

Вестник Евразийской науки / The Eurasian Scientific Journal <https://esj.today>

2023, Том 15, № 1 / 2023, Vol. 15, Iss. 1 <https://esj.today/issue-1-2023.html>

URL статьи: <https://esj.today/PDF/69SAVN123.pdf>

**Ссылка для цитирования этой статьи:**

Бахирев, И. А. Анализ жилого фонда на предмет интенсивности использования территории с учетом характеристик транспортной системы / И. А. Бахирев, А. А. Чернышов // Вестник евразийской науки. — 2023. — Т. 15. — № 1. — URL: <https://esj.today/PDF/69SAVN123.pdf>

**For citation:**

Bakhirev I.A., Chernyshov A.A. Analysis of the housing stock for the intensity of use of the territory, taking into account the characteristics of the transport system. *The Eurasian Scientific Journal*. 2023; 15(1): 69SAVN123. Available at: <https://esj.today/PDF/69SAVN123.pdf>. (In Russ., abstract in Eng.)

УДК 711.4; 711.5

**Бахирев Игорь Александрович**

ГАУ города Москвы «Научно-исследовательский и проектный институт  
Генерального плана города Москвы», Москва, Россия  
Первый заместитель директора  
ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский  
Московский государственный строительный университет», Москва, Россия  
Доцент базовой кафедры «Градостроительство»  
Кандидат технических наук, советник РААСН, профессор МААМ  
E-mail: npotid@mail.ru  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2118-6911>  
РИНЦ: [https://elibrary.ru/author\\_profile.asp?id=540719](https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=540719)

**Чернышов Антон Алексеевич**

ГАУ города Москвы «Научно-исследовательский и проектный институт  
Генерального плана города Москвы», Москва, Россия  
Ведущий инженер  
ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский  
Московский государственный строительный университет», Москва, Россия  
Преподаватель базовой кафедры «Градостроительство»  
E-mail: urbanti2020@gmail.com  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0226-9869>  
РИНЦ: [https://elibrary.ru/author\\_profile.asp?id=1070857](https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=1070857)

## **Анализ жилого фонда на предмет интенсивности использования территории с учетом характеристик транспортной системы**

**Аннотация.** Статья является частью диссертационного исследования на тему интенсивности жилищного строительства с учетом возможностей транспортной системы обеспечить связанность территорий города. Цель исследования: установление предела интенсивности использования территории жилой застройки с учетом провозной способности транспортной инфраструктуры. Актуальность исследования обусловлена значительными объемами жилищного строительства в сложившейся городской территории, а также тенденцией увеличения плотности застройки. Однако, объекты транспортной инфраструктуры на сложившихся территориях имеют ограниченные территориальные ресурсы для развития и восприятия дополнительных нагрузок. Невозможность обеспечения транспортными связями территории формирует риски нарушения целостности городских территорий как системы, а также снижение социально-экономических условий. В статье описана математическая модель структурно-функционального баланса жилых территорий в срединной и периферийной частях

города с учетом провозной способности транспортной инфраструктуры. Модель синтезирована общенаучными методами на основании современных теоретических положений транспортного планирования, теории городского развития и социологических исследований транспортного спроса. Авторами проведена верификация математической модели. Методика верификации заключается в сравнительном анализе регрессионных моделей транспортного спроса и провозной способности на основании статистических данных по жилому фонду, численности населения и его подвижности, а также пропускных способностей улиц и маршрутов массового пассажирского транспорта. По завершению экспериментальной части сделан вывод о справедливости математической модели. Результатом проведенной работы является уравнение структурно-функционального баланса жилой территории в срединной и периферийной частях города, которое позволяет рассчитать максимальные технико-экономические показатели жилищного строительства, не нарушающие целостность города как единой градостроительной системы.

**Ключевые слова:** структурно-функциональная организация; градостроительная система; теория городского развития; транспортное планирование; транспортная инфраструктура; транспортный спрос; интенсивность использования территории; плотность застройки

### Введение

Современные тенденции развития городов подчиняются принципам устойчивого развития. В крупных и крупнейших городах России, с учетом ограниченности территориальных ресурсов, тенденция развития направлена на повышение интенсивности использования территории и формирование функционального разнообразия. Цель этого развития — формирование полицентрических градостроительных систем. Полицентрическая система является значимым фактором в глобальной системе целей развития городов и поселений, направленных на конкурентоспособность поселения. Создание экономической привлекательности территории позволит привлекать инвестиции на реализацию целей Парижского соглашения<sup>1</sup> и декларации «Преобразование нашего мира: Повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 года»<sup>2</sup>, а также национальных целей устойчивого развития<sup>3</sup>. В глобальном контексте развития городов высокая интенсивность использования территории позволяет эффективнее использовать ресурс свободных земель.

Современного девелопера привлекает сфера жилищного строительства. Жилищное строительство обладает высоким маржинальным доходом при продолжительности жизненного цикла инвестиционного проекта до 3-х лет [1]. Так, за последние 20 лет в РФ построено более 400 тыс. зданий, среди которых здания жилого назначения составляют 95 %<sup>4</sup> (рис. 1). Приведенные темпы строительства создают предпосылки о недостаточности развития иных объектов функционального обеспечения [2] жизнедеятельности населения в городах. То есть, если рассматривать город через теорию городского развития, то баланс внутри градостроительной системы смещается в пользу подсистемы «населения», а подсистемы

<sup>1</sup> Принятие Парижского соглашения. Конференция Сторон. Двадцать первая сессия. Париж, 30 ноября — 11 декабря 2015 г. Рамочная конвенция Организации Объединенных Наций об изменении климата. — ООН, 2015.

