

На правах рукописи

**ВЛАСОВ ДЕНИС НИКОЛАЕВИЧ**

**НАУЧНО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАЗВИТИЯ  
АГЛОМЕРАЦИОННЫХ СИСТЕМ ТРАНСПОРТНО-  
ПЕРЕСАДОЧНЫХ УЗЛОВ  
(на примере Московской агломерации)**

Специальность 05.23.22 –  
Градостроительство, планировка сельских населенных пунктов

**АВТОРЕФЕРАТ**  
диссертации на соискание ученой степени  
доктора технических наук

Москва 2013

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Московский государственный строительный университет»

Научный консультант доктор технических наук, профессор  
**Щербина Елена Витальевна,**

Официальные оппоненты **Михайлов Александр Юрьевич,**  
доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВПО «Иркутский государственный технический университет», профессор кафедры «Менеджмент на автомобильном транспорте»

**Поспелов Павел Иванович,** доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВПО «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)», профессор кафедры «Изыскания и проектирование дорог»

**Курбатова Анна Сергеевна,** доктор географических наук, директор ООО "Институт комплексного развития территорий»

Ведущая организация ГУП Московской области «Научно-исследовательский и проектный институт градостроительства»

Защита состоится 18 декабря 2013 года в 14.00 на заседании диссертационного совета Д 212.138.09, созданном на базе ФГБОУ ВПО «МГСУ», по адресу: 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, «Открытая сеть» аудитория № 9

С диссертацией можно ознакомиться в научно-технической библиотеке ФГБОУ ВПО «Московский государственный строительный университет»

Автореферат разослан 7 ноября 2013 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета



Ляпин Антон Валерьевич

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность проблемы.** Важнейшими задачами градостроительства являются: улучшение основных параметров среды обитания и жизнедеятельности людей и обеспечение устойчивого развития окружающей среды, в интересах живущего и последующего поколений. Интенсивность урбанизационных процессов, характерная для XX – XXI веков, делает основной средой обитания человека поселения городского типа, и их высшие формы агломерации и конурбации. Агломерация является: «ключевой формой расселения, главными узлами опорного каркаса территориальной организации страны, центрами наращивания и реализации инновационного потенциала»<sup>1</sup>.

Суть агломерационных процессов – формирование единой, пространственно и функционально связанной городской среды, в которой развитая транспортная инфраструктура объединяет в единое целое одно или несколько городских ядер и систему подцентров различного уровня, являясь одним из основных факторов формирования среды комфортной для проживания. Формирование агломераций диктует необходимость создания современной системы пассажирского транспорта, призванной обеспечить возрастающий спрос на услуги транспортной инфраструктуры.

Важнейшим элементом транспортной инфраструктуры, обеспечивающим межвидовое взаимодействие различных систем пассажирского транспорта, взаимодействие с индивидуальным транспортом, связанность транспортной инфраструктуры с территорией агломерации – являются транспортно-пересадочные узлы (ТПУ).

С планировочной точки зрения ТПУ являются одной из основ формирования полицентрической структуры агломерации, а высокие показатели качества транспортного обслуживания территорий, прилегающих к ТПУ, создают предпосылки для их приоритетного развития.

В мировой практике градостроительства накоплен богатый опыт формирования и развития транспортно-пересадочных узлов. Примеры мы видим в Соединенных Штатах Америки, Европе, особенно развитие подобные узлы получили в странах Азии, в частности в Японии. Полный перенос зарубежных методики и практики формирования ТПУ на отечественную землю не представляется возможным, что связано с целым рядом факторов (организация работ систем пассажирского транспорта, интенсивность пассажиропотоков, законодательная база и т.д. и т.п.).

На территориях российских агломераций назрела насущная необходимость комплексной реконструкции транспортной инфраструктуры, одним из основных направлений которой является формирование и развитие системы современных транспортно-пересадочных узлов, обеспечивающих

---

<sup>1</sup> Лаппо Г. «Агломерации России: инновационный потенциал страны» - Grado журнал о градостроительстве и архитектуре -- № 1, 2011 г. с. 46 – 49

интермодальное взаимодействие всех элементов транспортной системы и городской среды. Диссертационная работа, посвященная разработке научно-методологических основ развития системы ТПУ, рассмотрения ее как сложной математической системы, а, следовательно, и изучения с использованием математической статистики, системного анализа и имитационного моделирования – актуальна и позволяет получить решение важной научной проблемы, имеющей отраслевое и социальное значение – обеспечение приоритета общественного транспорта.

**Цель работы.** Разработка научно-методологических основ развития агломерационных систем транспортно-пересадочных узлов, формирующих транспортный каркас агломерации и обеспечивающих приоритетное развитие общественного транспорта.

Для достижения поставленной в работе цели необходимо было решить следующие **задачи**:

- выполнить аналитический обзор и анализ научно-технической литературы, отечественного и зарубежного опыта развития ТПУ. Обосновать научную новизну исследования, выполнить постановку задач и определить методы исследования;
- на основе системного анализа построить и обосновать иерархическую систему ТПУ, определить её положение как важнейшего элемента в транспортной инфраструктуре страны, обеспечивающего взаимодействие всех видов транспорта;
- на основе системного изучения структурировать исходные данные и цели функционирования системы ТПУ агломерации, разработать имитационная модель системы – «транспортно-пересадочный узел»;
- определить состав системы ТПУ агломерационного уровня, разработать классификацию ТПУ агломераций;
- разработать методологию транспортно-планировочного анализа территории агломерации с определением приоритетных направлений развития системы ТПУ.
- апробировать теоретические разработки на примере системы ТПУ Московской агломерации.
- разработать требования к транспортно-пересадочным узлам, которые необходимо учитывать при разработке федеральных и региональных нормативов.
- разработать рекомендации по практическому использованию результатов исследования.

**Объект исследования** – система транспортно-пересадочных узлов агломерации, как совокупность взаимодействующих пространственных подсистем, сооружений и устройств ТПУ.

**Предметом исследования** являются закономерности, позволяющие определить основы формирования системы ТПУ агломерации и повысить эффективность функционирования системы пассажирского транспорта.

**Методы исследования** – системный анализ, комплексный подход к решению научно-методологических, теоретических и экспериментальных

задач, методы математической статистики. Натурные обследования ТПУ Московской агломерации, реализация проектного эксперимента с использованием методов статистического и системного анализа, имитационного моделирования.

**На защиту выносятся:**

- общие положения по составу и формированию системы ТПУ;
- имитационная модель системы ТПУ, учитывающая отечественные особенности функционирования систем пассажирского транспорта;
- классификация и состав системы ТПУ агломераций;
- методология транспортно-планировочного анализа территории агломерации, с определением приоритетных направлений развития системы ТПУ;
- рекомендации по разработке документации по планировке территории транспортно-пересадочных узлов.

**Научная новизна:**

- Впервые обосновано, что система ТПУ представляет самостоятельную и значимую часть транспортной инфраструктуры, определяющую эффективность транспортного каркаса агломерации с позиции развития общественного транспорта. Разработана классификация ТПУ;
- Разработаны основные подходы и принципы построения математической модели системы «транспортно-пересадочный узел», с учетом развития транспортного каркаса и его места в системе ТПУ;
- Проработаны методологические основы развития системы ТПУ агломерации;
- Получены данные проектного эксперимента, выполненного на примере Московской агломерации, которые обосновывают теоретические исследования и достоверность полученных результатов.

**Достоверность теоретических положений работы, ее практических результатов, рекомендаций и выводов определяется:** строгостью применяемых методов моделирования и математической статистики; данными многолетних исследований интенсивности транспортных и пассажирских потоков в ТПУ; тестированием разработанной модели с использованием данных реальных ТПУ; статистическим контролем сходимости результатов экспериментальных исследований с данными натурных обследований ТПУ.

**Практическая ценность работы.** На основании предложенных методик:

- разработаны требования к транспортно-пересадочным узлам, которые рекомендованы для включения в нормативно-методические документы федерального и регионального уровней.
- определены типовые планировочные схемы, которые возможно использовать при разработке документации по планировке территории ТПУ;

- предложены показатели транспортной и социально-экономической эффективности формирования системы ТПУ, позволяющие проводить оценку проектных решений.

**Реализация результатов исследования.** Результаты, полученные в рамках настоящей диссертационной работы, были использованы в проектных работах, выполненных по заказу департаментов Правительства Москвы и коммерческих структур:

- «Градостроительная концепция строительства транспортно-пересадочных узлов» - утверждена Распоряжением Правительства Москвы №1699-РП от 01.09.2005 года;
- «Предложения по формированию транспортно-пересадочного узла «Планерная» и схемы транспортного обслуживания терминала в составе предпроектных архитектурно-градостроительных проработок»;
- «Предложения по развитию транспортно-пересадочного узла в районе станции метрополитена «Тушинская» со схемой транспортного обслуживания терминала в составе предпроектных архитектурно-градостроительных проработок»;
- «Выполнение оперативных работ по инженерно-транспортным вопросам по поручению Правительства Москвы: Разработка планировочного решения площади у станции метро «Войковская»;
- «Схема размещения автовокзалов в Москве» - утверждена Распоряжением Правительства Москвы №1639-РП от 21.07.2008 года;
- «Предпроектные предложения по развитию транспортной инфраструктуры в 40 первоочередных транспортно-пересадочных узлах (в соответствии с Постановлением Правительства Москвы № 10-ПП от 16.01.2007 г.)»;
- «Отраслевая схема размещения транспортно-пересадочных узлов и перехватывающих стоянок» (Государственный контракт № 0173200022711000387).

