – НПТ» / «СВТ – автотранспорт» / «НПТ – автотранспорт»	«перехватывающая» стоянка; пешеходные коммуникации; кассы / сопутствующие сервисы.	планировочные и организационные мероприятия по минимизации времени на подъезд к стоянке; информационное обеспечение; кратчайшее расстояние от входа на станцию пассажирского транспорта не более 300 м; планировочные мероприятия по обеспечению безопасности стоянки автомобиля и движения пешеходов по её территории; рекомендации по благоустройству, визуальному вписыванию в облик ТПУ; мероприятия по снижению воздействия на экосреду; требования к инклюзивной среде.
«немоториз. транспорт – СВТ» / «немоториз. транспорт – НПТ» / «СВТ – немоториз. транспорт» / «НПТ – немоториз. транспорт» «немоториз. транспорт – автотранспорт» / «немоториз. транспорт – автотранспорт»	«перехватывающая» стоянка; пешеходные коммуникации; кассы / сопутствующие сервисы.	требования безопасности. подъезда к стоянке; выделенные места для стоянки, устройства хранения; информационное обеспечение; мероприятия по обеспечению безопасности стоянки автомобиля и движения пешеходов по её территории.

– улучшение условий транспортного обслуживания «проблемных» районов, в том числе округа Новая Москва;

– улучшение транспортных связей Москвы и Московской области с целью совместного социального и экономического развития.

Таким образом, использование потенциала интермодальной системы для обеспечения транспортного обслуживания удаленных от городского центра районов становится одной из основных задач устойчивого развития урбанизированных территорий.

Существующее состояние единой системы транспортного обслуживания Москвы и области описывается моделью С на рис. 2. Она представляет собой переходное состояние от одномодальной

к интермодальной системе, но с недостаточно развитыми связями между различными видами транспорта. Наиболее сформированными выглядят связи между наземными и внеуличными видами транспорта – пересадка между ними, как и внутрисетевая пересадка, оказывается самой интенсивной по пассажиропотокам, но часто не соответствует требованиям, предъявляемым к уровню качества транспортной инфраструктуры. В стадии формирования находится система «перехватывающих» стоянок, обеспечивающих связи индивидуального транспорта с пассажирскими видами. Отдельным блоком на схеме выделены прочие виды моторизованного и немоторизованного индивидуального транспорта (мото- и велотранспорта), доля которых в городской мо-



Сводная таблица внутрисетевых коммуникационных связей в интермодальной системе транспортного обслуживания

Внутрисетевая коммуникационная связь	Элементы ТПУ	Требования к планировочному решению [17–19]
«СВТ – СВТ» «НПТ – НПТ»	пешеходные переходы; защита от атмосферных осадков; кассы, зоны ожидания, информационное обеспечение; технологические помещения; зоны пассивного ожидания.	пересадка по кратчайшему расстоянию не более 150 м; информационное обеспечение; мероприятия по защите от атмосферных осадков; информационное обеспечение; требования к инклюзивной среде.
«Автотранспорт – автотранспорт»	«перехватывающая» стоянка, зоны стоянки коммерческого транспорта; зона посадки /высадки, пешеходные коммуникации.	планировочное решение зоны для осуществления пересадки между автомобилями; информационное обеспечение.

бильности имеет тенденцию к росту, особенно в тёплый сезон.

В общем виде формула, описывающая существующее положение, выглядит так: четыре основных вида одномодальных связей и четыре межвидовые интермодальные связи, находящиеся в стадии развития.

Перспективы развития системы транспортного обслуживания Московской агломерации определяются моделью И (рис.2), в состав которой входят четыре вида транспорта: наземный (НПТ) и скоростной внеуличный пассажирский (СВТ), индивидуальный частный и коммерческий автотранспорт, а также сезонные моторизованные и немоторизованные виды (мопеды, велосипеды, самокаты и пр.). Их взаимодействие на территории ТПУ должно обеспечиваться наличием соответствующей инфраструктуры [16], связанными в единое целое пешеходными коммуникациями:

- инфраструктура пассажирского транспорта представлена обустроенными фронтами посадки-высадки, распределительным уровнем с размещением транспортных и сопутствующих сервисов, залов

