

нальностей) и решить необходимые для нас задачи: изучить качественные и количественные свойства сети, процесс ее эволюции, оценить возможности дальнейшего ее роста.

Наиболее развитые топологические ярусы характерны для сетей с большим количеством циклов. В сетях с малым количеством циклов часто наблюдается явление гипертрофированности внутренней структуры топологических ярусов.

Расчет индексов связности Канского показал отсутствие зависимости между степенью связности сети и ее общей циклической развитости. Наибольшими значениями индексов связности обладают не сети с наибольшим числом циклов (Токио, Нью-Йорк), а значительно уступающие им по топометрическим характеристикам сети Пекина и Шанхая.

Анализ основных топометрических показателей сети и расчет индексов Канского позволил выделить 3 основных типа сетей метрополитенов: наиболее циклически развитые, наиболее связные и деформированные сети.

Эти типы были выделены нами путем сопоставления числа циклов, развитости топологических ярусов, площадных характеристик топологических ярусов и циклов, показателей связности.

### **Литература**

1. Тархов, С.А. Эволюционная морфология транспортных сетей / С.А. Тархов. – Смоленск-М.: Универсум, 2005. – С. 47–50.

2. Kansky, K.J. Structure of transportation networks: relationships between network geometry and regional characteristics / K.J. Kansky. – Chicago University, Department of geography, Research paper, 1963.

*Поступила 29 октября 2017 г.*

**УДК 711.7**

### **К вопросу о трассировке Кольцевой линии метрополитена Петербурга**

**Л.Ю. Истомина, М.А. Жеблиенок**

*В статье проведён ретроспективный анализ проектных решений трассировки Кольцевой линии метрополитена Ленинграда – Петербурга, рассматривается опыт создания системы кольцевых линий внеуличного*

пассажирского транспорта в Москве, приведены результаты сравнительного анализа технико-экономических показателей двух вариантов трассировки Кольцевой линии метрополитена Санкт-Петербурга – варианта «Большого кольца» и варианта «Малого кольца».

*The article describes a retrospective analysis of the tracing solutions of the metro Ring line at Leningrad/St.Petersburg. Authors consider the creating experience of a ring lines system with non-surface passenger transport in Moscow, they present the results of a comparative analysis with technical and economic indicators of the two options for tracing the metro Ring line of St. Petersburg – the option «Big ring» and the option «Small ring».*

Кольцевая линия является важным этапом развития системы метрополитена. Существует принципиальная разница между задачами, решаемыми радиальными линиями и кольцевыми линиями внеуличного общественного пассажирского транспорта.

**Задачи радиальных линий** – повышение доступности для населения услуг метрополитена, повышение доступности центрального делового района города и привлечение пассажиров к использованию общественного транспорта взамен индивидуальных автомобилей.

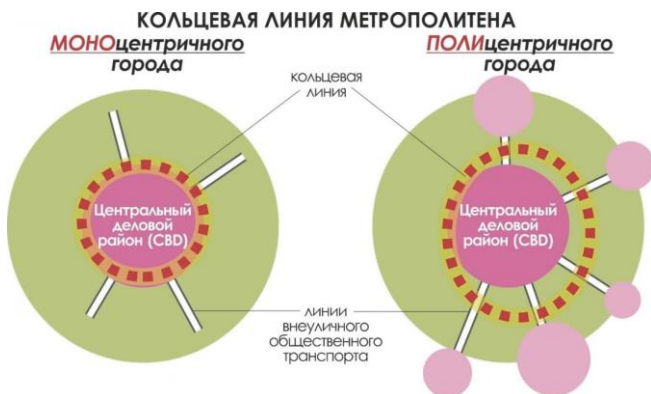
**Задачи кольцевых линий** – создание условий для осуществления максимально удобных пересадок внутри сети метрополитена, снижение нагрузки на центральные пересадочные узлы метрополитена.

Трассировка кольцевой линии должна быть определена исходя из целей и задач развития города и городской агломерации в целом (рисунок 1).

**Моноцентричное развитие** предполагает несбалансированное использование территорий города, наличие одного центрального делового (центрального планировочного) района и отсутствие центров деловой активности на периферии.