**Апробация работы.** Содержание работы, ее теоретические положения и результаты докладывались:

- Конгресс «Строительная наука, техника и технологии: перспективы и пути развития» 1-3 ноября 2010 г., МВЦ «Крокус Экспо», МО, Россия
- Четвертая международная научно-техническая конференция «Градорегулирование, экономика строительства и управление недвижимостью» 1 – 2 апреля 2011 г., Ханой, Вьетнам
- Конференция «Экологическая безопасность: теория, практика, инновации», проходившая в рамках Международного салона «Комплексная безопасность 2011», 17-20 мая 2011 г., ВВЦ, Москва, Россия
- XIV Международный инвестиционный форум «Москва – Инвест 2011», круглый стол: «Строительство и модернизация городской среды: возможности и ограничения», прошедший в рамках Международной выставки коммерческой недвижимости и инвестиций «Экспо Реал», 4 – 6 октября 2011 г., Мюнхен, Германия

- Конференция, посвященная 90-летию МГСУ – МИСИ «Интеграция, партнерство и инновации в строительной науке и образовании», секция 2 «Комплексная безопасность в строительстве», 19 – 21 октября 2011 г., МГСУ, Москва, Россия
- Международный семинар ОПТОСОЗ «Проблемы устойчивого развития городских транспортных систем», 6-7 июня 2012 г., ОАО «НИИАТ», Москва, Россия
- Российско-германская конференция по транспортно-градостроительному планированию «Совершенствование образования в области городского и транспортного планирования», 25 – 26 июня 2012 г., ИрГТУ, Иркутск, Россия
- 3-я Международная научно-практическая конференция «Проблемы инновационного биосферно-совместимого социально-экономического развития в строительном, жилищно-коммунальном и дорожном комплексах», 9-10 апреля 2013г., Брянская государственная инженерно-технологическая академия, Брянск, Россия
- Российско – Сингапурский семинар «Градостроительные подходы в Сингапуре на примере ТПУ: теория, опыт, практика», 17 июня 2013 г., ГУП «НИ и ПИ Генплана Москвы», Москва, Россия
- Международная конференция «Городское планирование: транспортный аспект. Российский и международный опыт», 23 июля 2013 г., ГУП «НИ и ПИ Генплана Москвы», Москва, Россия.

**Публикации.** Основные теоретические и практические результаты диссертации опубликованы в 21 статьях и докладах, включая: две монографии и 14 работ опубликованных в ведущих рецензируемых изданиях, рекомендованных в действующем перечне ВАК. Доклады получили одобрение на 10 международных и всероссийских конференциях и семинарах.

**Объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, 5 глав, общих выводов, списка литературы и 6 приложений. Работа изложена на 305 страницах основного текста, содержит 15 таблиц, 119 рисунков и библиографический список из 248 наименований.

## **СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

**Во введении** обоснована актуальность исследования, отмечена научная новизна и практическая значимость выполненной работы, сформулирована цель и задачи исследования.

**Первая глава «Транспортная инфраструктура агломераций и современные тенденции развития транспортно-пересадочных узлов»** посвящена общим вопросам формирования и современным тенденциям развития систем пассажирского транспорта в крупнейших мировых агломерациях и оценки роли и места ТПУ в транспортной инфраструктуре.

Работы, посвященные развитию транспортно-пересадочных узлов, впервые появились в отечественной специализированной литературе в

середине 60-х годов XX века. В 70–80-х годах прошлого века, понятие «транспортно-пересадочный узел» прочно вошло в терминологию отечественных градостроителей. В этот период времени появляются работы Азаренковой З.В., Голубева Г.Е., Русакова Е.С., Улласа Н.Н., Федутинова Ю.А. и др. исследователей, посвященные роли ТПУ в развитии системы городских центров и их планировочной организации. В работах Денисенко А., Згурской Н., Губиной М., Любарского Р. и др., рассматривались показатели функционирования ТПУ, планировочная организация прилегающих городских территорий. Большая исследовательская работа проводилась на кафедре Градостроительства Московского инженерно-строительного института (ныне МГСУ) под руководством профессора, д.т.н. Самойлова Д.С., в этот период времени появляются работы Шрейбер (Хомицкой) А.А., Сопеловской А.А. и других исследователей.

В последующие годы и до настоящего времени научные работы, посвященные тематике транспортно-пересадочных узлов, в основном представлены диссертационными исследованиями и публикациями в специализированной прессе. Кроме того, в 1997 году ЦНИИП Градостроительства были выпущены: «Рекомендации по проектированию общественно-транспортных центров (узлов) в крупных городах».

Во всех вышеперечисленных работах транспортно-пересадочные узлы рассматриваются как обособленный элемент, который выступает: либо узлом, в котором происходит взаимодействие различных элементов транспортной инфраструктуры, либо элементом системы центров поселения.

В дальнейшем, в главе рассмотрены основные элементы, формирующие транспортную инфраструктуру агломерации, взаимодействия которых происходит в ТПУ. Проанализированы основные показатели и современные тенденции развития основных систем пассажирского транспорта. Проведен анализ зарубежного и отечественного опыта формирования и развития ТПУ.

Проведенный анализ определил, что теоретической базой развития системы ТПУ, на сегодняшний день, выступают исследования 60 – 80 –х гг. прошлого века, не учитывающие современных реалий новой России. Фактически отсутствие научной базы, призванной обеспечить обоснование формирования системы ТПУ агломерации, в свою очередь, приводит к отсутствию нормативов и методик формирования ТПУ.

Во второй главе: «**Значение системы пересадочных узлов в транспортной инфраструктуре**», рассмотрены вопросы обоснования состава системы ТПУ на всех уровнях территориального планирования.

Определение ТПУ. Транспортно-пересадочный узел – узловый элемент планировочной структуры города транспортно-общественного назначения, в котором осуществляется пересадка пассажиров между различными видами городского, регионального, внешнего и индивидуального транспорта в различных комбинациях, а так же попутное обслуживание пассажиров объектами социальной инфраструктуры.

Система ТПУ. «Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года»<sup>2</sup> определила приоритетным направлением развития транспортной инфраструктуры страны – развитие «транспортных коридоров». При этом, «транспортный коридор» определяется не как «совокупность маршрутов ..., а система управляющих центров перевозок и транспортных узлов...».

Развитие системы транспортных коридоров призвано, с одной стороны, обеспечить интеграцию транспортной системы РФ в международную систему, с другой, обеспечить территориальное единство страны, способствовать развитию современной, инновационной экономики России (рис. 1).

Системно-элементный анализ транспортного каркаса страны определил его основные элементы: железные дороги, различные виды водного и воздушного транспорта, федеральные и региональные автодороги, а также транспортно-пересадочные узлы, в которых обеспечивается взаимодействие всех перечисленных видов транспорта. Транспортно-пересадочные узлы служат важнейшим элементом транспортной инфраструктуры, формирующей урбанизированный каркас как всей страны, так и отдельных регионов и агломераций, выступая связующими элементами системы пассажирского транспорта, обеспечивающими взаимодействие всех ее подсистем.

Определяя состав системы ТПУ, используем системный подход, который обеспечивает основу логического и последовательного принятия решений из совокупности данных, выявляет структуру и последовательность решаемых задач.

Анализ показывает, что система ТПУ является составляющей более общей вертикально ориентированной транспортной системы РФ. Так, например, дорожную сеть страны образуют дороги федерального значения, регионального значения и местная дорожная сеть. То есть можно выделить несколько уровней, образующих в составе транспортной инфраструктуры страны подсистему, состоящую из дорог. Поскольку система ТПУ является равноправной частью транспортной системы РФ, то и она обладает иерархической структурой, где каждый её уровень определяет свойственные именно этому уровню цели и задачи функционирования.

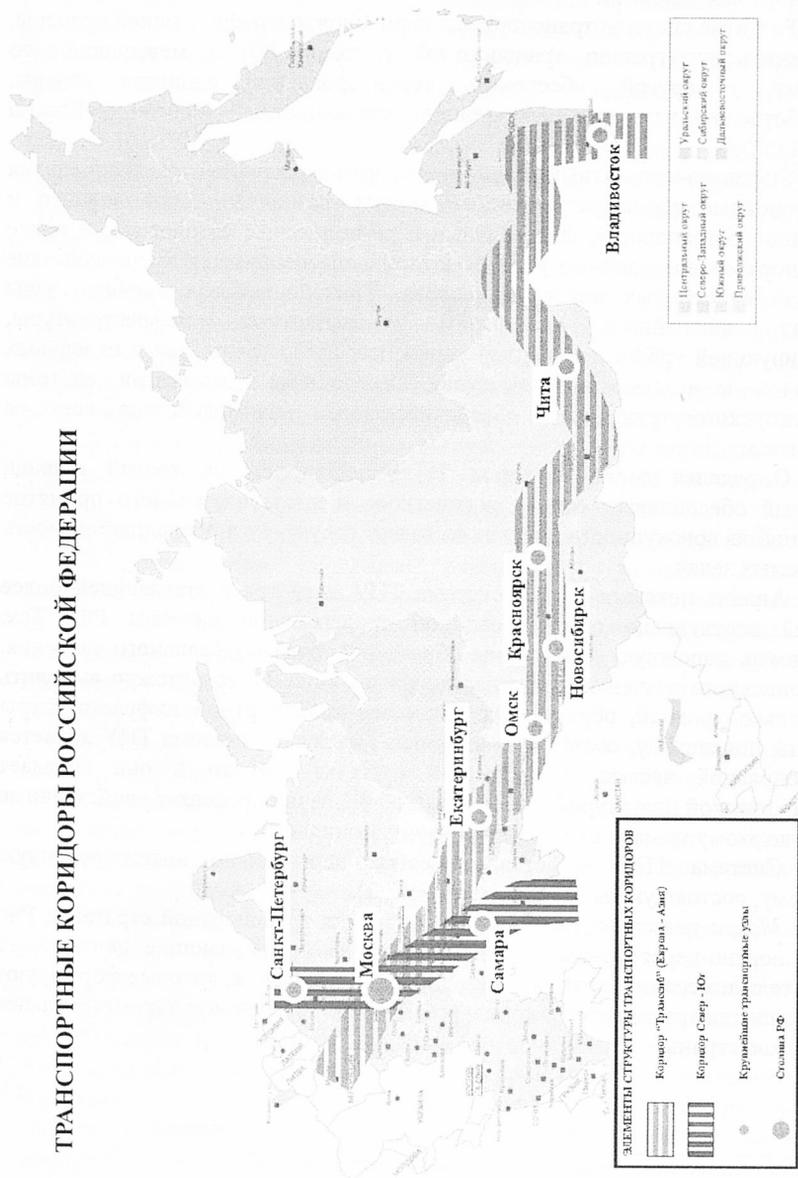
Система ТПУ представляет собой вертикально интегрированную систему, состоящую из трех уровней (рис. 2).

*Макро уровень системы.* С точки зрения транспортной стратегии РФ, транспортно-пересадочными узлами являются «управляющие центры», то есть те агломерации, крупные и крупнейшие поселения, которые формируют направления транспортных коридоров России, обеспечивая территориальное единство страны.

---

<sup>2</sup> Утверждена Распоряжением Правительства Российской Федерации от 22 ноября 2008 г. № 1734-р

# ТРАНСПОРТНЫЕ КОРИДОРЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ



**Рис. 1**  
Основные транспортные коридоры на территории РФ



Рис. 2 Уровни системы ТПУ

Основным назначением макро уровня системы является: обеспечение транспортной связанности системы расселения на территории РФ и обеспечение транспортных связей с зарубежными странами. Состав макро уровня системы ТПУ определяется Федеральными целевыми программами, разрабатываемыми на основании социально-экономических прогнозов развития страны и соответствующих прикладных исследований.