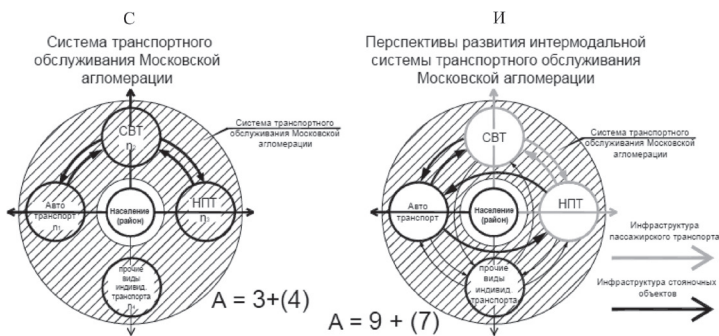
ожидания, касс, технологических помещений;

- инфраструктура стояночных объектов представлена стоянками различного типа с предусмотренными машиноместами для каждого из видов транспорта, включая велосстоянки, стоянки для мототранспорта, места для хранения малогабаритных немоторизованных транспортных средств; свою роль выполняют «перехватывающие» стоянки, кратковременные стоянки, стоянки для посадки-высадки пассажиров, коммерческие и муниципальные стоянки для общественных нужд.

Таблица 1 представляет собой сводную таблицу коммуникационных связей, обеспечивающих условия пересадки и элементов ТПУ, необходимых для её осуществления, а также ключевые планировочные требования, предъявляемые к её качеству.

В общем виде формулу перспективной системы транспортного обслуживания можно представить как девять основных связей между видами транспорта, на которые приходится наибольшая пассажиронагрузка. Транспортная инфраструктура, обеспечивающая функционирование данных связей, представляет собой ядро

Рис. 2. Система транспортного обслуживания Московской агломерации: С – существующее состояние; И – перспективы развития.



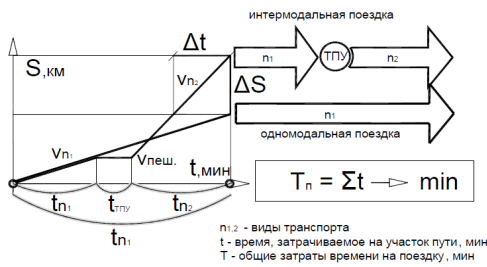


Рис. 3. Преимущества развития интермодальной системы для территории Московской агломерации.

ТПУ. Еще фигурируют пять связей мало-развитых, сезонных видов индивидуально-го транспорта, инфраструктура для кото-рых также должна быть размещена в соста-ве ТПУ в виде отдельных элементов.

Отдельно необходимо выделить внутри-сетевые связи – пересадка между различ-ными маршрутами одного и того же транс-порта. Особенно распространены пересадки внутри системы пассажирского транс-порта. Однако в настоящее время популяр-ность набирает и пересадка с лично-го на коммерческий индивидуальный транспорт, заключенный в добровольном объединении нескольких автовладельцев для совершения поездки на одном автомоби-ле в случае совпадения их маршрута. Такое явление носит название «*carpooling*» в случае, если пересадка осуществляется в автомобиль, и «*vanpooling*», если пересадка происходит в минивен. Оно широко распространено в США и, по оценкам специалистов [16, 18], имеет будущее и в России. Виды внутрисетевых пересадок и инфраструктура, обеспечивающая их осуществление, представлены в таблице 2.

К каждой из связей, имеющей отноше-ние к поездке и осуществляемой в ТПУ, предъявляется комплекс требований, реали-зация которых должна происходить сначала на стадии разработки проекта его планировки, а затем непосредственно на стадии организации работы узла и управ-ления им. К ключевым требованиям отно-сятся:

- минимальные затраты времени на пересадку, определяющие её трудность;
- комфортность условий ожидания, движения с участием пешеходов, малоомо-бильных групп населения;
- безопасность функционирования ТПУ и её отдельных элементов, строений, комму-никаций, соблюдение экологии среды и т.п.

Подобные требования будут определять качество всей системы транспортного обслу-живания и городской среды в целом [7].

Следует выделить две тесно взаимосвя-занные цели развития интермодальной сис-темы, направленные на решение двух основ-ных задач городского транспортного плани-рования (рис. 3):

1. Улучшение условий доступности город-ских территорий, которое определяется возможностью комбинирования различных видов транспорта, использованием потенциала скоростного режима, который позволяет перемещаться на более дальние расстояния за тот же промежуток времени по сравнению с одноимодальной поездкой.

2. Улучшение условий мобильности насе-ления, определяемое более низкой трудно-стью поездки на одно и то же расстояние при выборе комбинированной поездки в каче-стве способа перемещения. Ярким примером здесь может являться сравнение затрат вре-мени на совершение одной и той же центро-стремительной поездки с трудовыми целями: затраты времени на движение на личном автомобиле по перегруженной в утренние часы улично-дорожной сети могут в 2–3 раза превышать затраты времени на комби-нированную поездку с использованием метрополитена.