В этом случае, создание Кольцевой линии метрополитена должно решать следующие задачи:

- сокращение времени затрачиваемого на передвижения внутри центрального делового района;
- повышение доступности крупных очагов деловой активности внутри центрального делового района; (это частное от первого пункта);
- повышение доступности объектов внешнего транспорта (связь всех железнодорожных вокзалов, пассажирского порта, автовокзалов).



**Рисунок 1 – Варианты трассировки Кольцевой линии метрополитена при различных принципах территориального развития города**

Следовательно, трассировать Кольцевую линию необходимо либо максимально близко к границе центрального делового (центрального планировочного) района, либо проходя через него.

**Полицентричное развитие** предполагает сбалансированное использование территории, наличие центров деловой активности/ «точек роста» на периферии. Соответственно, такое развитие сопровождается усложнением структуры перемещения людей. В этом случае, приоритетными задачами Кольцевой линии являются:

- сокращение времени, затрачиваемого на передвижения между подцентрами деловой активности / «точками роста» на периферии;
- создание единого пересадочного/интермодального контура (метрополитен, пригородная железная дорога, прочие виды уличного и внеуличного общественного пассажирского транспорта, индивидуальный транспорт);
- стимулирование освоения территорий города вне центрального делового (центрального планировочного) района.

Следовательно, трассировка Кольцевой линии должна поддерживать развитие не столько центрального делового района, сколько подцентров в периферийных районах города и агломерации, что приводит к необходимости расширения радиуса кольца.

В современной мировой градостроительной практике теория полицентричного развития городов и агломераций является приоритетной.

## Ретроспективный анализ проектных решений трассировки Кольцевой линии метрополитена Ленинграда – Петербурга

В XX-XXI вв. при разработке документов территориального развития Санкт-Петербурга не раз поднимался вопрос о создании полицентричного города. Анализ градостроительной документации разных лет позволяет увидеть динамику развития идей трассировки Кольцевой линии метрополитена для Санкт-Петербурга (Ленинграда).

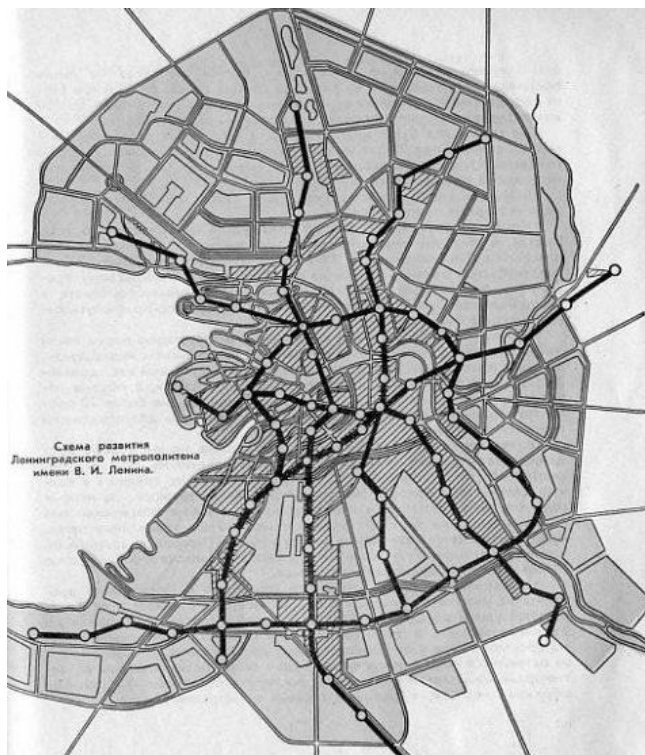
Варианты трассировки Кольцевой линии метрополитена Ленинграда – Санкт-Петербурга рассматривались и прорабатывались на протяжении более чем 80 лет усилиями коллективов 6 проектных организаций.

Строительство Кольцевой линии Петербургского метрополитена впервые было предложено в 1937 году Ленинградским НИИ Коммунального Хозяйства (ЛНИИКХ) в проекте новой схемы развития метрополитена (рисунок 2).