<sup>2</sup> Преобразование нашего мира: Повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 года. — ООН, Нью-Йорк, сентябрь 2015 г.

<sup>3</sup> Распоряжение Правительства РФ от 13.02.2019 № 207-р «Об утверждении Стратегии пространственного развития Российской Федерации на период до 2025 года».

<sup>4</sup> <https://rosstat.gov.ru/folder/14458>.

«обслуживания», «труда» и транспортно-коммуникационная система развиваются несимметрично.

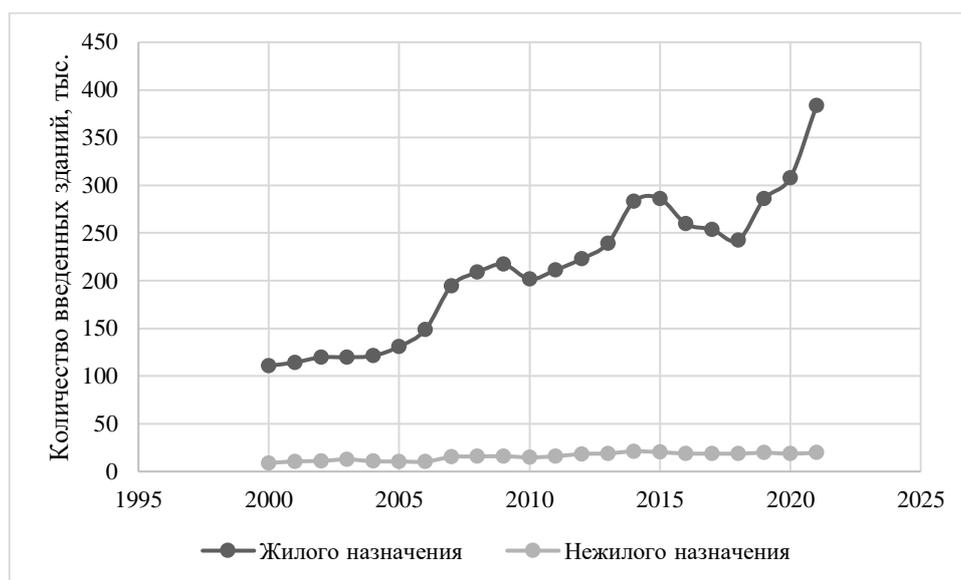


Рисунок 1. Ввод в действие зданий в Российской Федерации<sup>4</sup> (составлено авторами)

Современные требования СП 42.13330<sup>5</sup>, а также работа органов исполнительной власти в партнерстве с девелоперами, формируют положительные тенденции в развитии социальной инфраструктуры [3]. Объекты социальной инфраструктуры развиваются в пределах пешеходной доступности от места проживания населения в соответствии с современными требованиями нормативно-технической документации. Места приложения труда (далее МПТ), напротив, служат центрами тяготения населения, а не являются объектом его обеспечения. Соответственно, в случаях недостаточного количества МПТ формируются трудовые маятниковые миграции населения на иные территории [4]. В контексте интенсивного использования территорий важно отметить, что среди 4 подсистем города, только транспортная составляющая не имеет возможности использовать территорию более интенсивно. Транспортная инфраструктура не имеет фактора «высотности».

Так, актуальной становится проблема интенсивного использования территории жилой застройкой, с учетом коммуникативных возможностей транспортной инфраструктуры. Решением проблемы являются такие параметры жилой застройки, которые будут полностью обеспечены возможностью перемещения (т.е. провозной способностью транспорта), а соответственно полностью интегрированы в город, как в систему. При этом не будет снижена привлекательность территории для проживания населения [5].

## Методы

Роль транспорта, как составной части структурно-функциональной организации города, исчерпывающим образом описана в трудах Гутнова А.Э. [6; 7]. Транспортная инфраструктура в системе города обеспечивает возможность взаимодействия подсистем «населения», «мест приложения труда», «обслуживания» и находится в центре этой системы (рис. 2).

<sup>5</sup> СП 42.13330.2016 Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89 // Режим доступа: URL: <https://docs.cntd.ru/document/456054209>.



*Рисунок 2. Схема положения транспортной инфраструктуры в системе города (составлено авторами)*

В качестве рабочей гипотезы в исследовании используется математическая модель в явном виде (1), которая отражает ограничения площади жилого фонда через провозную способность транспортной инфраструктуры. Модель разработана на основании теории городского развития, транспортного планирования и проведенного социологического исследования [4]. Правая часть модели 1 позволяет рассчитать численность жителей, отправляющихся в поездку с трудовыми целями в часы «пик». То есть рассчитать максимальную пиковую нагрузку на транспортную систему.

$$\sum \alpha_i \times K_{\text{нер}} \times \beta \times \frac{S_{\text{ф}}}{S_{\text{чел}}} = \sum T_i, \quad (1)$$

где  $\alpha$  — доля использования видов транспорта;  $i$  — индекс вида транспорта (метрополитен, автобусный транспорт, индивидуальный транспорт и др.);  $K_{\text{нер}}$  — доля выезда экономически активного населения в час «пик»;  $\beta$  — доля населения, не обеспеченная местами приложения труда;  $S_{\text{чел}}$  — площадь жилого фонда на 1 человека,  $\text{м}^2/\text{чел.}$ ;  $S_{\text{ф}}$  — общая площадь жилого фонда,  $\text{м}^2$ ;  $T$  — провозная способность транспортной инфраструктуры,  $\text{чел./час}$ .