Основной трудностью формирования интермодальной системы транспортного обслуживания являются большие финан-совые и организационные затраты на каж-дой из стадий её планирования и проек-тирования. Вопросы нахождения оптимумов между объёмами строительства транспортной инфраструктуры, их каче-ством и стоимостью реализации проектов в данном аспекте являются областью перспективных междисциплинарных транспортных, экономических, социаль-ных исследований.



В заключение выделим основные перспективные направления организации интермодальной системы транспортного обслуживания как для Московской агломерации, так и крупных городов, имеющих схожие тенденции развития:

- приоритетное развитие всех систем пассажирского транспорта;
- создание и внедрение инновационных форм транспортного обслуживания населения;
- совершенствование качества обслуживания и доступности услуг пассажирских перевозок общего пользования;
- управление доступом к улично-дорожной сети агломераций и городов, приближение для населения их центров, в том числе за счет скоростного движения;
- взаимодействие между разными видами пассажирского транспорта;
- повышение привлекательности пассажирского транспорта общего пользования по сравнению с личным автомобилем;
- учёт экономических, социальных и экологических составляющих организации и функционирования транспортной системы в качестве факторов, формирующих её устойчивость и долгосрочность;
- координация деятельности органов федеральной и муниципальной власти, частных инвесторов, научно-проектных институтов и других возможных участников процесса по разработке и реализации транспортных стратегий, управления объектами транспортного комплекса, развития и совершенствования сферы транспортного обслуживания населения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ларин О. Н. Организация пассажирских перевозок: Учеб. пособие. — Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2005. — 104 с.
2. Власов Д. Н. Научно-методологические основы развития агломерационных систем транспортно-пересадочных узлов (на примере Московской агломерации) / Автореф. дис... док. техн. наук. — М., 2013. — 35 с.
3. Access and roadside management standards // South Carolina department of transportation, 2008. — 130 p.
4. Vukan R. Vuchic Urban Transit Systems and Technology // Wiley, USA, 2007, 624 p.
5. Pekina E., Macharisa C., etc. Location Analysis Model for Belgian Intermodal Terminals: Importance of

the value of time in the intermodal transport chain // [Электронный ресурс] DOI: 10.1016/j.compind.2012.06.001. Доступ 31.07.2016.

6. Власов Д. Н. Пересадка по-японски // Архитектура и строительство Москвы. — 2010. — № 2. — С. 22–28.
7. Indicators to Assess Sustainability of Transport Activities, European Commission, Joint Research Centre, Institute for Environment and Sustainability, Report 2007. [Электронный ресурс] DOI: 10.2788/54736. Доступ 31.07.2016.
8. Litman T. Introduction to Multi-Modal Transportation Planning: Principles and Practices // Victoria Transport Policy Institute, 2012. [Электронный ресурс]: www.vtpi.org. Доступ 31.07.2016.
9. Transit design standarts manual // City Planning Department, Lousville, USA, 2013, 80 p.
10. Shherbina E. V., Danilina N. V., Vlasov D. N. City planning issues for sustainable development // International Journal of Applied Engineering Research. т. 10. № 22, 2015, с. 43131–43138.
11. Данилина Н., Власов Д., Система транспортно-пересадочных узлов и «перехватывающие» стоянки: Монография. — Saarbrucken: Lap Lambert Academic Publishing, 2013. — 88 с.
12. Транспортно-пересадочные узлы: карты развития дорожно-транспортной инфраструктуры. — Официальный сайт комплекса градостроительной политики и строительства города Москвы. [Электронный ресурс]: <http://old.stroi.mos.ru/TPU-air>. Доступ 31.07.2016.
13. Шитова Ю. Ю., Шитов Ю. А. Индивидуальные характеристики маятниковой трудовой миграции в Подмосковье: ГИС-анализ микроданных / Международный университет природы, общества и человека «Дубна», работа выполнена в рамках гранта РФФИ 11–06–00323–а. — 2011. — 9 с.
14. Danilina N. V. Intermodal system for mobility demand in the realities of the Russian Federation: reality and forecast // E3S Web of Conferences, ICSC (2016), DOI: 10.1051/e3sconf/2016.
15. Vlasov D., Danilina N. Scientific and Methodological Basis of Development of the Park-and-Ride Facilities in the Intermodal Transport Hubs of Moscow Agglomeration // Advanced Materials Research Vol. 869–870 (2014), pp. 201–204 (2014). Trans Tech Publications, Switzerland. [Электронный ресурс]: DOI:10.4028/www.scientific.net/AMR.869–870.201. Доступ 31.07.2016.
16. Durán Bernal L., Basic Parameters for the Design of Intermodal Public Transport Infrastructures // Transportation Research Procedia, Vol. 14, 2016, pp. 499–508.
17. Постановление правительства Москвы от 23.12.2015 № 945-ПП «Об утверждении региональных нормативов градостроительного проектирования города Москвы в области транспорта, автомобильных дорог регионального или муниципального значения. [Электронный ресурс]: <http://www.consultant.ru/cons/CGI/online.cgi?req=doc&base=MLAW&n=167806#0>. Доступ 31.07.2016.
18. Spillar R. Park-and-Ride Planning and Design Guidelines // New York, Parsons Brinckerhoff Inc. 1997, 220 p.
19. Guide for park and ride facilities // American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, USA, 2004, 154 p. ●