*Мезо уровень системы* формируют региональные и агломерационные системы ТПУ.

Системно-функциональный анализ уровня системы транспортно-пересадочных узлов позволил определить основную цель, которая в данном случае выступает как один из важных системообразующих факторов – обеспечение регулярных перемещений граждан с заданными показателями качества с учетом социально-экономических показателей эффективности функционирования системы. Одно из основных отличий агломерации от иных типов поселений - это наличие единого рынка труда, не зависящего от административных границ поселений. В связи с этим, развитие систем транспорта агломераций определяется межсубъектными документами.

Подобные документы совместно согласовываются субъектами федерации, на территории которых расположены элементы транспортного каркаса (например – в Московской агломерации это – Москва и Московская область). Утверждаются федеральным органом власти и, в дальнейшем, служат основой для разработки региональных программ развития транспортной инфраструктуры и адресно-инвестиционных программ, на

основании которых ведется финансирование проектирования и строительства объектов транспорта.

*Микро уровень системы* формируют отдельные транспортно-пересадочные узлы.

Основным назначением отдельных транспортно-пересадочных узлов является обеспечение пересадки пассажиров с показателями качества, соответствующими нормативным требованиям, и формирование максимально привлекательного облика системы общественного пассажирского транспорта. Основным документом, определяющим развитие данного уровня системы ТПУ, является проект планировки территории ТПУ.

Вопросы развития макро уровня системы ТПУ рассматриваются при формировании национальной системы расселения в пределах Российской Федерации. Развитие мезо и микро уровней системы ТПУ являются важными инфраструктурными вопросами градостроительства, планировки и застройки групповых систем населенных мест, что и определило их в качестве основного направления дальнейших исследований.

**В третьей главе «Теоретические основы формирования системы транспортно-пересадочных узлов агломераций»** определены основные цели функционирования системы ТПУ, разработана имитационная модель системы транспортно-пересадочных узлов.

Основные цели функционирования системы ТПУ агломераций. В соответствии с предложенной системой ТПУ на территории агломерации расположены ТПУ трех основных видов:

- агломерационные узлы обеспечивают территориальное единство агломерации и связанность с системой внешнего транспорта. В узлах данного типа обеспечивается взаимодействие городских видов скоростного транспорта – метрополитеном с региональной системой – железной дорогой, кроме того, в них взаимодействуют наземный пассажирский транспорт (городской, пригородный и межрегиональный) и индивидуальный транспорт;
- муниципальные узлы обеспечивают транспортное обслуживание жителей муниципальных районов проживающих в зонах транспортной и пешеходной доступностей данного вида ТПУ. В узле обеспечивается взаимодействие либо городских видов системы скоростного транспорта, либо региональных с системами наземного и индивидуального транспорта;
- локальные узлы обеспечивают транспортное обслуживание территорий, расположенных в пешеходной доступности от них.

В качестве теоретической основы определения целей развития системы ТПУ использован системный анализ, в частности метод структуризации.

Основной целью развития системы ТПУ (рис. 3) является улучшение условий передвижения жителей агломерации, с одной стороны, за счет развития системы пассажирского транспорта, с другой – улучшения условий передвижения по улично-дорожной сети.

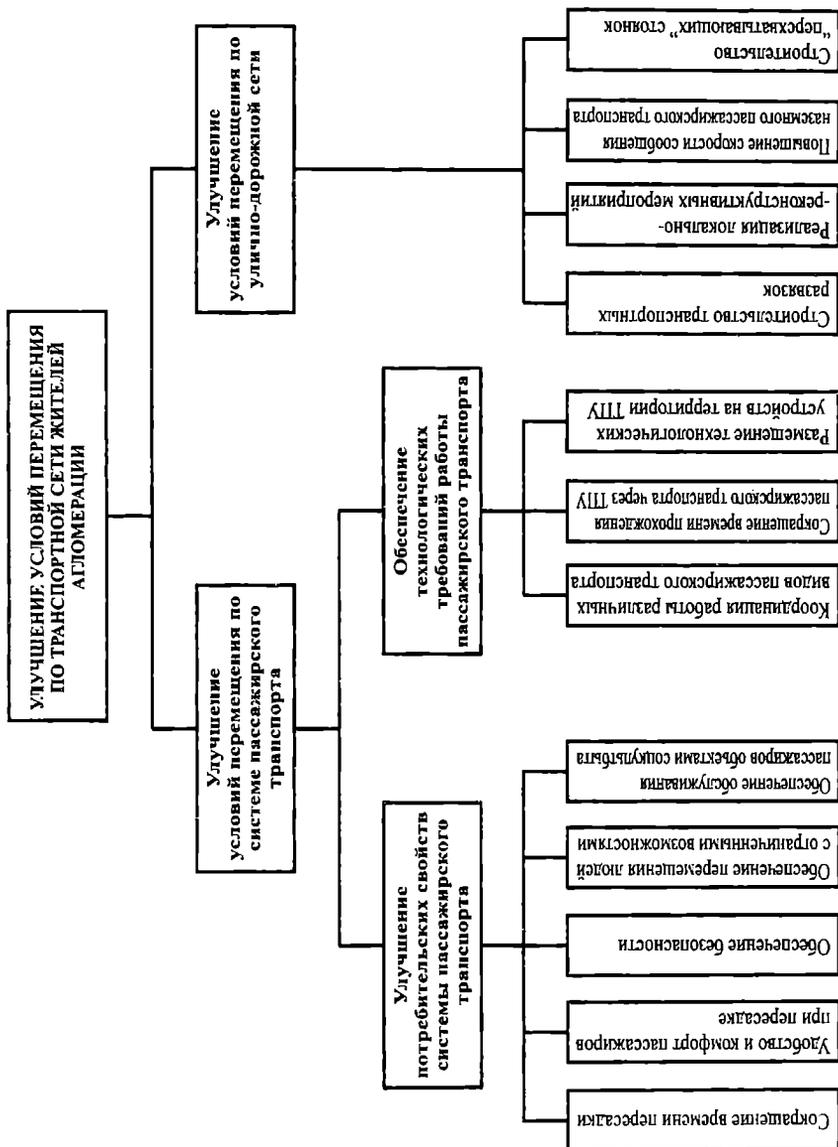
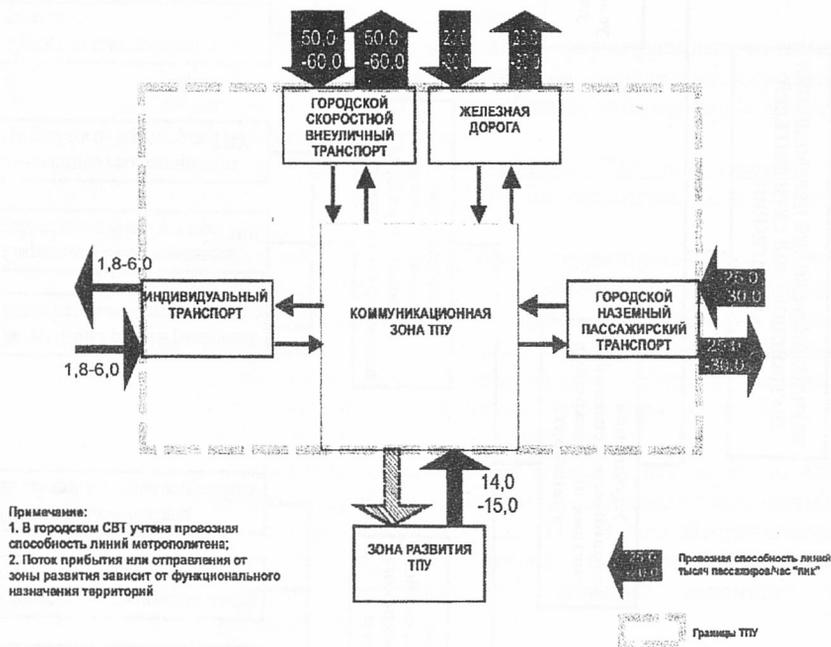


Рис. 3 Дерево целей и задач развития системы ТПУ

*Имитационная модель системы транспортно-пересадочных узлов.* Для построения модели системы ТПУ, так же как и для определения целей, использован метод структуризации, понимая под системой ТПУ множество узлов ее образующую. Поэтому, вначале построим модель типового транспортно-пересадочного узла, а затем рассмотрим всю систему в целом.

Анализ функциональной организации ТПУ показывает, что ТПУ обладает основными свойствами сложных систем. Основной методикой исследования сложных систем является системный анализ, а одним из основных инструментов прикладного системного анализа – имитационное моделирование.

Для построения модели необходимо определить границы ТПУ и внешнюю среду. Граничные условия функционирования определяются как максимальная способность системы обеспечить прибытие или отправление пассажиров ТПУ (рис. 4).



**Рис. 4** Граничные условия функционирования ТПУ

Построим системную потоковую диаграмму, максимально учитывающую структуру связей в ТПУ. При построении потоковой диаграммы необходимо вначале рассмотреть функционирование каждой отдельной системы транспорта в узле, а затем структуру их взаимосвязей.