Объектом настоящего исследования является зона влияния. Зона влияния магистральной улицы общегородского значения — система территорий, прилегающих к магистральной улице общегородского значения и осуществляющих взаимодействие с иными городскими территориями посредством этой улицы. Коммуникационная способность такой системы определяется провозной способностью улицы в сечениях на входе и выходе из системы [8]. Локализация объекта исследования до зоны влияния позволяет абстрагироваться от всей городской системы и рассмотреть подробнее выбранную территорию.

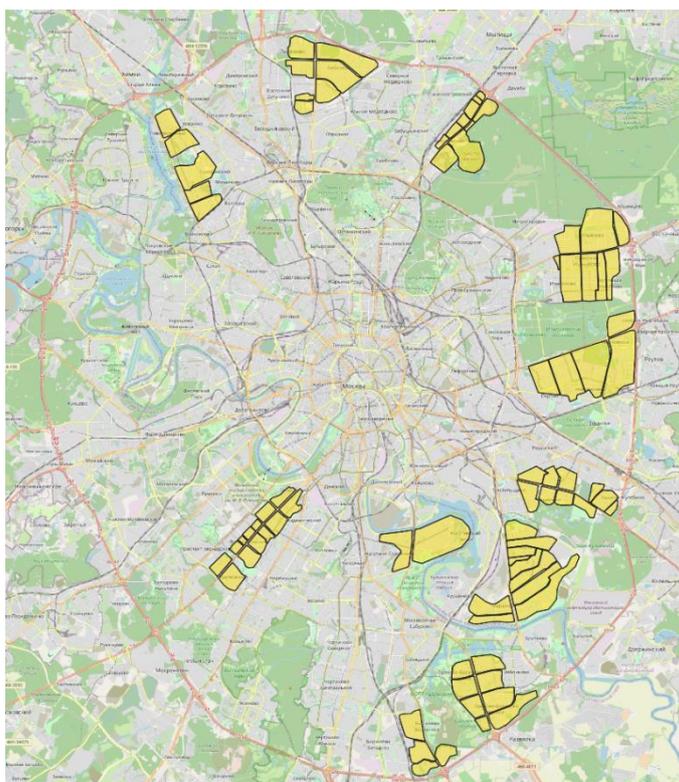
Для верификации формулы 1 проведен эмпирический эксперимент. Собрана совокупность статистических данных о жилой многоквартирной застройке в Москве: площадь жилого фонда, численность населения, плотность застройки и населения, обеспеченность населения жилой площадью. Также собраны данные о пропускной способности магистральных улиц в критических сечениях, а также линий пассажирского транспорта. Используя методы статистики, построены регрессионные модели численности населения и провозной способности видов транспорта.

## Результаты

ГАУ «Институтом Генплана Москвы» были предоставлены статистические обезличенные данные по территории Москвы в виде семантической информации объектов капитального строительства, включающие в себя следующие параметры:

- Численность населения.
- Площадь жилого фонда.
- Количество мест приложения труда.
- Площадь объектов различного функционального назначения.

Предоставленные данные скомпонованы на карте Москвы, включающую в себя здания и их семантическую информацию, структуру улично-дорожной сети (далее УДС), линии пассажирского транспорта. На карте сформирована выборка из 74 зон влияния. Зоны влияния в составе выборки позволяют проанализировать нагрузку и провозные способности улиц районного значения и улиц общегородского значения. Схема выборки представлена на рисунке 3.



**Рисунок 3.** Схема выбранных зон влияния на территории Москвы (составлено авторами)

Отдельно для каждой зоны влияния собраны данные о суммарной площади жилого фонда, численности населения, количестве МПТ, площади локуса зоны влияния, а также рассчитаны плотность застройки, плотность населения, численность экономически активного населения<sup>6</sup> и произведен расчет въезда-выезда населения [4].

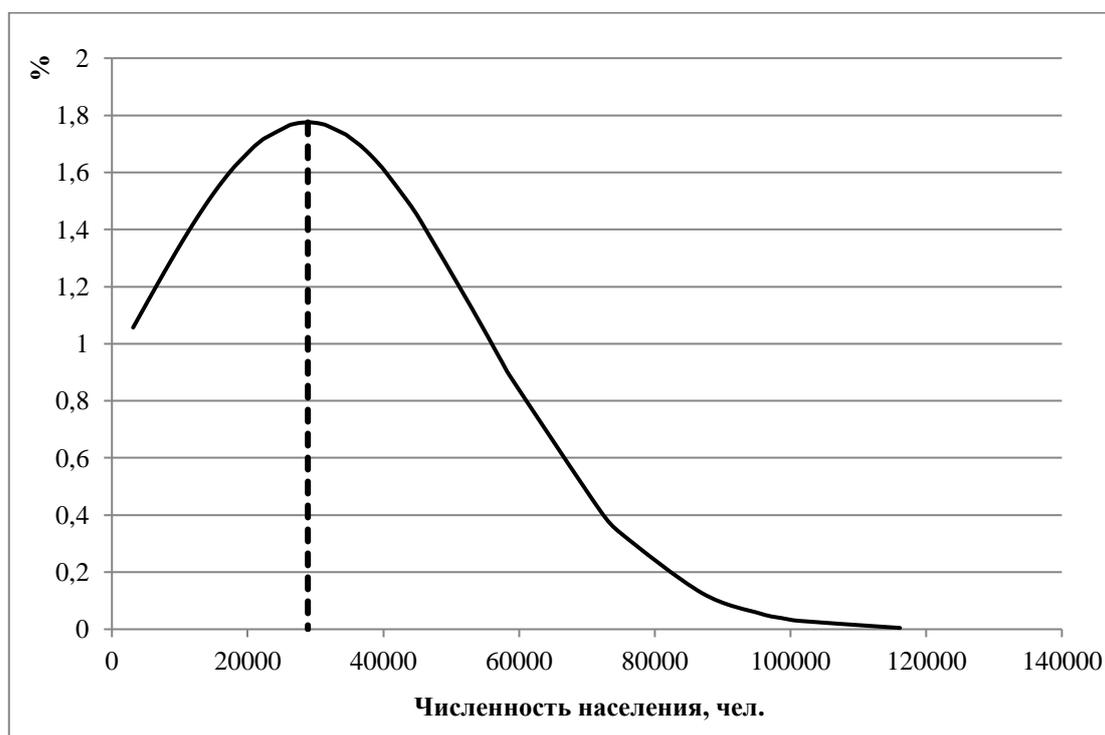
Для каждой зоны влияния определена пропускная способность УДС<sup>7</sup> районного значения, обеспечивающих выезда на магистральную улицу, как первое ограничение на путях движения населения, и пропускная способность магистральной улицы общегородского