Координаты автора: **Данилина Н. В.** – nina_danilina@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 31.07.2016, принята к публикации 21.10.2016.

PROSPECTS OF INTERMODAL TRANSPORT SERVICE SYSTEM

Danilina, Nina V., Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia.

ABSTRACT

The article is devoted to the problems of development of intermodal transport system of large cities and agglomerations. The results of surveys regarding evaluation and identification of the prospects of transport service are presented. The model of the developed system allows to visually

show the state of the urban transport network. Approbation of the proposed model in Moscow agglomeration makes it possible to assess the existing and develop a promising program for development of passenger intermodal transport, which corresponds to the modern quality of transport services for the population of the metropolis.

Keywords: intermodal transport system, metropolis, passenger transport, individual transport, transport and transfer hub, «intercepting» parking.

Background. Evolutionary development of cities and their transformation into an agglomeration is associated with the process of complicating transport links on their territory, which entails unavoidable changes in the organization of the public transportation system. Modern urban trends determine the high level of requirements imposed both on coherence of urban areas and on the quality of transport services for passengers. Scientific researches in the field of planning of transport systems of urbanized territories are directed from this point of view to find solutions concerning adapting existing methods of transport services to certain urban development conditions, which goal is to ensure its qualitative development [1].

One of the most promising areas of scientific research is the process of developing a city intermodal system as a qualitatively new stage in the organization of transport services for the population. The term intermodal means such a system in which the coordinated work of all modes of transport is realized, which guarantees the minimum difficulty of making a combined trip for inhabitants of the metropolitan area [2]. Moreover, when planning such a system, it is necessary to have clear ideas about the nature of the interrelationships between the mobility of the population and the capabilities of the existing transport system in order to avoid unreasonable decisions on its development. In this aspect, the intermodal system has a great potential in comparison with the unimodal one.

Objective. The objective of the authors is to consider prospects of intermodal transport service system.

Methods. The author uses general scientific methods, comparative analysis, analytical method.

Results. The international term «intermodality» is widely used in planning transport services for large cities and agglomerations. Priority tasks of transport planning are not only the development of transport infrastructure that provides the possibility of carrying out combined trips of the population, but also the formation of consumer loyalty to trips of this kind. Part of the policy of access control to the main street network, which is actively used in the US [3], is the development of a system of «intercept» parking facilities, formed along the lines of high-speed passenger transport. Thus, car owners are provided with an alternative in the form of intermodal transportation such as «personal car – passenger transport», making a one-model trip on a private car. This practice is also being implemented in the major cities of Europe. The systems of «intercepting» parking are efficiently operating in the world's largest capitals and cities –

Munich, Stockholm, Amsterdam, Paris, Madrid, Brussels, many others [4, 5]. The combination of several modes of transport in one trip is widely developed in urbanized areas, the transport framework of which constitutes one or several types of high-speed transport modes – high-speed bus lines (Curitiba, Brazil), urban and regional railway (for example, the lands of Germany), underground or systems of light rail transport existing in most world capitals. Japan has an advanced experience in the design of passenger transport transit hub, presenting examples of high-quality public spaces organized at the intersection of various modes of transport [6].

Analysis of foreign sources of scientific research shows that special attention is paid to the development of effective intermodal transport systems that meet the requirements of the modern concept of sustainable development [7]. The main goal of the development is the search for a theoretical basis for making practical design decisions, based on the application of methods of system analysis [8], as well as mathematical and computer modeling. The development of methods for estimating and forecasting various parameters that determine the work of individual elements of the intermodal system determines its correspondence with the principle of the trinity of the concept of sustainable development of urbanized territories:

- development of the social sphere of transport services for the population, aimed not only at meeting the demand for transport services, but also ensuring their quality for various groups of the population. One of the most promising areas is the formation of an inclusive public environment [9];

- the solution of environmental issues related to the preservation of the environment and the reduction of the technogenic impact on the environment [10];

- the influence of the development of the transport system on the economic development of the city as a consequence of improving the conditions of population mobility and access to its territories [8].