# КОММУНИКАЦИОННАЯ ЗОНА ТПУ

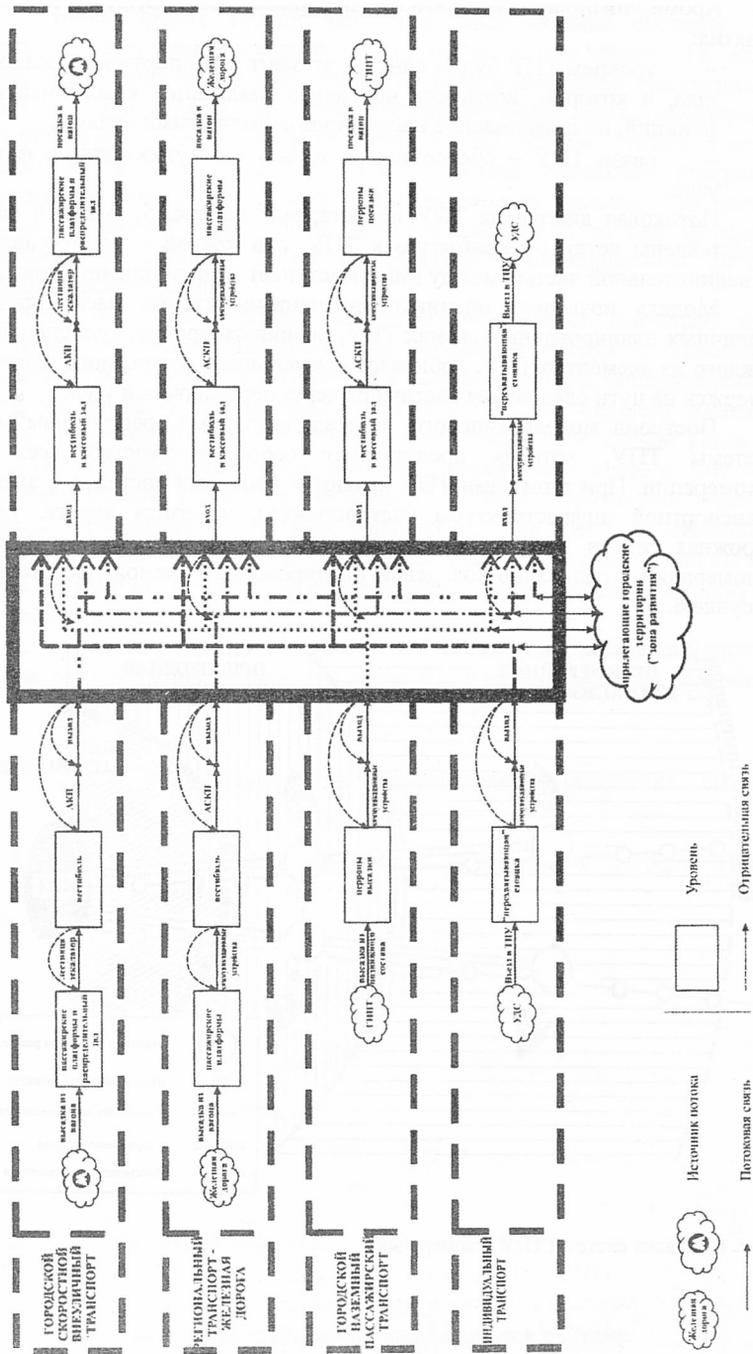


Рис. 5 Поточковая диаграмма ТПУ

Кроме того, при построении диаграмм используются следующие понятия:

- уровнем ТПУ будем считать элемент транспортно-пересадочного узла, в котором, возможна не только реализация коммуникативных функций, но и накопление пассажиров с различными целями;
- связи ТПУ – обеспечивают только коммуникативные функции узла.

Потоковая диаграмма ТПУ представлена на рис. 5. В левой части – представлены ветви по прибытию к ТПУ, а в правой – по отправлению. Объединительной частью между ними выступает – коммуникационная зона.

Модель позволяет оценивать временные затраты пассажиров при различных планировочных схемах ТПУ, оценивать пропускную способность каждого из элементов ТПУ, добиваясь наименьшего возможного количества задержек на пути следования пассажира через пересадочный узел.

Построив модель типового пересадочного узла, рассмотрим модель системы ТПУ, которая представляет собой множество всех ТПУ агломерации. При этом сами ТПУ являются уровнями системы, а элементы транспортной инфраструктуры (метрополитен, железная дорога, улично-дорожная сеть и др.) – связями. Один из вариантов системы ТПУ для агломераций с радиально-кольцевой планировочной схемой представлен на рисунке 6.

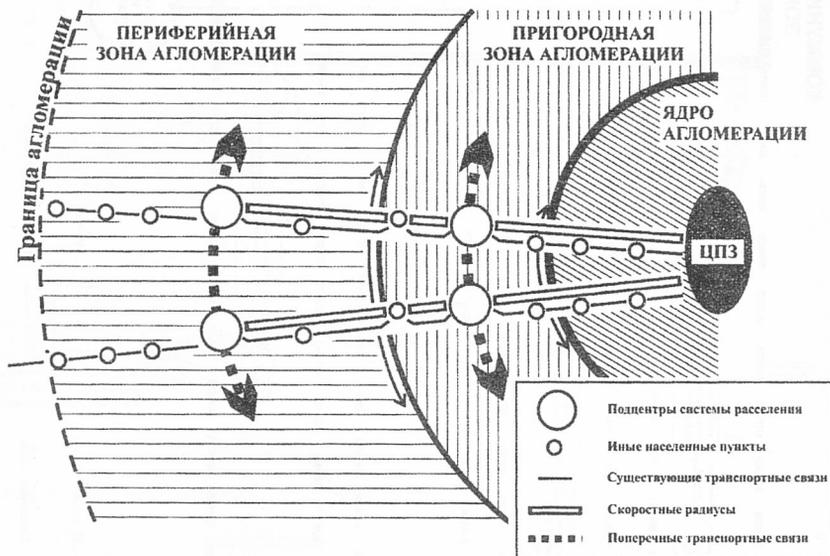


Рис. 6 Вариант системы ТПУ агломерации

С точки зрения теории массового обслуживания системы ТПУ относятся к системам массового обслуживания с ожиданием. То есть к системе, где заявки могут ставиться в очередь в ожидании обслуживания. Поскольку мы можем считать, что внешний источник может генерировать неограниченное количество требований, то мы можем считать систему разомкнутой, а поскольку, в каждой из ветвей потоковой диаграммы обслуживание может осуществляться по нескольким каналам – то система является многоканальной. Таким образом, любая из ветвей потоковой диаграммы представляет собой разомкнутую многоканальную систему массового обслуживания.

Рассмотрим самый общий вид подобной системы, состоящей из  $m$  параллельных каналов. Интенсивность входящего потока  $\lambda$ . Требования обслуживаются в порядке поступления в систему. Процесс обслуживания не зависит от предыстории системы, зависит только от текущего состояния системы и потока поступающих требований. Исследуем случай когда все каналы обслуживания идентичны и имеют производительность  $\mu$ . Составим дифференциальные уравнения состояний системы. Обозначим через  $E_k$  состояние, при котором в системе обслуживания находится  $k$  требований. Составив и решив систему дифференциальных уравнений относительно отрезка времени  $dt$ , получим следующие основные показатели разомкнутой, многоканальной системы массового обслуживания.

1. Вероятность того, что в системе находится  $k$  требований, причем число требований меньше или равно числу обслуживающих каналов:

$$P_k = P_0 \frac{\Psi^k}{k!}, k \leq m \quad [1]$$

$\psi = \frac{\lambda}{\mu}$  - коэффициент использования (загрузки) системы массового обслуживания.

2. Вероятность того, что время пребывания в очереди больше некоторой заданной величины  $t$ :

$$P(\tau > t) = \pi e^{-\mu(m-\Psi)t}, \text{ где } \pi = \sum_{k=m}^{\infty} P_k \quad [2]$$

3. Среднее время ожидания:

$$t_{ож} = \frac{\pi t_{обсл}}{(m-\Psi)}, \text{ при } \frac{\Psi}{m} < 1, t_{обсл} = \frac{1}{\mu} \quad [3]$$

4. Средняя длина очереди:

$$M_0 = \frac{\Psi \pi}{m \left(1 - \frac{\Psi}{n}\right)^2} \quad [4]$$

5. Коэффициент загрузки:

$$k, = \frac{N_s}{m} \quad [5]$$

6. Среднее число требований находящихся в системе:

$$M = M_0 + P_0 \sum_{k=1}^m \frac{\Psi^k}{(k-1)!} \quad [6]$$

И многие другие показатели.

Практически все вышеприведенные показатели позволяют определять эффективность функционирования системы. Под показателями эффективности, в данном случае понимается характеристика уровня выполнения системой функций, для которых она предназначена.

Кроме вышерассмотренных показателей важнейшим показателем системы является время обслуживания. Время обслуживания – это характеристика как любого отдельного канала, так и всего ТПУ в целом, которая определяет пропускную способность. В наиболее общем виде время обслуживания можно определить:

$$G(t_{обсл}) = 1 - e^{-\mu t_{обсл}} \quad [7]$$

, где  $\mu = \frac{1}{t_{обсл}}$  - интенсивность обслуживания.

В главе рассмотрены общие подходы к разработке имитационных моделей систем ТПУ. Данное направление исследований является крайне перспективным и может развиваться по нескольким основным направлениям: моделирование систем ТПУ для агломераций, имеющих разные планировочные схемы; сравнительное моделирование; моделирование отдельных элементов системы и многое другое.

В четвертой главе: «**Научно-методические положения развития системы транспортно-пересадочных узлов**» рассмотрены методические вопросы развития системы ТПУ, разработана классификация ТПУ и выполнено экспериментальное построение системы ТПУ Московской агломерации.

Структура системы ТПУ агломераций. На территории Московской агломерации<sup>1</sup> (по состоянию на 01.01.13) расположено 358 узлов. Во всех узлах обеспечивается пересадка со скоростных видов транспорта на наземный пассажирский и индивидуальный транспорт. Планировочной основой узла являются:

- в 24 ТПУ станции метрополитена и железной дороги;
- в 132 ТПУ станция метрополитена (включая станции монорельса и «легкого» метро);
- в 202 ТПУ станции железной дороги.

Обработка и систематизация первичных данных по ТПУ Московской агломерации показала, что существует значительное количество признаков, характеризующих положение отдельного узла в системе, вместе с тем, наиболее значимой характеристикой, позволяющий построить ряд распределения и провести статистический анализ совокупности, является

<sup>1</sup> На основании анализа размещения трудовых ресурсов, под Московской агломерацией, будем понимать, территорию расположенную внутри Малого бетонного кольца – магистрали А 107

пассажиروбмен узла. Под пассажируобменом в данной работе мы будем понимать суммарный объем посадки-высадки пассажиров на все виды транспорта в узле.

В генеральной совокупности ТПУ Московской агломерации значения пассажируобмена изменяется в широком диапазоне от 0,05 до 101,6 тыс. пассажиров в час «пик». Проведя группировку данных, разделим совокупность на группы с интервалом 1 тыс. пассажиров в час «пик» и построим кривую распределения (рис. 7). Полученная кривая представляет собой обратную кривую гиперболического вида.