Рисунок 2 – Предложения по развитию метрополитена, разработанные ЛНИИКХ в 1937 г. (на основе данных [1])

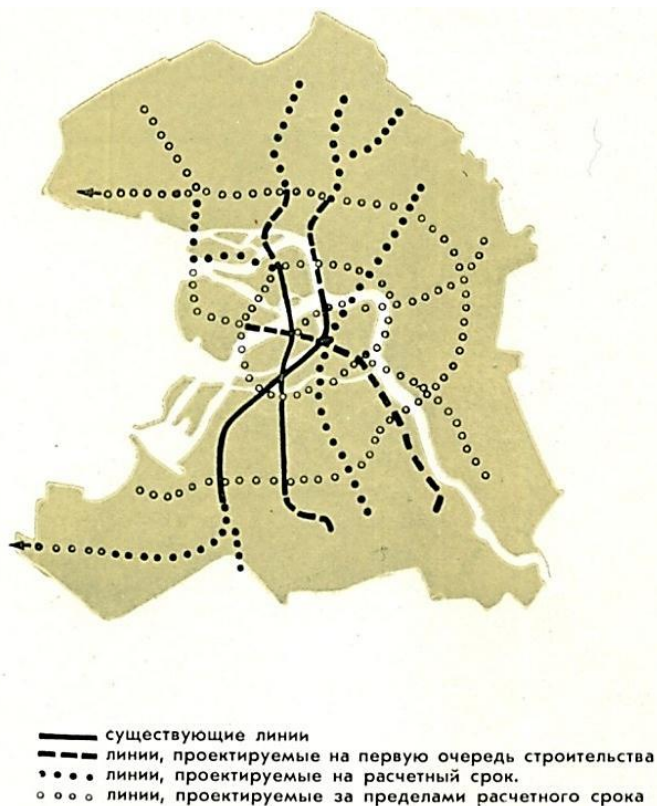
Указанная схема была основана на прогнозе пространственного развития города, заложенного в генеральном плане 1935–1936 гг. В послевоенный период трассировка Кольцевой линии тщательно анализируется в проектных работах 1959–1962 гг. (рисунок 3)



**Рисунок 3 – Схема развития Ленинградского метрополитена 1962 г. [2]**

Впервые Кольцевая линия как замкнутый контур стала рассматриваться только в 1966 году. Тогда Генеральным планом развития Ленинграда предполагалось строительство двух кольцевых линий – «внешней», вдоль Центральной дуговой магистрали, и «внутренней» трассируемой через Васильевский и Петроградский острова, Выборгскую сторону, Большую и Малую Охту, а затем – вдоль Обводного канала до Балтийского вокзала и далее – на Васильевский остров (рисунок 4).

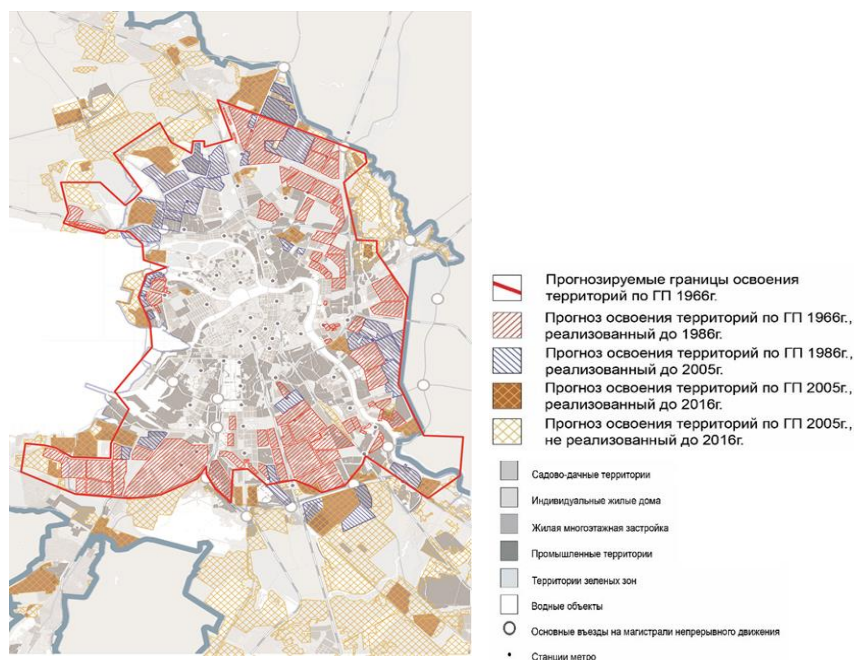
При этом юго-восточный участок «внешнего» кольца приближен к трассировке Кольцевой линии в действующей на настоящий момент «Отраслевой схеме развития метрополитена...» [4].