<sup>6</sup> <https://mosstat.gks.ru/storage/mediabank/l8yYprEH/%D0%9C%D0%BE%D1%81%D0%BA%D0%B2%D0%B0%20%D0%B2%20%D1%86%D0%B8%D1%84%D1%80%D0%B0%D1%85.%202021.pdf>.

<sup>7</sup> СП 396.1325800.2018. Свод правил Улицы и дороги населенных пунктов. Правила градостроительного проектирования (утв. Приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ от 01.08.2018 № 474/пр, введен в действие с 02.02.2019) // Режим доступа: URL: <https://docs.cntd.ru/document/552304870> (дата обращения 24.09.2022).

значения, как второе ограничение. Провозные способности линий скоростного внеуличного транспорта (далее СВТ) также предоставлены ГАУ «Институт Генплана Москвы». Провозные способности линий наземного пассажирского транспорта (далее НГПТ) посчитаны как произведение средней вместимости подвижного состава НГПТ в Москве и частоты движения НГПТ<sup>8</sup>.

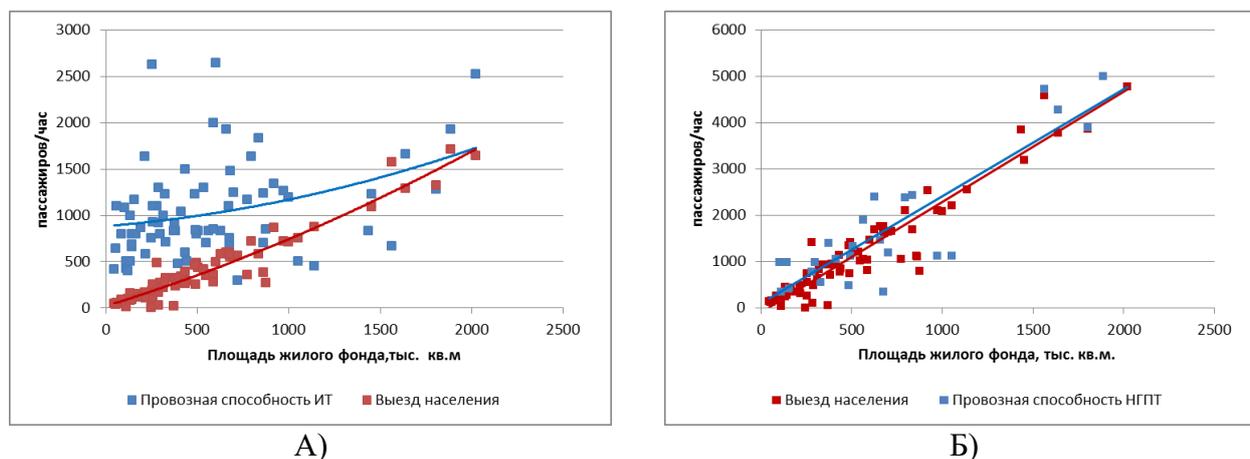
Проведена проверка на нормальное распределение выборочной совокупности по численности населения (рис. 4). В явном виде наблюдается приближение к нормальному распределению с эксцессом и асимметрией в большую сторону от математического ожидания 28872 чел., расчетная величина эксцесса составила 2,57, расчетная величина асимметрии составила 1,65. Однако, распределение удовлетворяет правилу «трех сигм»: 68,27 % значений лежит в интервале  $[-\sigma; +\sigma]$ , 95,45 % значений лежит в интервале  $[-2\sigma; +2\sigma]$  и 99,73 % значений лежит в интервале  $[-3\sigma; +3\sigma]$ . Наличие асимметрии выборки в условиях соблюдения правила «трех сигм» свидетельствует об искажении выборки. В действительности в выборку не включено несколько морфотипов застройки — индивидуального и малоэтажного жилья, так как в условиях Москвы в границах МКАД территория используется значительно интенсивнее. Данные морфотипы застройки не представляют ценности для достижения цели исследования. По результатам проверки выборочной совокупности данные приняты как репрезентативные.



**Рисунок 4.** Вид распределения численности населения по выборке (составлено авторами)

На основании выборки построена группа регрессионных моделей взаимосвязи провозной способности различных видов транспорта, объема выезда населения по формуле 1 и площади жилого фонда. Модели отражают ограничение выезда населения транспортным обеспечением тремя видами транспорта: ограничения провозной способностью улиц районного значения (рис. 5, б) и провозной способностью улиц общегородского значения (рис. 7), с учетом наличия пассажирского транспорта.

<sup>8</sup> Данные о частоте движения НГПТ взяты с портала <https://transmetrika.com/> и <https://yandex.ru/maps>.