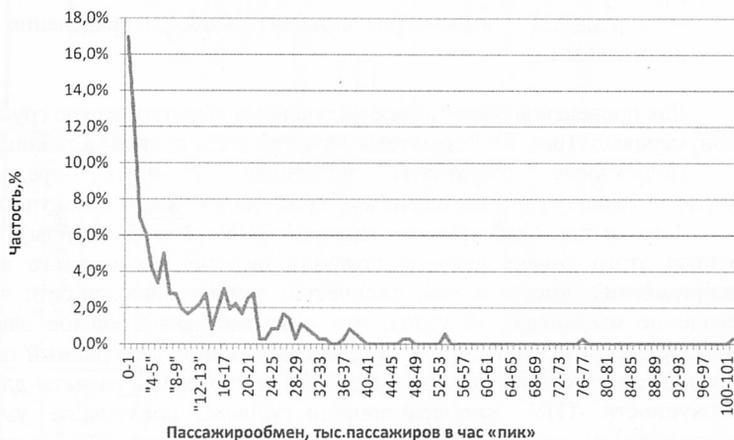


Рис. 7 Распределение ТПУ Московской агломерации на группы по интенсивности пассажируобмена

Основной задачей группировки данных является выявление однородных совокупностей, т.е. групп узлов обладающих одним набором свойств и находящихся под воздействием одних и тех же факторов. Критерием однородности совокупности является нормальное распределение признаков в ней. Проведенный анализ генеральной совокупности говорит о ее не однородности. Причиной этого является то, что в ней сгруппированы узлы различных типов, расположенные в разных территориальных зонах агломерации, выполняющие различные функции в общей структуре системы ТПУ, различающие по количеству пассажиров, проходящих через них.

Помимо уровней системы ТПУ, при группировке узлов использовались следующие факторы: положение в планировочной структуре агломерации; взаимодействующие виды транспорта; интенсивность пассажируобмена.

Полученное распределение ТПУ позволяет провести статистический анализ каждой группы совокупности. В качестве критерия нормальности распределения используем коэффициент асимметрии:

$$A_s = \frac{\bar{X} - M_0}{\sigma}, \quad [8]$$

где  $A_s$  – коэффициент асимметрии;

$\bar{X}$  – средняя арифметическая;

$M_0$  – мода;

$\sigma$  – среднее квадратическое отклонение.

При этом если:

- $|A_s| \geq 0,5$  – асимметрия значительна, распределение не является нормальным;
- $0,5 > |A_s| > 0,25$  – асимметрия умеренная, распределение является нормальным;
- $|A_s| \leq 0,25$  – асимметрия незначительная, распределение является нормальным.

Для проведения расчетов все полученные типологические группы были пронумерованы (рис. 8). Результаты расчетов представлены в таблице 1.

Полученные результаты позволили уточнить предложенные типологические группы исходя из критерия однородности совокупности.

*Агломерационный уровень системы ТПУ (1 – 3 группы).* Во всех группах этого уровня расчеты показали наличие нормального характера распределения, вместе с тем, количество единиц совокупности в каждой группе не превышает 10 узлов, что оказывает значительное влияние на характер распределения, кроме того, на сегодняшний день данный тип ТПУ в пригороде отсутствует. В связи с этим, были проведены расчеты для единой совокупности ТПУ агломерационного уровня, показавшие умеренную неоднородность совокупности, что позволяет объединить ТПУ данного типа в одну группу, не зависимо от места положения.

*Муниципальный уровень системы ТПУ (4 – 11 группы).* ТПУ данного уровня распределены на две группы, в зависимости от вида станции СВТ, которая выступает планировочной основой узла: либо ТПУ на основании станции метрополитена, либо станции железной дороги. Объединение этих групп в одну группу (как на уровне отдельных планировочных зон, та и на уровне всей совокупности) не представляется возможным, поскольку полученная совокупность не однородна.

Транспортно-пересадочные узлы, планировочной основой которых выступает станция метрополитена (группы: 4,6,8 и 10), при расчетах, показали, что распределение значений в них подчиняется нормальному закону. Использование принципа концентрации (по аналогии с ТПУ агломерационного уровня) показало возможность объединения их в одну группу, что позволяет избежать излишней перегрузки структуры системы ТПУ не обоснованно мелким разделением.

Проведенные расчеты для ТПУ по пересадке с железной дороги (группы 5,7,9,11) показали, что в трех группах из четырех (группы 5,9 и 11) совокупности не однородны. Применение принципа концентрации, так же не дает эффекта. Анализ совокупностей показал, что не однородность возникает

ТТУ нейтральной планировочной зоны	ТТУ средней части города	ТТУ периферии города	ТТУ пригорода
<p>1</p> <p>М-ж/л - ГНПТ-н/г</p> <p>10 16,6-101,6</p>	<p>2</p> <p>М-ж/л - ГНПТ-н/г</p> <p>9 13,8-47,0</p>	<p>3</p> <p>М-ж/л - ГНПТ-н/г</p> <p>5 21,0-76,6</p>	
<p>4</p> <p>М-ГНПТ-н/г</p> <p>37 2,0-26,7</p>	<p>6</p> <p>М-ГНПТ-н/г</p> <p>37 3,1-33,4</p>	<p>8</p> <p>М-ГНПТ-н/г</p> <p>40 3,5-54,9</p>	<p>10</p> <p>М-ГНПТ-н/г</p> <p>5 2,4-27,3</p>
<p>5</p> <p>ж/л-ГНПТ-н/г</p> <p>4 1,0-4,2</p>	<p>7</p> <p>ж/л-ГНПТ-н/г</p> <p>14 0,6-8,9</p>	<p>9</p> <p>ж/л-ГНПТ-н/г</p> <p>27 1,1-21,2</p>	<p>11</p> <p>ж/л-ГНПТ-н/г</p> <p>117 0,1-37,9</p>
<p>12</p> <p>М-н/г</p> <p>3 2,8-8,1</p>	<p>13</p> <p>М-н/г</p> <p>1 1,9</p>	<p>16</p> <p>ж/л-н/г</p> <p>3 1,4-3,4</p>	<p>17</p> <p>М-н/г</p> <p>1 1,4</p>
	<p>14</p> <p>ж/л-н/г</p> <p>2 0,4-2,5</p>		<p>19</p> <p>ж/л-н/г</p> <p>37 0,1-1,8</p>
	<p>15</p> <p>монорельс-ГНПТ-н/г</p> <p>4 0,1-3,4</p>		<p>19</p> <p>легкое метро-ГНПТ-н/г</p> <p>4 2,8-6,5</p>

ВЗАИМОДЕЙСТВУЮЩИЕ ВИДЫ ТРАНСПОРТА

- М - метрополитен;
- жл - железные дороги;
- ГНПТ - городской парковый пассажирский транспорт;
- н/г - индивидуальный транспорт.

Номер типологической группы

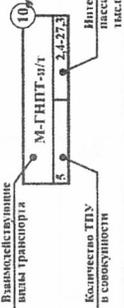


Рис. 8 Распределение ТТУ Московской агломерации на типологические группы

Таблица 1

**Статистический анализ типологических групп системы транспортно-пересадочных узлов\***

№.№ ячейки	$M_c^{**}$	$\bar{X}$	$M_0$	$\sigma$	$A_s$	Заключение об однородности совокупности	Примечание
1	27,8	33,3	25	20,3	0,4	0,5>0,4>0,25 Умеренная не однородность совокупности	
2							
3							
4	16,4	16,9	17,1	89	0,02	0,02≤0,25 Совокупность близка к однородной, асимметрия не значительна	
6							
8							
10							
5	4,2	4,3	3,7	2,4	0,25	0,25≈0,25 Совокупность близка к однородной, асимметрия не значительна	Узлы с пассажирообменом ≤10 тыс.пас.час «пик»
7							
9							
5	14,5	14,9	14,0	3	0,3	0,5>0,3>0,25 Умеренная не однородность совокупности	Узлы с пассажирообменом >10 тыс.пас.час «пик»
7							
9							
11	1,7	1,9	1,7	1,2	0,2	0,2≤0,25 Совокупность близка к однородной, асимметрия не значительна	Узлы с пассажирообменом ≤5 тыс.пас.час «пик»
11	6,5	6,5	6,5	0,8	0	Совокупность однородна	Узлы с пассажирообменом 5-8 тыс.пас.час «пик»
11	11,7	12,5	11	2,7	0,4	0,5>0,4>0,25 Умеренная не однородность совокупности	Узлы с пассажирообменом 8-18 тыс.пас.час «пик»
11	26	26,7	29	5,9	0,4	0,5>0,4>0,25 Умеренная не однородность совокупности	Узлы с пассажирообменом >18 тыс.пас.час «пик»
12	0,47	0,55	0,35	0,39	0,49	0,5>0,49>0,25 Умеренная не однородность совокупности	Узлы с пассажирообменом ≤1,5 тыс.пас.час «пик»
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
12	3,1	3,5	3	1,6	0,3	0,5>0,3>0,25 Умеренная не однородность совокупности	Узлы с пассажирообменом >1,5 тыс.пас.час «пик»
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							

Примечание:

\* В таблице представлены окончательные результаты расчетов;

\*\*  $M_c$  – медиана

из-за большого количества узлов (более 70%) в составе группы «ТПУ пригорода» имеющих загрузку до 5 тыс. человек, тогда как в группах 5,7 и 9 это значение не превышает 50%. В связи с этим возникла необходимость в дополнительном разделении данного сегмента системы.

Для обеспечения однородности совокупности ТПУ 5,7 и 9 групп (узлы расположенные на территории города) были объединены, а затем разделены на две подгруппы: с интенсивностью пассажирообмена до 10 тыс. пас. час «пик» и более этого значения.

Анализ ряда распределения ТПУ сформированных на базе станций железной дороги и расположенных в пригороде (11 группа) выявил наличие четырех вершин (в районе 1,5, 6,5, 11,5 и 26 тыс. пас. час «пик»), относительно которых можно сформировать четыре группы. Проведенные расчеты показали, что распределение внутри этих групп является нормальным (см. табл. 1).

*Локальный уровень системы ТПУ (12 – 19 группы).* В состав данного уровня системы входят узлы, возникающие при пересадке с метрополитена и железной дороги только на индивидуальный транспорт, и узлы, сформировавшиеся у станций вспомогательных систем скоростного внеуличного транспорта (монорельс, легкое метро). Анализ полученного ряда распределения и проведенные расчеты позволили распределить узлы данного уровня на две группы, в составе которых распределение значений является нормальным.

На основании статистического анализа генеральной совокупности пересадочных узлов Московской агломерации установлен перечень факторов определяющих иерархическое положение ТПУ в транспортной инфраструктуре и разработана классификация системы ТПУ агломерационного уровня (рис. 9).

Методологические положения по развитию системы ТПУ агломераций. Суть методологии определения приоритетных (первоочередных) ТПУ состоит в выявлении узлов, реконструкция (или новое строительство) которых позволит дать наибольший эффект относительно основной цели развития системы ТПУ.