**Рисунок 4 – Схема развития Ленинградского метрополитена, 1966 г. [3]**

Показатели современного развития Санкт-Петербурга в части площади освоенных территорий и уровня развития транспортной инфраструктуры сопоставимы с прогнозируемыми показателями генерального плана 1966 года. Следовательно, решения по трассировке Кольцевой линии малого радиуса соответствует идеям развития города середины прошлого столетия, которые уже сейчас воплощены в

жизнь. Санкт-Петербург продолжает развиваться. При сравнительном анализе решений Генеральных планов 1966 г. и 2005 г. видно, что площадь новых территорий, планируемых к освоению, значительно расширилась (рисунок 5). Это диктует новые требования, как к развитию транспортной системы города в целом, так и к планам по трассировке Кольцевой линии метрополитена, в частности.



**Рисунок 5 – Прогноз освоения новых территорий по генеральным планам 1966–2005 гг.**

### **Опыт создания системы кольцевых линий внеуличного пассажирского транспорта в Москве**

Кольцевая линия метрополитена Москвы была полностью введена в строй в 1954 году (первая очередь в 1950 году). Её строительство было призвано решить несколько задач, в числе которых было снижение нагрузки на центральные пересадочные узлы метрополитена и устройство связи железнодорожных вокзалов – Кольцевая линия со-

единяет семь из девяти вокзалов столицы. Транзитные пассажиры поездов дальнего следования, которые осуществляют пересадку между вокзалами, составляют существенную долю от общего количества пассажиров Кольцевой линии. Линия полностью охватывает центральную часть города внутри Бульварного кольца.

Однако, близость к деловому центру привела к тому, что к началу XXI века пересадочные узлы Кольцевой линии также стали испытывать значительные перегрузки. С целью перераспределения транзитных потоков в центральной части города, и снижения нагрузки на основные ветки метрополитена, прежде, всего на Кольцевую линию, в период с 2012 по 2016 гг. была произведена реконструкция Московской кольцевой железной дороги (Московское центральное кольцо – МКЦ/МКЖД) для запуска пассажирского движения. В настоящее время Московская кольцевая железная дорога полностью интегрирована в сеть Московского метрополитена и функционирует как 14-я линия метро («Вторая кольцевая линия»).

Помимо этого, в настоящее время ведётся проектирование и строительство Третьего пересадочного контура (ТПК) Московского метрополитена. Он соединит существующие и перспективные радиальные линии на расстоянии до 10 км и ближе от действующей Кольцевой линии метрополитена. Таким образом, он разгрузит действующие пересадочные контуры: первый (станции внутри Кольца) и второй (собственно Кольцевая линия). В состав Третьего пересадочного контура включён действующий участок Каховской линии ст. «Каширская» – ст. «Каховская». На период до 2020 года запланирован ввод в эксплуатацию участка ТПК ст. «Нижняя Масловка» – ст. «Хорошевская» [5] (рисунок 6). При строительстве ТПК предусматривается возможность постепенного ввода в эксплуатацию отдельных участков линии.

Таким образом, развитие системы кольцевых линий внеуличного пассажирского транспорта Москвы, может быть охарактеризовано следующим образом:

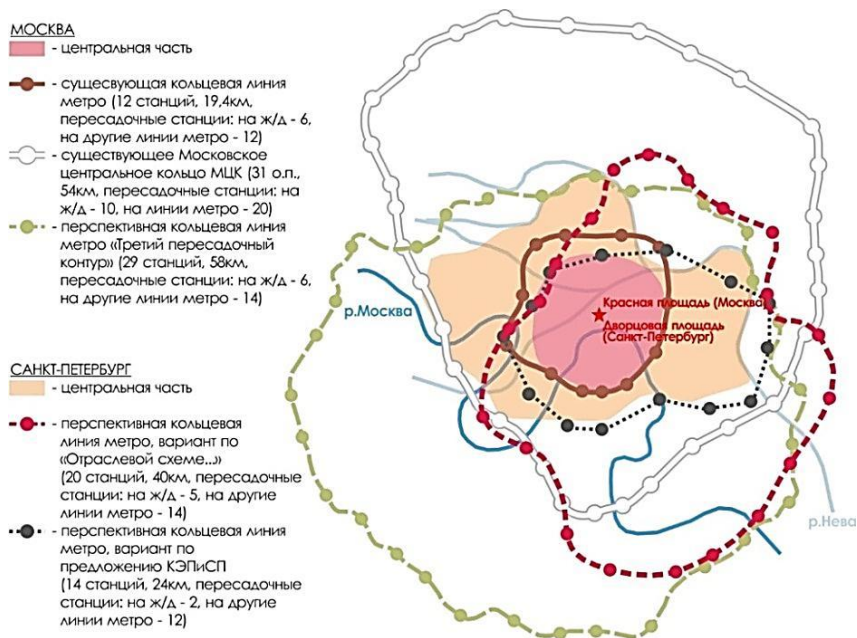
- функционирование одного «малого кольца» (Кольцевая линия Московского метрополитена) уже к концу XX века не могло полностью удовлетворить потребности населения в перевозках с учетом развивающейся агломерации;