А)

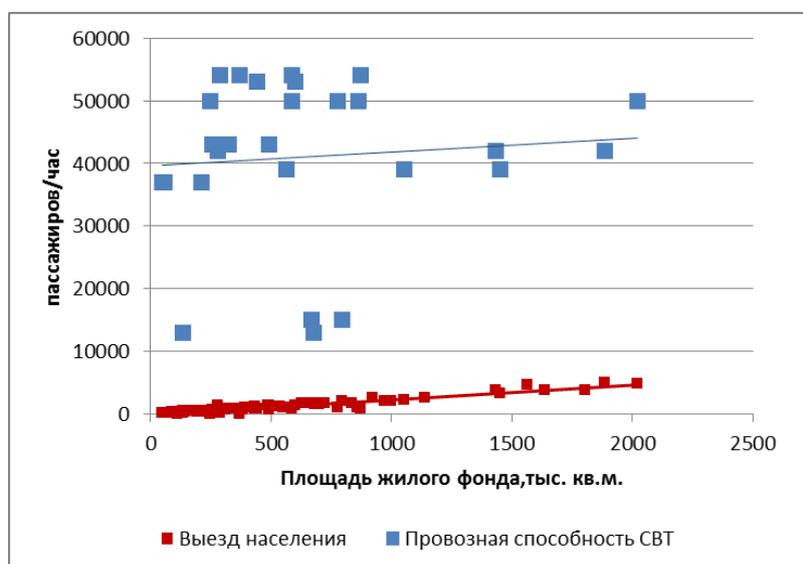
Б)

**Рисунок 5.** Верификация ограничений 1-го порядка: А) сопоставление провозной способности УДС и выезда населения; Б) сопоставление провозной способности НППТ и выезда населения (составлено авторами)

На рисунке 5А, в области пересечения регрессионных моделей находятся микрорайоны Бибирево, Измайлово, Голяново, Марьино, Ивановское, Нагатино, которые выезжают на Алтуфьевское шоссе, Щелковское шоссе, Люблинскую улицу, шоссе Энтузиастов и проспект Андропова соответственно. В действительности в рассмотренных микрорайонах наблюдаются очереди на регулируемых пересечениях в местах доступа на радиальные направления. Накопленные очереди не разъезжаются за один цикл светофора и индуцируют предзаторовые и заторовые состояния на городских улицах.

На рисунке 5Б наблюдается равенство средних величин выезда населения и провозной способности наземного пассажирского транспорта, что косвенно подтверждает достоверность расчета, так как маршруты НППТ и их характеристики определяются на основании эмпирического исследования пассажиропотока таким образом, чтобы было обеспечено обслуживание непосредственного объема пассажиропотока [9].

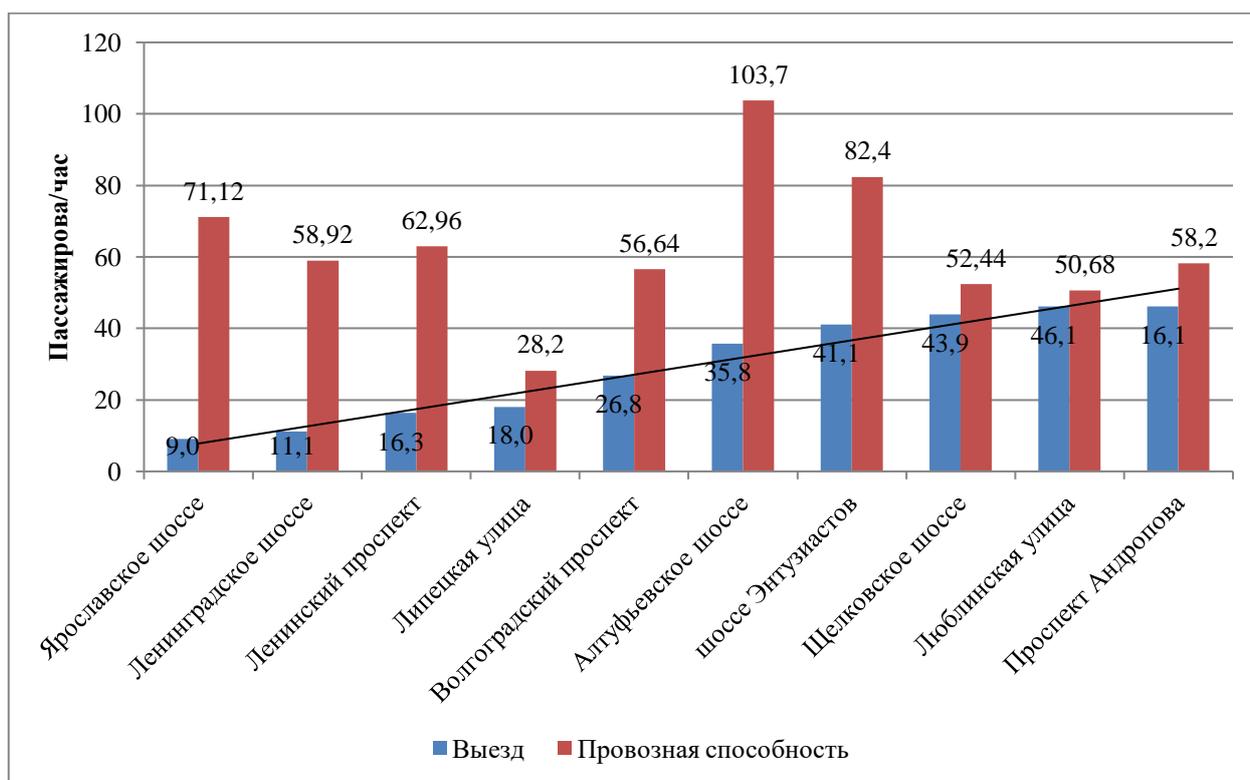
В общем виде, рисунок 5 иллюстрирует — всякая жилая застройка, независимо от итерации ее параметров, генерирует величину выезда населения, не превышающую провозную способность улиц районного значения. Что обусловлено физическими ограничениями работы УДС.