В диссертационной работе использован «территориальный принцип», когда вся территория агломерации подразделяется на несколько зон, в каждой из которых выделяются группы узлов, реконструкция которых обеспечит максимальный эффект для всей системы в целом. Предлагаемое зонирование, на примере Московской агломерации:

- пригородная зона – территория между магистралью А 107 и МКАДом;
- срединная зона агломерации – территория между МКАДом и Третьим транспортным кольцом (ТТК);
- центральная планировочная зона агломерации – территория внутри ТТК.

Функционально-планировочный анализ *пригородной зоны* агломерации показывает, что ТПУ, расположенные в этой зоне, имеют наибольшее

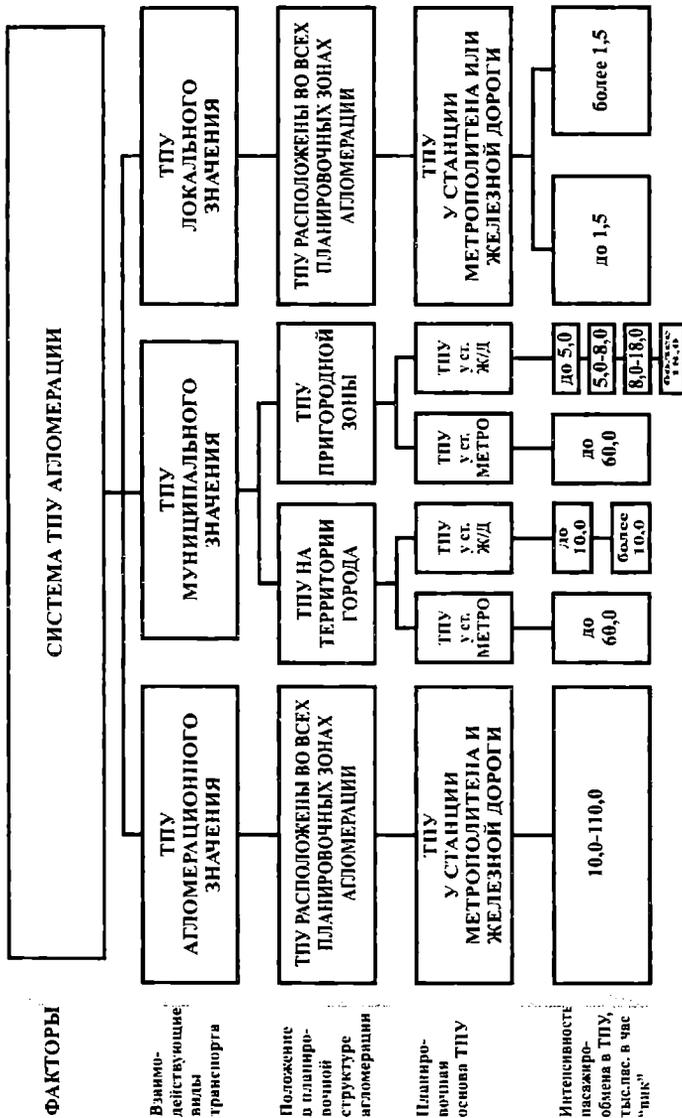


Рис. 9 Классификация ТПУ агломерации

количество функций. Связано это с тем, что периферийная зона агломерации является буферной зоной между территорией Московского региона и Москвы. Основными задачами функционирования ТПУ, расположенных на этой территории, является:

- перераспределение транспортных и пассажирских потоков по транспортной сети;
- обеспечение транспортного обслуживания жителей прилегающих территорий;
- «перехват» центростремительных потоков индивидуального транспорта;
- размещение автостанций (для развития системы межрегиональных перевозок);

И т.д., и т.п.

На рассматриваемой территории по состоянию на 01.01.2013 г. расположено 164 узла двух видов: муниципального и локального значения (отсутствуют узлы агломерационного значения). Пассажиروобмен локальных ТПУ не превышает 6,5 тыс. пассажиров в час «пик», в то время как у муниципальных ТПУ он достигает значения 38 тыс. пассажиров в час «пик». Основную массу ТПУ пригородной зоны (более 95%) составляют узлы у железнодорожных станций.

Проанализировав всю совокупность задач, решению которых должно способствовать развитие системы ТПУ в пригородной зоне агломерации, можно выделить два основных направления, развитие которых максимально соответствует главной функциональной цели системы ТПУ:

- развитие ТПУ, обеспечивающих транспортное обслуживание крупных фокусов тяготения, и соответственно имеющих максимальный пассажирооборот;
- формирование ТПУ, входящих в систему «перехватывающих» стоянок.

Проведенные исследования показали, что к узлам, обеспечивающим решение первой задачи, относятся муниципальные пересадочные узлы со значением пассажируобмена не менее 8 тыс. пассажиров в час «пик». К этим узлам относятся 17 узлов у станций железной дороги и 4 узла у станций Московского метрополитена (рис. 10)

Для размещения «перехватывающих» стоянок в составе ТПУ предпочтительны следующие территории:

- узлы, расположенные в зоне влияния магистрали А 107, т.е. на въезде в Московскую агломерацию. Размещение стоянок в данном виде узлов позволит обеспечить максимальную разгрузку основных радиальных направлений федеральных и региональных дорог. При этом целесообразно включать в число приоритетных не локальные ТПУ, расположенные в непосредственной близости от магистрали А 107, а ближайшие узлы муниципального значения с удобным подъездом от магистральных дорог, что позволит не только обеспечить

формирование системы «перехватывающих» стоянок, но и улучшить транспортное обслуживание прилегающих территорий;

– зона устойчивого снижения скоростей на основных федеральных и региональных дорогах. С точки зрения формирования системы «перехватывающих» стоянок очень важно предложить автолюбителю альтернативные виды транспорта в местах регулярно возникающих задержек в движении. Под возникновением задержек подразумевается устойчивое снижение средней скорости транспортного средства ниже 30 км/ч при движении по магистральной дорожной сети. Кроме того, при отборе узлов данного типа необходимо руководствоваться условиями подъезда к ним.

По результатам анализа пригородной зоны Московской агломерации представляется целесообразным включить в число приоритетных еще 17 узлов. В итоге число приоритетных ТПУ увеличится до 38 ТПУ (рис. 10). Расчеты показывают, что первоочередная реконструкция приоритетных ТПУ позволит улучшить условия транспортного обслуживания порядка 65 % пассажиров, использующих системы общественного транспорта для регулярных поездок с трудовыми целями, стимулировать развитие «комбинированных» поездок.

На территории *срединной и центральной зон агломерации* (в границах Московской кольцевой автодороги) расположено 194 ТПУ, которые подразделяются на ТПУ трех типов:

- ТПУ агломерационного значения – 24 узла;
- ТПУ муниципального значения – 157 узлов;
- ТПУ локального значения – 13.

В соответствии с целями и задачами функционирования системы ТПУ и потребностями в развитии транспортной инфраструктуры агломераций в диссертационной работе выявлено три основных направления развития ТПУ на указанных территориях:

- узлы агломерационного значения (не зависимо от размещения в плане агломерации);
- узлы муниципального значения, расположенные в срединной зоне города, имеющие максимальное значение пересадочных потоков пассажиров;
- узлы муниципального значения, расположенные по периметру центра.

Необходимость первоочередного развития узлов агломерационного уровня определяется их ролью в транспортной инфраструктуре. В Московской агломерации за «пиковые» часы через эти узлы проходит порядка 27 % от общего количества пассажиров, при этом, в общем количестве ТПУ узлы данного вида составляют 12 %. Узлы муниципального значения, расположенные в срединной зоне города являются самой значительной типологической группой узлов (117 ТПУ или порядка 60% от общего количества узлов). Для выбора приоритетных узлов необходима

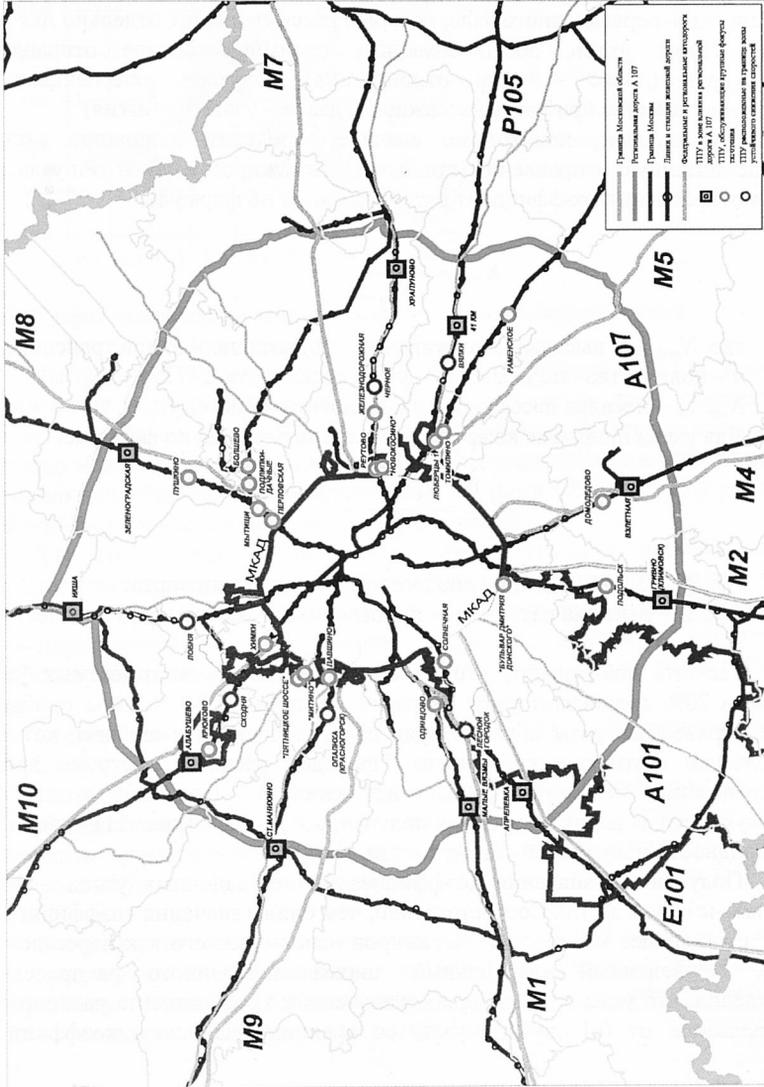


Рис. 10 Приоритетные ТПУ на территории пригородной зоны Московской агломерации

оценка всей совокупности данного вида ТПУ относительно единого интегрального показателя. Выбор показателя определяется рядом факторов, но прежде всего основной целью развития системы ТПУ – улучшение обслуживания пассажиров. В составе диссертационной работы разработана методика, позволяющая оценивать ТПУ, основываясь на анализе интенсивности пассажиропотоков по прибытию – отправлению от ТПУ на общественных видах транспорта.