Based on the analysis of existing experiences, we formulate the main tasks of forming an intermodal transport service system:

- achievement of high quality of the proposed transport services in accordance with world standards;

- ensuring the required level of urban mobility by meeting the population's demand for transport services;

- sustainable development of the transport system and urbanized areas.

Pic. 1 presents graphical models of unimodal and intermodal transport service systems obtained on the basis of a system analysis of the state of existing

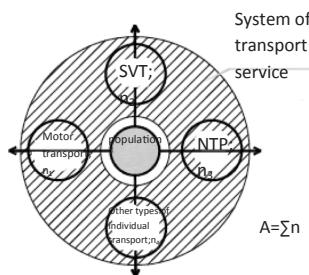


Table 1

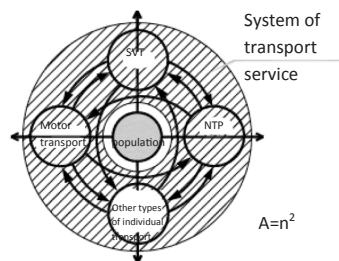
Summary table of internetwork communication links in the intermodal transport service system

Communication link	TIH elements	Requirements to the planning decision [17–19]
«district – SVT» «district – NPT»	fronts of embarkation – disembarkation; pedestrian crossings; cash desks; halls and zones of active waiting; passive waiting zones; distribution level;	Shortest and free approach to stations and stopping points; Design parameters of pedestrian communications; observance of visibility conditions and barrier-free approach; Recommendations on landscaping and architectural and planning decisions of the zone of influence of the station; Information support; Requirements for an inclusive environment.
«SVT – NPT» «NPT – SVT»	technological premises.	Interchange by the shortest distance not more than 150 m; Measures to protect against atmospheric precipitation; Information support; Requirements for an inclusive environment.
«district – motor transport» «district – non-motorized (other) transport»	not carried out in TIH	–
«Motor transport – SVT» / «Motor transport – NPT» / «SVT – motor transport» / «NPT – motor transport»	«Interception» parking; pedestrian communications; cash desks / related services	Planning and organizational measures to minimize the time for approaching the parking lot; Information Support; The shortest distance from the entrance to the station of passenger transport is not more than 300 m; Planning activities to ensure the safety of parking and movement of pedestrians on its territory; Recommendations for improvement, visual inclusion in the image of TIH; Measures to reduce the impact on the environment; Requirements for an inclusive environment
«Non-motorized transport – SVT»/ «Non-motorized transport – NPT»/ «SVT – non-motorized transport»/ «NPT – non-motorized transport» «non-motorized transport – motor transport»/ «non-motorized transport – motor transport»	«Interception» parking; pedestrian communications; cash desks / related services	Safety requirements for approaching the parking lot; Allocated parking spaces, storage devices; Information Support; Measures to ensure the safety of parking and the movement of pedestrians through its territory.

Transport service system with non-developed intermodal links (unimodal links)



Intermodal transport service system



A – total number of possible ways of traveling;
n – modes of transport.

Pic. 1. Variants of organization of transport services for the population.

Table 2

Summary table of intra-network communication links in the intermodal transport service system

Intra-network communication link	TIH elements	Requirements to the planning solution [17–19]
«SVT – SVT» «NPT – NPT»	Pedestrian crossings; Protection against atmospheric precipitation; Cash desks, waiting areas, information support; Technological premises; Passive waiting zones.	Interchange by the shortest distance not more than 150 m; Information Support; Measures to protect against atmospheric precipitation; Information Support; Requirements for an inclusive environment.
«Motor transport – motor transport»	«Interception» parking, Parking areas of commercial vehicles; Embarkation / disembarkation zone, Pedestrian communications	Planning solution of the zone for carrying out an interchange between cars; Information Support.

transport systems [11]. Models differ in the number of passenger connections that can be used by the population to travel. The number of links in the organization of the intermodal system increases in proportion to the square of the number of modes of transport that make up the system. At the same time, the goal is to reflect the complexity of the interconnections in a similar organization of transport services.

The combination of two links and more is a way of making an intermodal travel with the possibility of an organized transfer from one mode of transport to another. The junction point in which the interaction of various modes of transport and the population occurs is the transport interchange hub [11].