**Рисунок 6.** Сравнение провозной способности СВТ и выезда населения (составлено авторами)

Отдельно стоит рассмотреть территории, в которых существуют линии СВТ. На рисунке 6 представлен график, аналогичный рисунку 5, который иллюстрирует значительный запас провозной способности линий СВТ относительно площади жилого фонда микрорайона. Следовательно территории в зоне станций СВТ необходимо осваивать интенсивнее, а в случае наличия МПТ и функционального разнообразия возможная интенсивность использования увеличивается.

Вид влияния первого ограничения, улиц районного значения, объясняется одной из их функций — обеспечения выхода с улиц местного значения на транспортную сеть общегородского значения [10]. Следовательно, второе ограничение, формируемое улицей общегородского значения, влияет более значительно, так как аккумулирует на себе нагрузку всех примыкающих территорий. Зона влияния улицы общегородского значения содержит в себе зоны влияния районных улиц.



**Рисунок 7.** Сравнение провозной способности ТКС и выезда населения (составлено авторами)

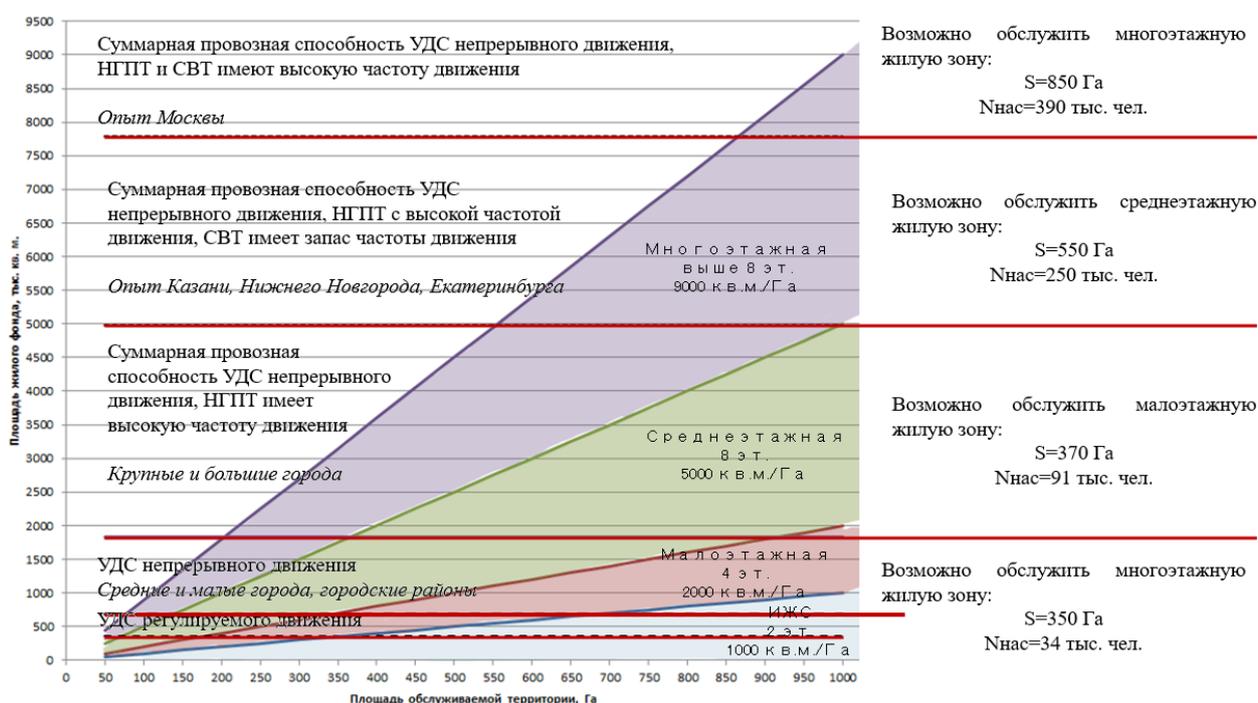
На рисунке 7 приведены агрегированные данные выезда населения с жилья, расположенного в зонах влияния радиальных направлений, с учетом линий СВТ. В рассмотренных случаях магистральная УДС общегородского значения работает в заторовом и предзаторовом режиме в настоящее время. Наиболее выражены систематические заторы перед пересечениями с другими крупными транспортными связями. Данные точки представляют собой выход из зоны влияния, который пропускает через пересечение нагрузку, аккумулированную со всей предшествующей территории. Условия перевозки пассажиров маршрутами НГПТ удовлетворительные. Нарушения социального стандарта 3,5 чел./кв.м встречаются на локальных участках улиц.

Отдельно стоит рассмотреть зоны влияния Люблинской улицы, Липецкой улицы, Щелковского шоссе, проспект Андропова, которые по результатам расчета близки к пределу провозной способности всей транспортной системы. По данным ГАУ «Института Генерального плана Москвы» юго-восточный участок Люблинско-Дмитровской линии, южный участок

Павелецкого направления МЖД, восточный участок Арбатско-Покровской линии, южный участок Замоскворецкой линии и восточный участок Калининской линии работают с малым запасом провозной способности или на ее пределе.