Для каждого из узлов предлагается рассчитывать коэффициент транспортно–пересадочного узла, который рассчитывается отдельно для двух типов узлов: узлов, обеспечивающих преимущественное отправление пассажиров (далее – узлы отправления) и узлов, обеспечивающих преимущественное прибытие пассажиров (далее – узлы прибытия)<sup>1</sup>.

При анализе, необходимо вначале определить основную систему обеспечивающую отправление (прибытие) пассажиров, а затем тип узла. Для узлов отправления коэффициент рассчитывается по формуле:

$$K_{ТПУ} = \frac{\sum_{i=1}^n N_{под. пр.}^i}{N_{осн. от.}} \quad [9]$$

где,  $N_{под. пр.}$  – высадка пассажиров из «подвозящих» видов транспорта;

$n$  – количество «подвозящих» видов транспорта к ТПУ;

$N_{осн. от.}$  – посадка пассажиров на «основную» систему.

Для узлов прибытия коэффициент рассчитывается по формуле:

$$K_{ТПУ} = \frac{\sum_{i=1}^n N_{под. от.}^i}{N_{осн. пр.}} \quad [10]$$

где,  $N_{под. от.}$  – посадка на «подвозящие» виды транспорта;

$N_{осн. пр.}$  – высадка пассажиров прибывших по «основной» системе.

Расчеты показывают, что из совокупности рассматриваемых узлов, порядка 70% составляют узлы отправления, порядка 30 % узлы прибытия. Рассматриваемые узлы образуют ряд распределение для анализа, которого используем статистический анализ. Проведем расчеты, построим кривые распределения значений отдельно для каждого вида узлов и для всей совокупности в целом. Характер полученных кривых (рис. 11) говорит об однородности полученной совокупности.

Полученные значения коэффициентов пересадочных узлов лежат в диапазоне от 0,1 до 1,0. Соответственно, чем ближе значения коэффициента к 1,0, тем большее количество пассажиров используют его как пересадочный узел. Проведенный квартильный анализ полученного распределения определил, что узлы с минимальным значением коэффициента расположены в диапазоне от 0,1 до 0,3, узлы со средним значением коэффициента

<sup>1</sup> Вид узлов определяется по их работе в «пиковые» периоды – для Москвы, это утренний час «пик»

образуют две группы: 0,3 – 0,4 и 0,4 – 0,6, узлы с максимальным значением располагаются в диапазоне от 0,6 и выше. Узлы последней группы являются приоритетными узлами для первоочередной реконструкции. Общее количество данного вида ТПУ – 24 узла.

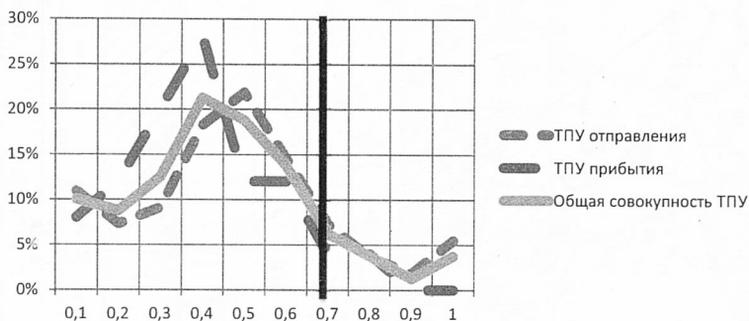


Рис. 11 График распределения значений коэффициентов пересадочных узлов

Центральная планировочная зона (ЦПЗ) отличается более высокой относительно других территорий города плотностью сети скоростного внеуличного транспорта (СВТ). Станции СВТ в меньшей степени выполняют функцию межсетевой пересадки, а в большей – транспортного обслуживания прилегающих объектов и пересадки между линиями СВТ. Поэтому развитие ТПУ возможно и необходимо по периметру центра.

Для стимулирования поездок в центр города с использованием общественного транспорта эти ТПУ являются крайней точкой, где городские власти гарантируют стоянку за относительно небольшие деньги. Кроме того, все мероприятия по улучшению условия движения транспорта заканчиваются в этих точках. Общее количество данного вида ТПУ- 16 узлов.

Схема развития системы ТПУ в пределах МКАДа представлена на рис. 12.

Изложенная методология в матричной форме представлена на рис. 13.

Представленная методология развития системы ТПУ позволяет определить существующие ТПУ, первоочередная реконструкция которых будет способствовать реализации основной цели развития системы ТПУ (рис. 10 и 13).

Расчеты показали, что реконструкция менее чем 30% ТПУ (отобранных по предложенным методикам) позволит улучшить транспортное обслуживание более чем 65 % пассажиров на территории пригородной зоны и 45 % пассажиров – на территории внутри МКАДа.

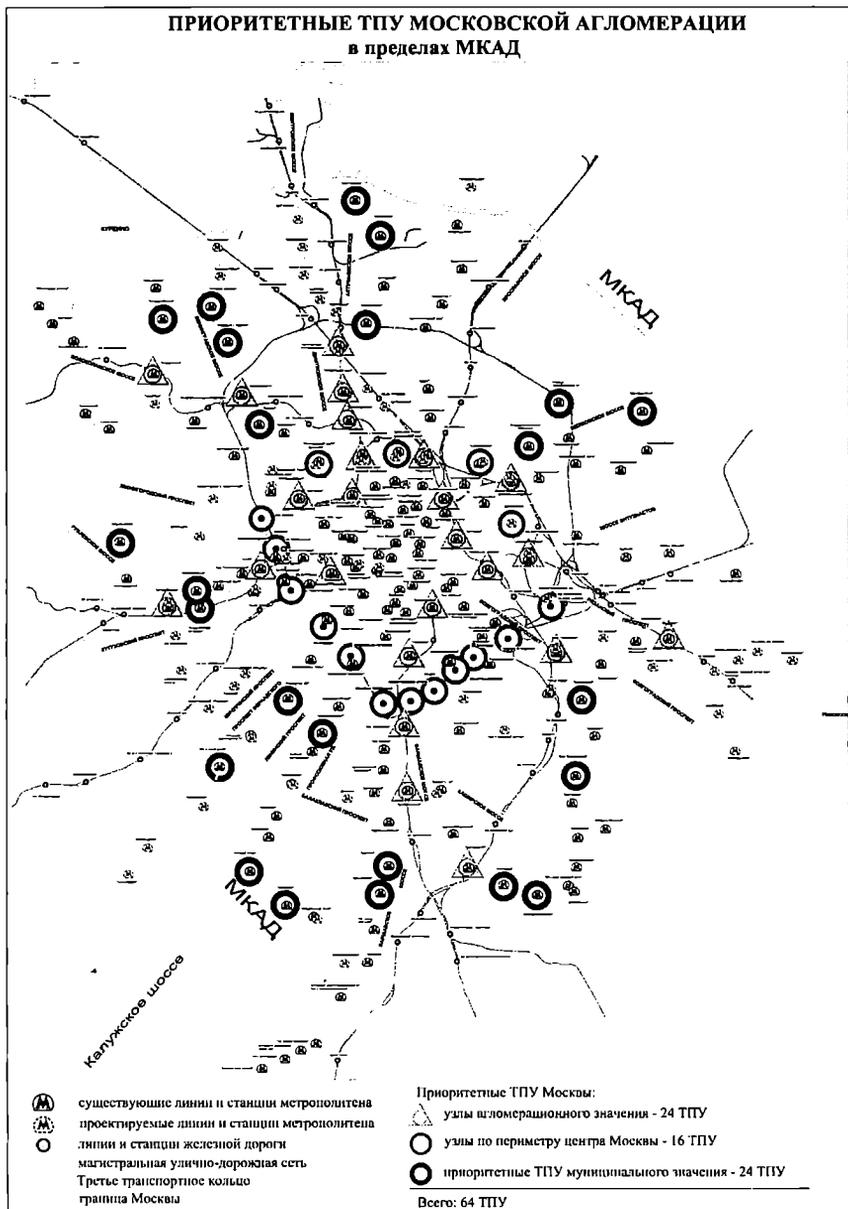


Рис. 12 Приоритетные направления развития системы ТПУ в границах МКАДа



В пятой главе «Рекомендации по проектированию транспортно-пересадочных узлов» разработаны рекомендации для включения в нормативно-техническую документацию градостроительного проектирования:

- требования к транспортно-пересадочным узлам, которые необходимо учитывать при разработке федеральных и региональных нормативов;
- типовые планировочные схемы, которые возможно использовать при разработке документации по планировке территории ТПУ;
- показатели транспортной и социально-экономической эффективности формирования системы ТПУ.

Требования к транспортно-пересадочным узлам определяется основной целью их функционирования и должны содержать:

- градостроительные (требования к составу ТПУ);
- транспортные (показатели комфорта пассажиров при совершении пересадки);
- технологические (требования по обеспечению эффективности работы систем пассажирского транспорта в ТПУ).

*Градостроительные требования* определяют состав объектов, размещение которых обеспечивает реализацию основной цели функционирования ТПУ. В самом общем виде эти объекты подразделяются на три основные группы:

- объекты транспортного назначения;
- объекты социально назначения;
- объекты коммерческо-деловой сферы, обеспечивающие инвестиционную составляющую проектов.

В составе диссертационной работы выделено три зоны, формирующиеся вокруг ТПУ на территории которых и необходимо предусматривать размещение вышеуказанных объектов:

- транспортное ядро (100 – 150 м от выходов со станций СВТ) – территория, предназначенная для реализации транспортного потенциала ТПУ и размещения транспортных и социальных объектов;
- зона развития (~700 м – зона пешей доступности входов на станцию), в которой и необходимо рассматривать возможность размещения объектов для обеспечения инвестиционной привлекательности проектов строительства (реконструкции) ТПУ;
- зона влияния (2,2 км – зона транспортной доступности ТПУ).

*Транспортные требования* определяют качество обслуживания пассажиров в ТПУ.

*Технологические требования* к формированию ТПУ определяют необходимость повышения качества работы наземного и других видов пассажирского транспорта в составе ТПУ.

## ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

1. На основе проведенных в диссертационной работе теоретических, методологических и научно-методических исследований решена научная проблема, имеющая важное отраслевое и социальное значение – обеспечение приоритета общественного транспорта за счет развития системы транспортно-пересадочных узлов, формирующих транспортный каркас агломераций. Впервые на базе системного подхода и статистического анализа обосновано системное значение ТПУ, предложена имитационная модель системы ТПУ, выявлены действующие факторы, определяющие приоритетные направления развития системы, на основании которой даны требования к транспортно-планировочной организации территории ТПУ.