Currently, Moscow is implementing programs to build TIH both in the city and in Moscow region [12]. Intensive land development of Moscow agglomeration stimulates the corresponding development of the transport service system.

One of the main prerequisites determining the need for development of an intermodal system is defined by the existing parameters of labor migration of the population, the length and duration of which stimulate the population to search for the most optimal ways of making combined trips in terms of time and money. According to research, the length of labor pendulum trips from the Moscow region to the urban core is about 30 km, and 14.5 km is the average length of travel around Moscow [13].

The expected effect of the formation of an intermodal system on the territory of the Moscow agglomeration should provide [12, 14, 15]:

- normative accessibility of territories, ranging from 40 minutes for the territory of Moscow to 2

hours for the peripheral areas of the Moscow agglomeration;

- reduction of the load on the street-road network due to the formation of consumer loyalty among car owners for the use of passenger transport in the formation of a system of «intercepting» parking;

- improvement of conditions of transportation in passenger transport and optimization of their work during integration into a single transport system;

- development of territories located in the zone of pedestrian access from interchange stations – implementation of the principles of «Transit oriented development» [11];

- improvement of transport services for «problematic» areas, including the «New Moscow» district;

- improvement of transport links between Moscow and Moscow region for the purpose of joint social and economic development.

Thus, using the potential of the intermodal system to provide transport services to remote areas from the city center is becoming one of the main tasks of sustainable development of urbanized territories.

The existing state of the unified transport system in Moscow and the region is described by model C in Pic. 2. It is a transition state from a unimodal to an intermodal system, but with insufficiently developed connections between different modes of transport. The most well-formed are the connections between ground and extra-modal modes of transport – interchange between them, as well as an intranet interchange, but often does not meet the requirements for the quality level of the transport infrastructure. At the stage of

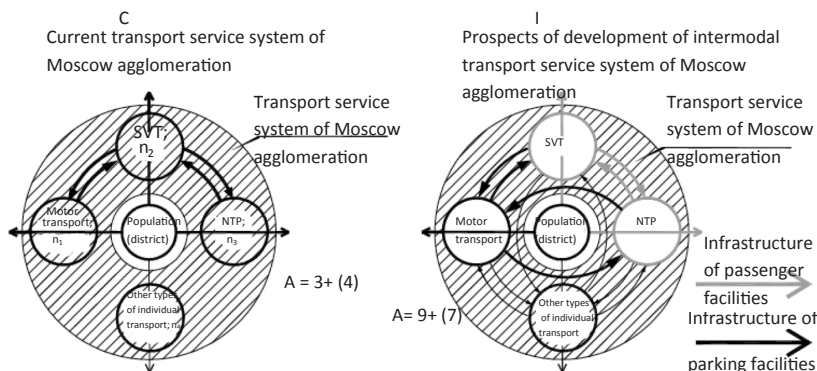
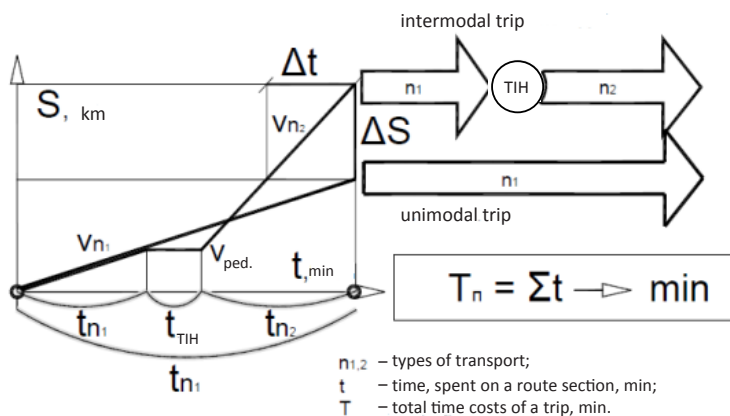


Fig. 2. The system of transport services of the Moscow agglomeration: C – existing state; I – prospects for development.





Pic. 3. Advantages of developing an intermodal system for the territory of the Moscow agglomeration.

formation, there is a system of «intercepting» parking facilities that provide communications of individual transport with passenger types. Other types of motorized and non-motorized individual transport (motorcycle and bicycle transport), which share in urban mobility tend to grow, are shown as a separate block in the scheme, especially in the warm season.

In general terms, the formula describing the existing situation looks like this: four main types of unimodal links and four inter-species intermodal links that are under development.