Однако, нагрузка на линии СВТ в других зонах влияния существенно выше расчетной величины. Среднее расхождение расчетных данных с статистическими данными ГАУ «Института Генерального плана Москвы» составляет 46 %. В зонах влияния, исчерпавших свои коммуникативные мощности, по результатам расчета средняя величина расхождения составила 14 %. В зонах влияния, имеющих большой запас провозной способности, наблюдается значительное расхождение расчетных и статистических данных — от 50 % до 98 %. Значительное расхождение объясняется отсутствием в расчете данных о Московской области, из которой пребывают транспортные потоки трудовой маятниковой миграции. Однако, они зафиксированы статистически ГАУ «Института Генерального плана Москвы». Так, по результатам рассмотрения сходимости можно заключить о достаточно высокой точности и наличии прогностической силы модели расчета (формула 1) в случае полноты исходных данных. Также продемонстрирован недостаток формулы 1 — отсутствие возможности расчета влияния транспортных потоков, прибывающих из других городов. Данный недостаток является целью дальнейших научных изысканий в части предела интенсивности использования территории.

### Заключение



**Рисунок 8. Номограмма интенсивности использования территории жилой застройки (составлено авторами)**

В заключении теоретико-экспериментальной части исследования подготовлена номограмма интенсивности использования территории жилой застройки с учетом провозной способности транспортной инфраструктуры — рисунок 8.

Исходной информацией для номограммы стали морфотипы застройки, декларируемые СП 42.13330.2016 в их максимальной плотности застройки, с обеспеченностью МПТ 5 % от потребности.

Таблица 1

**Плотность застройки основных морфотипов жилья**

Наименование	Этажность, ед.	Плотность застройки, кв. м/Га
Индивидуальная жилая застройка	2	1000
Малоэтажная	4	2000
Среднеэтажная	8	5000
Многоэтажная	Выше 8	8000

*Составлено авторами*

Конфигурация транспортной инфраструктуры и ее коммуникационных возможностей приведена на основании эмпирического опыта.

Улично-дорожная сеть в 2 полосы движения в два направления при наличии светофорного регулирования обеспечивает провозную способность (далее ПС) 800 ед./час. Что позволяет обеспечить транспортными связями территорию в зоне влияния до 320 Га, используемую индивидуальным жилищным строительством с плотностью застройки 1000 кв. м/Га, с обеспеченностью МПТ 5 %. Такие случаи распространены в пригородах крупных и крупнейших городов, а также в малых населенных пунктах.

Улично-дорожная сеть в 2 полосы движения в два направления, но в условиях непрерывного движения обеспечивает ПС 1800 ед./час. Представляется возможным обслужить зону индивидуального жилого строительства площадью до 650 Га. Распространенный случай линейных населенных пунктов, которые организованы на крупных транспортных связях. Также, такая конфигурация транспортной системы позволяет обеспечить транспортными связями малоэтажную жилую застройку плотностью 2000 кв./Га, площадью зоны влияния 350 Га и численностью населения до 34 тыс. чел. Такие случаи встречаются в малых и средних городах, а также городских районах более крупных населенных пунктов.

Дальнейшее развитие улично-дорожной сети, как правило, предусматривает увеличение количества полос движения до 2–3 в каждую сторону с пересечениями в разных уровнях, а также использование НГПТ. Так, УДС с 3 полосами движения провозной способностью 6400 ед./час и минимальным интервалом движения НГПТ, обеспечивающим перемещение 8000 пассажиров/час, сможет обслужить зону влияния с численностью населения 91 тыс. чел. Такая зона влияния может быть представлена среднеэтажной застройкой площадью до 350 Га, либо высокоэтажной застройкой меньшей площади.

Конфигурация транспортной инфраструктуры по опыту Казани, Нижнего Новгорода и Екатеринбурга, представленная развитой УДС с НГПТ с их суммарной провозной способностью до 14400 пасс/час и СВТ малой провозной способности до 27000 пасс/час, повышает емкость территории. В зонах влияния таких транспортных связей представляется возможным расселить до 250 тыс. чел. Наиболее рациональными морфотипами жилой застройки для таких транспортных систем являются средне- и высокоэтажные.

Дальнейшее совершенствование транспортной инфраструктуры в части провозной способности представляется только увеличением провозной способности СВТ. Максимальная провозная способность линии метрополитена, в настоящее время, составляет 54 тыс. пасс./час на некоторых линиях Московского метрополитена. Транспортная инфраструктура по образцу московской транспортной системы, которой характерны развитые УДС, СВТ и НГПТ, способна обеспечить транспортными связями зону влияния, в которой проживают до 390 тыс. чел. Примерами таких территорий в границах Москвы служат районы Марьино и Люблино, Гольяново и Измайлово, Бирюлево, Нагатино, расположенные в зонах влияния Люблинской улицы, Липецкой улицы, Щелковского шоссе и проспекта Андропова.

### Выводы

По итогам исследовательской части удалось разработать и верифицировать математическую модель (формула 1), отвечающую поставленной цели диссертационного исследования. Математическая модель позволяет произвести расчет максимально возможного объема жилого фонда и численности населения, которое можно разместить на территории со статичным каркасом. При условии сохранения целостности градостроительной системы и полной обеспеченности транспортными связями населения.

Выявлен недостаток модели — невозможность учета влияния маятниковой трудовой миграции. Ее влияние в настоящий момент представляется возможным учитывать только в качестве константы, полученной эмпирическим методом. Недостаток, в контексте поставленных целей исследования, не представляется значимым. Однако, станет предметом дальнейшего изучения, с целью устранения несоответствия расчетных величин и действительности, что представляет научную и практическую значимость для градостроительной отрасли.