2. Анализ научной литературы и оценка существующих транспортных систем показывает, что совокупность транспортно-пересадочных узлов на территории агломерации является важнейшей подсистемой транспортной инфраструктуры, основное назначение которой – обеспечение межвидового взаимодействия различных видов общественного и индивидуального транспорта, а так же взаимодействие транспортной инфраструктуры и среды поселений.

3. На основе системно-структурного анализа транспортной системы РФ, обоснована и разработана вертикально интегрированная система ТПУ, функционирующая на всех уровнях транспортного каркаса РФ:

- макро уровень – система ТПУ Российской Федерации – призвана обеспечивать транспортное единство территории страны;
- мезо уровень – системы ТПУ агломераций и регионов – обеспечение массовых, регулярных перемещений граждан с заданными показателями качества, с учетом социально-экономических показателей эффективности функционирования системы;
- микро уровень – отдельные ТПУ - обеспечение пересадки пассажиров с показателями качества соответствующим нормативным требованиям и формирование максимально привлекательного облика системы общественного пассажирского транспорта. Микро уровень системы подразделяется на три подуровня (по роли в транспортной системы агломерации, региона) – ТПУ агломерационного значения, муниципального и локального.

4. Определена и структурирована основная цель функционирования системы ТПУ агломерации, а именно: улучшение условий перемещения жителей по транспортной сети. Определены два основных направления развития системы ТПУ: обеспечение улучшения перемещений по сети пассажирского транспорта и улучшение условий перемещения по улично-дорожной сети.

Разработана имитационная модель, как для расчетов всей системы ТПУ агломерации, так и для отдельных узлов. Определены расчетные значения важнейших характеристик ТПУ: время обслуживания, коэффициент загрузки элементов системы, среднее время ожидания и др.

5. На основании статистического анализа генеральной совокупности пересадочных узлов Московской агломерации определен состав системы ТПУ и разработана классификация системы ТПУ агломерационного уровня. Основными классификационными признаками являются:

- взаимодействующие виды транспорта в составе ТПУ. Узлы подразделяются на: ТПУ агломерационного, муниципального или локального значения;
- местоположение ТПУ в планировочной структуре агломерации. Подразделяются на два типа: ТПУ пригородной зоны агломерации и ТПУ ядра агломерации;
- планировочная основа ТПУ, которой выступают: станции метрополитена, станции железной дороги, либо их совокупность;
- интенсивность пассажирообмена в ТПУ - узлы подразделяются на 11 групп (в зависимости от положения в общей иерархии).

Расчеты, проведенные на существующей системе ТПУ Московской агломерации, показали, что из общего количества узлов (358 ТПУ), узлами агломерационного значения являются 24 ТПУ, муниципального значения – 279, локального – 55 узлов. Проведено распределение ТПУ по классификационным группам.

6. Разработана методология, основанная на территориальном принципе развития системы ТПУ. Определены пять видов узлов, развитие которых обеспечивает максимальную реализацию основной цели функционирования ТПУ. К ним относятся:

- узлы агломерационного значения;
- узлы для приоритетного размещения «перехватывающих» стоянок в пригородной зоне;
- узлы в основных подцентрах системы расселения пригородной зоны агломерации;
- узлы срединной зоны агломерации;
- узлы по периметру центральной планировочной зоны агломерации.

Для каждого вида узлов предложены методики их выявления из генеральной совокупности.

7. Аprobация предложенных методик на примере ТПУ Московской агломерации определила приоритетные узлы, развитие которых обеспечит максимальное повышение качества обслуживания пассажиров. К ним относятся:

- 24 узла агломерационного значения;
- 38 узлов в пригородной зоне;
- 40 узлов на территории ядра агломерации.

Расчеты показали, что реконструкция менее чем 30% ТПУ (отобранных по предложенным методикам) позволит улучшить транспортное обслуживание более чем 65 % пассажиров на территории пригородной зоны и 45 % пассажиров на территории внутри МКАДа.

8. Разработаны требования к транспортно-пересадочным узлам, которые необходимо учитывать при разработке федеральных и региональных нормативов, при этом выделены три группы требований:

- градостроительные (требования к составу ТПУ);
- транспортные (показатели комфорта пассажиров при совершении пересадки);
- технологические (требования по обеспечению эффективности работы систем пассажирского транспорта в ТПУ).

В соответствии с основной целью функционирования системы пересадочных узлов важнейшими показателями являются показатели комфорта пассажиров. Они определяются: временем пересадки, отсутствием пересечений транспортных и пешеходных потоков на территории ТПУ, защитой от атмосферных явлений, обеспечением комфортных показателей плотности пешеходных потоков во всех коммуникационных элементах узла, наличием в составе узлов информационных систем и систем безопасности, обеспечением равных возможностей к доступу к транспортной инфраструктуре всех групп жителей.

9. В диссертации предложены типовые планировочные схемы ТПУ, даны предложения по расчету основных планировочных элементов ТПУ. Разработаны целевые показатели характеризующие транспортную и социально-экономическую эффективность формирования системы ТПУ. К ним относятся:

- сокращение времени поездки жителей агломерации;
- снижение интенсивности движения индивидуального транспорта на дорогах федерального и регионального значения, а так же улично-дорожной сети агломераций;
- экономический эффект за счет сокращения времени перемещения по сети и разгрузки улиц и дорог.

## ПУБЛИКАЦИИ

Содержание диссертационной работы опубликовано в 21 работе, включая две монографии:

### Монографии:

- Власов Д.Н. «Транспортно-пересадочные узлы крупнейшего города (на примере Москвы)» Монография – М: Изд-во АСВ, 2009 г – 96 с.;
- Данилина Н., Власов Д., «Система транспортно-пересадочных узлов и «перехватывающие» стоянки» - монография – Германия, изд-во «LAP LAMBERT Academic Publishing» 2013 г – 88 с

### Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК России:

- Власов Д.Н. «Принципы реконструкции транспортно-пересадочных узлов» // Транспортное строительство – 2009. – № 2 с. 5-7.
- Власов Д.Н. «К вопросу о классификации транспортно-пересадочных узлов крупнейшего города» // Научно-технический журнал Вестник МГСУ – 2009. – № 3 с. 47-51.

- Власов Д.Н. «Возможность использования малых выборок при транспортных расчетах» // Научно-технический журнал Вестник МГСУ – 2009 – № 3 с. 38-41
  - Власов Д.Н. «Пересадка по-японски» // Архитектура и строительство Москвы - 2010 – № 2 с. 22-28
  - Власов Д.Н., Данилина Н.В. «Совершенствование транспортной системы крупнейшего города, путем развития системы «перехватывающих» парковок» // Научно-технический журнал Вестник МГСУ – 2010 – № 4 т.5, с. 49-54
  - Власов Д.Н. «Повышение эффективности функционирования транспортно-пересадочных узлов в крупных городах» // Недвижимость: экономика, управление – 2011 – № 1 с. 57 – 61
  - Власов Д.Н., Данилина Н.В. «Перехватывающая» стоянка как ключевой элемент транспортно-пересадочного узла» // Недвижимость: экономика, управление – 2011 – № 2 с. 55 – 58
  - Щербина Е.В., Власов Д.Н. «Развитие системы транспортно-пересадочных узлов Российской Федерации» // Архитектура и строительство России – 2013 – № 6 с 2 – 7
  - Власов Д.Н. «Региональные транспортно пересадочные узлы и их планировочное решение (на примере г. Мацумото в Японии)» // Научно-технический журнал Вестник МГСУ – 2013 – № 6 с. 21 - 28
  - Власов Д.Н. «Структура системы транспортно-пересадочных узлов агломерации» // Градостроительство – 2013 – № 2 с. 84-88
  - Власов Д.Н. «Методология развития системы транспортно-пересадочных узлов на территории городского ядра агломерации (на примере Москвы)» // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 4; URL: <http://www.science-education.ru/110-9818> (дата обращения: 06.08.2013)
  - Власов Д.Н. «Методика формирования системы транспортно-пересадочных узлов в пригородной зоне агломерации» // Наукovedение – 2013 – № 4 (17), URL: <http://naukovedenie.ru/PDF/21tvn413.pdf> – номер статьи: 21ТВН413 (дата обращения: 21.08.2013)
  - Власов Д.Н. «Приоритетные направления развития системы транспортно-пересадочных узлов агломерации» // Academia. Архитектура и строительство – 2013 – № 3 с. 86-89
  - Власов Д.Н. «Имитационное моделирование – инструмент оценки качества планировочных решений транспортно-пересадочных узлов» // Транспортное строительство – 2013. – № 9 с. 22-24
- Другие статьи и материалы конференций:
- Власов Д.Н. «Развитие системы транспортно-пересадочных узлов Москвы» // Технический заказчик – 2007 август – пилотный номер, с. 44-47;
  - Власов Д.Н. «К вопросу размещения транспортно-пересадочных узлов города Москвы» // Технический заказчик – 2007, октябрь – с. 38-41;

- Власов Д.Н. «Совершенствование планировочной структуры транспортно-пересадочных узлов в городах с населением более 1 миллиона человек», Материалы четвертой международной научно-технической конференции 01 – 02 апреля 2011 года «Градорегулирование, экономика строительства и управление недвижимостью», Ханой, 2011 год, с. 311 – 317
- Власов Д.Н. «Развитие системы пассажирского транспорта и системы пересадочных узлов в Московском регионе», «Совершенствование образования в области городского и транспортного планирования: материалы Рос. – Герм. конф. по транспортно-градостроительному планированию (Иркутск, 25 – 26 июня 2012 г)» Иркутск, Изд-во ИрГТУ, 2012 г, с. 17 – 24
- Власов Д.Н. «Развитие транспортно-планировочной структуры пересадочных узлов и прилегающих городских территорий», в сборнике «Проблемы инновационного биосферно-совместимого социально-экономического развития в строительном, жилищно-коммунальном и дорожном комплексах: материалы 3-й междунар. науч.-практ. конф. (9-10 апреля 2013 г. Брянск)» в 2-х томах, под ред. Городков А.В., Плотников В.В. и др., Брянская государственная инженерно-технологическая академия, Брянск, 2013, т.2, с. 157 -162.



**КОПИ-ЦЕНТР** св.: 77 007140227 Тираж 100 экз.  
г. Москва, ул. Енисейская, д. 36.  
тел.: 8-499-185-79-54, 8-906-787-70-86  
[www.kopirovka.ru](http://www.kopirovka.ru)



2012347723