Prospects for development of the intermodal transport service system of Moscow agglomeration are determined by the model I (Pic. 2), which includes four types of transport: ground (NTP) and passenger rapid transit (SVT), individual private and commercial vehicles, as well as seasonal motorized and non-motorized types (mopeds, bicycles, scooters, etc.). Their interaction on the territory of TIH should be ensured by the presence of an appropriate infrastructure [16], connected in a single whole by pedestrian communications:

- infrastructure of passenger transport is represented by equipped embarkation – disembarkation fronts, distribution level with accommodation of transport and related services, waiting rooms, cash offices, technological premises;
- infrastructure of parking facilities is represented by parking lots of various types with the parking spaces provided for each of the modes of transport, including bicycle parking, parking for moto transport, places for storage of small non-motorized vehicles; its role is played by «intercepting» parking lots, short-term parking, parking lots for embarking and disembarking of passengers, commercial and municipal parking for public needs.

Table 1 is a summary table of communication links that provide the conditions for interchange and TIH elements necessary for its implementation, as well as key planning requirements for its quality.

In general, the formula for a prospective transport service system can be presented as nine basic links between modes of transport, which account for the largest passenger load. The transport infrastructure providing the functioning of these links is the core of TIH. There are also five links of less developed, seasonal types of individual transport, the infrastructure for which should also be placed in the structure of TIH in the form of separate elements.

Besides, it is necessary to allocate intranetwork connections – interchange between different routes of

the same transport. Particularly common are interchanges within the passenger transport system. However, at the present time, the popularity is gaining also the interchange from personal to commercial individual transport, concluded in the voluntary association of several car owners to make a trip on one car in case of coincidence of their route. This phenomenon is called: «carpooling» in case the interchange is carried into the car and «vanpooling», if the interchange takes place in the minivan. It is widely distributed in the US and, according to experts [16, 18], has a future in Russia. Types of intranet interchanges and the infrastructure providing their implementation are presented in Table 2.

Each of the links pertaining to the trip and carried out in the TIH is presented with a set of requirements, the implementation of which must occur first at the stage of development of the Project for its planning and, and then directly at the stage of organization and management of the hub. Key requirements include:

- minimum time spent on interchange, which determines its difficulty;
- comfort of waiting conditions, traffic with the participation of pedestrians, low mobility groups;
- safety of functioning of TIH and its separate elements, structures, communications, observance of environment ecology, etc.

Such requirements will determine the quality of the entire system of transport services and the urban environment in general [7].

Two closely interrelated goals for the development of the intermodal system should be singled out, aimed at solving two basic tasks of urban transport planning (Pic. 3):

1. Improving the conditions for accessibility of urban areas, which is determined by the possibility of combining different modes of transport, using the potential of the speed regime, which allows to move to longer distances over the same period of time compared to a unimodal trip.

2. Improving the conditions for mobility of the population, determined by the lower difficulty of traveling to the same distance when choosing a combined trip as a mode of transportation. A striking example here can be a comparison of the time spent on the same centripetal trip with work objectives: the time spent on driving on a personal car over an overworked in the morning hours of the road network can be 2–3 times the time required for a combined trip using underground.

The main difficulty in forming an intermodal transport service system is large financial and

organizational costs at each stage of its planning and design. The issues of finding optimums between the volumes of construction of the transport infrastructure, its quality and the cost of implementing projects, in this aspect, form an area of promising interdisciplinary transport, economic, social research.

Conclusion. In conclusion, we will outline the main promising directions for organization of an intermodal transport service system for both the Moscow agglomeration and major cities with similar development trends:

- priority development of all passenger transport systems;
- creation and implementation of innovative forms of transport services for the population;
- improving the quality of service and accessibility of public transportation services;
- management of access to the street-road network of agglomerations and cities, approaching their centers for the population of, including due to high-speed traffic;
- interaction between different types of passenger transport;
- increasing the attractiveness of passenger transport of general use in comparison with a private car;
- taking into account the economic, social and environmental components of the organization and functioning of the transport system as factors that shape its sustainability and long-term;
- coordination of the activities of federal and municipal authorities, private investors, scientific and design institutes and other possible participants in the process of developing and implementing transport strategies, managing the facilities of the transport complex, developing and improving the transport services of the population.