Математическая модель (формула 1) может использоваться в настоящее время при разработке проектов планировки территории, пространственно-экономических моделей, проектов комплексного развития территорий, генеральных планов, мастер-планов и т. д. Расчет будет полезен не только для практических планов развития поселения с позиции экономической эффективности и устойчивости, но и для теоретических исследований в части полицентрических моделей городского развития. Формула 1 позволит количественно сравнивать варианты моделей структурно-функциональной организации городов.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Беккер, Т.А. Подход к оценке эффективности инвестиционных проектов строительства многоквартирных жилых домов / Т.А. Беккер, М.В. Бузина, О.А. Тупикова // Известия Байкальского государственного университета. — 2022. — Т. 32, № 3. — С. 543–549. — DOI 10.17150/2500-2759.2022.32(3).543-549. — EDN POGGHY.
2. Пешкова, М.В. Инновации и инвестиционная привлекательность жилищного строительства / М.В. Пешкова // Вестник Иркутского государственного технического университета. — 2011. — № 1(48). — С. 190–195. — EDN NDBTMB.
3. Бедняков, А.С. Роль инфраструктуры в обеспечении устойчивого социально-экономического развития и конкурентоспособности: актуальные вопросы в России и за рубежом / А.С. Бедняков // Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета. — 2021. — № 1(127). — С. 155–161. — EDN SWTONY.
4. Чернышов, А.А. Анализ мобильности населения Москвы в современных условиях / А.А. Чернышов, Ю.О. Купка, И.А. Бахирев // Устойчивое развитие территорий: Сборник докладов III Международной научно-практической конференции, Москва, 26–27 мая 2021 года. — Москва: Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, 2021. — С. 116–120. — EDN ANITFO.

5. Власов, Д.Н. Оценка транспортного потенциала городских территорий при разработке масштабных инвестиционных проектов / Д.Н. Власов, И.А. Бахирев, Н.В. Данилина // Транспортное планирование и моделирование: Сборник трудов II Международной научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 24–25 мая 2017 года. — Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, 2017. — С. 72–77. — EDN XWNQFF.
6. Гутнов А.Э. Эволюция градостроительства. — М.: Стройиздат. — 1984. — 256 с.
7. Гостев М.В. Об эвристической природе моделей эволюционного городского развития // "Городские исследования и практики" // НИУ ВШЭ. — 2018. — Т. 3. № 1. — С. 7–22.
8. Чернышов, А.А. Предел интенсивности использования территории жилой застройки как основание прогнозирования комплексного воздействия на окружающую среду / А.А. Чернышов, И.А. Бахирев // Экология урбанизированных территорий. — 2022. — № 2. — С. 53–59. — DOI 10.24412/1816-1863-2022-2-53-59. — EDN NPKQOO.
9. Методика разработки маршрутной сети движения городского пассажирского транспорта (на примере города Магнитогорска) / С.Н. Корнилов, А.Н. Рахмангулов, Н.А. Осинцев [и др.] // Вестник Магнитогорского государственного технического университета имени Г.И. Носова. — 2011. — № 2(34). — С. 49–58. — DOI 10.6084/m9.figshare.14134625. — EDN NUOXSB.
10. Михайлов, А.Ю. Управление доступом к магистральным улицам: зарубежная практика / А.Ю. Михайлов // Транспорт Российской Федерации. — 2010. — № 6(31). — С. 26–29. — EDN NCOGPI.

### **Bakhirev Igor Aleksandrovich**

Research and Project Institute of General Planning for the City of Moscow, Moscow, Russia  
Moscow State University of Civil Engineering (Nation Research University), Moscow, Russia  
E-mail: npotid@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2118-6911>

RSCI: [https://elibrary.ru/author\\_profile.asp?id=540719](https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=540719)

### **Chernyshov Anton Alekseevich**

Research and Project Institute of General Planning for the City of Moscow, Moscow, Russia  
Moscow State University of Civil Engineering (Nation Research University), Moscow, Russia  
E-mail: urbanti2020@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0226-9869>

RSCI: [https://elibrary.ru/author\\_profile.asp?id=1070857](https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=1070857)

## **Analysis of the housing stock for the intensity of use of the territory, taking into account the characteristics of the transport system**

**Abstract.** The article is part of a dissertation research on the topic of the intensity of housing construction, taking into account the possibilities of the transport system to ensure the connectivity of the city's territories. The purpose of the study: to establish the limit of the intensity of use of the residential development area, taking into account the carrying capacity of the transport infrastructure. The relevance of the study is due to the significant volumes of housing construction in the existing urban area, as well as the trend of increasing building density. However, transport infrastructure facilities in the existing territories have little opportunity for development and perception of additional loads. The inability to provide transport links to the territory creates risks of violating the integrity of urban areas as a system, as well as reducing socio-economic conditions. The article describes a mathematical model of the structural and functional balance of residential areas in the middle and peripheral parts of the city, taking into account the carrying capacity of the transport infrastructure. The model is synthesized by general scientific methods on the basis of modern theoretical provisions of transport planning and urban development theory. The authors carried out verification of the mathematical model. The verification method consists in a comparative analysis of regression models of transport demand and carrying capacity based on statistical data on housing stock, population and its mobility, as well as the capacity of streets and routes of mass passenger transport. At the end of the experimental part, a conclusion was made about the validity of the mathematical model, as well as some features in the development of residential areas. The result of this work is the equation of the structural and functional balance of the residential area in the middle and peripheral parts of the city, which allows us to calculate the maximum technical and economic indicators of housing construction that do not violate the integrity of the city as a single urban planning system.

**Keywords:** structural and functional organization; city system; theory of urban development; transport planning; transport infrastructure; intensity of use of the territory; building density