REFERENCES

1. Larin, O. N. Organization of passenger transportation: educational guide [*Organizacija passazhirskih perevozok: Ucheb. posobie*]. Chelyabinsk, Izd-vo JuUrGU, 2005, 104 p.
2. Vlasov, D. N. Scientific and methodological foundations for development of agglomeration systems of transport-interchange hubs (the example of the Moscow agglomeration) / Abstract of D.Sc. (Eng.) thesis [*Nauchno-metodologicheskie osnovy razvitiya aglomeratsionnykh sistem transportno-peresadochnykh uzlov (na primere Moskovskoy aglomeratsii)*]. Avtoref. dis... dok. tehn.]. Moscow, 2013, 35 p.
3. Access and roadside management standards. South Carolina department of transportation, 2008, 130 p.
4. Vukina R. Vuchic Urban Transit Systems and Technology. Wiley, USA, 2007, 624 p.
5. Pekina E., Macharisa C., et al. Location Analysis Model for Belgian Intermodal Terminals: Importance of the value of time in the intermodal transport chain. [Electronic resource] DOI:10.1016/j.compind.2012.06.001. Last accessed 31.07.2016.
6. Vlasov, D. N. Interchange Japanese-style [*Peresadka po-japonski*]. *Arhitektura i stroitel'stvo Moskvy*, 2010, Iss. 2, pp. 22–28.
7. Indicators to Assess Sustainability of Transport Activities, European Commission, Joint Research Centre, Institute for Environment and Sustainability, Report 2007

[Electronic resource] DOI: 10.2788/54736. Last accessed 31.07.2016.

8. Litman T. Introduction to Multi-Modal Transportation Planning: Principles and Practices. Victoria Transport Policy Institute, 2012 [Electronic resource] URL: www.vtpi.org. Last accessed 31.07.2016.

9. Transit design standards manual. City Planning Department, Louisville, USA, 2013, 80 p.

10. Shherbina E. V., Danilina N. V., Vlasov D. N. City planning issues for sustainable development. *International Journal of Applied Engineering Research*, Vol. 10, Iss. 22, 2015, pp. 43131–43138.

11. Danilina, N., Vlasov, D., System of transport-interchange hubs and «intercepting» parking: Monograph. Saarbrücken, Lap Lambert Academic Publishing, 2013, 88 p.

12. Transport-interchange hubs: road and transport infrastructure development maps [*Transportno-peresadochnie uzly: karty razvitiya dorozhno-transportnoi infrastruktury*]. Official site of the complex of town-planning policy and construction of the city of Moscow [Electronic resource] http://old.stroi.mos.ru/TPU-aip. Last accessed 31.07.2016.

13. Shitova, Yu. Yu., Shitov, Yu. A. Individual characteristics of the pendulum labor migration in the Moscow region: GIS analysis of micro data [*Individual'nye karakteristiki majatnikovoy trudovoy migratsii v Podmoskov'e: GIS-analiz mikro-dannykh*]. International University of Nature, Society and Man «Dubna», the work was carried out within the framework of the RFBR grant 11-06-00323-a. 2011, 9 p.

14. Danilina N. V. Intermodal system for mobility demand in the realities of the Russian Federation: reality and forecast. E3S Web of Conferences, ICSC (2016) [Electronic resource] DOI: 10.1051/e3sconf/2016. Last accessed 31.07.2016.

15. Vlasov D., Danilina N. Scientific and Methodological Basis of Development of the Park-and-Ride Facilities in the Intermodal Transport Hubs of Moscow Agglomeration. *Advanced Materials Research*, Vol. 869–870 (2014), pp. 201–204 (2014). Trans Tech Publications, Switzerland [Electronic resource] DOI:10.4028/www.scientific.net/AMR.869–870.201. Last accessed 31.07.2016.

16. Durán Bernal L., Basic Parameters for the Design of Intermodal Public Transport Infrastructures. *Transportation Research Procedia*, Vol. 14, 2016, pp. 499–508.

17. Decree of Moscow Government dated December 23, 2015 № 945-PP «On approval of regional standards of urban design of the city of Moscow in the field of transport, highways of regional or municipal significance [*Postanovlenie Pravitel'stva Moskvy ot 23.12.2015 № 945-PP «Ob utverzhdenii regional'nykh normativov gradostroitel'nogo proektirovaniya goroda Moskvy v oblasti transporta, avtomobil'nykh dorog regional'nogo ili municipal'nogo znachenija*]. [Electronic resource]: http://www.consultant.ru/cons/CGI/online.cgi?req=doc&base=MLAW&n=167806#0. Last accessed 21.03.2017.

18. Spillar R. Park-and-Ride Planning and Design Guidelines. New York, Parsons Brinckerhoff Inc., 1997, 220 p.

19. Guide for park and ride facilities. American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, USA, 2004, 154 p.

Information about the author:

Danilina, Nina V. – Ph.D. (Eng.), associate professor of the department of Architecture and Urban Development of Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia, nina_danilina@mail.ru.

Article received 31.07.2016, accepted 21.10.2016.