- развитие кольцевых линий в XXI веке в Москве основывается на создании интермодальной транспортной системы и полного интегрирования видов транспорта между собой с созданием полноценных транспортно-пересадочных узлов (в особенности при пересечении или примыкании линий метрополитена и пригородной железной дороги);

- строительство третьего пересадочного контура метрополитена предусмотрено с возможностью постепенного ввода в эксплуатацию отдельных участков линии. Это позволяет в первую очередь снимать нагрузку с тех участков линий и пересадочных узлов, которые испытывают наибольшие перегрузки.

Основные параметры системы кольцевых линий внеуличного пассажирского транспорта в Москве в сравнении с вариантами трассировок кольцевых линий в Санкт-Петербурге представлены на рисунке 6 и в таблице 1.



**Рисунок 6 – Сравнение Кольцевых линий Санкт-Петербурга и Москвы**

Таблица 1 – Сравнение основных характеристик кольцевых линий Москвы и Санкт-Петербурга

Наименование показателей	Единица измерения	Москва				Санкт-Петербург	
		Система кольцевых линий пассажирского внеуличного транспорта	Кольцевая линия метрополитена (1954 год)	Московское центральное кольцо – МКЦ / МЖД (2016 год)	Третий пересадочный конгур (строится)	Варианты кольцевой линии метрополитена	«Большое кольцо»
Население города	млн чел.	4,8 (1936 год) 12,4 (2017 год)				5,3 (2017 год)	
Площадь города	кв. км	379 (1958 год) 1 081 (2010 год) 2 561 (2017 год)				1 403 (2017 год)	
Площадь центральной части	кв. км	около 19				около 55	
Протяженность линии в двухпутном исчислении	км	131	19	54	58	40	24
Количество станций всего	ед.	72	12	31	29	20	14
<i>В том числе образующих пересадочные узлы:</i>							
со станциями других линий метрополитена	ед.	43	12	17	14	14	12
с остановочными пунктами и станциями пригородной железной дороги	ед.	21	5	10	6	5	2

Опыт Москвы показывает, что близость Кольцевой линии к деловому центру приводит к перегрузкам пересадочных узлов и необходимости создания кольцевых линий внеуличного пассажирского транспорта большего радиуса.

### **Сравнительный анализ технико-экономических показателей вариантов трассировок Кольцевой линии Санкт-Петербурга**

Действующей на данный момент «Отраслевой схемой развития метрополитена в Санкт-Петербурге...» [4], трассировка Кольцевой линии (далее по тексту – вариант «Большого кольца») предусматривает её удаление от центрального планировочного района с приближением к развиваемым подцентрам периферийных районов.

В 2016 году Комитетом по экономической политике и стратегическому планированию Санкт-Петербурга (КЭПиСП) предложен вариант трассировки Кольцевой линии (далее по тексту – вариант «Малого кольца»), ориентированный на снижение общей нагрузки на бюджет города [6]. При этом упускаются перспективные интегральные социально-экономические эффекты развития транспортной системы и рост затрат в связи с изменением трассировки. Предложенный КЭПиСП вариант схож с вариантом «внутреннего» (малого) кольца, разработанный Генеральным планом 1966 года.

Был проведён сравнительный анализ технико-экономических показателей двух вариантов трассировки Кольцевой линии метрополитена Санкт-Петербурга – варианта «Большого кольца» и варианта «Малого кольца». По результатам анализа были сделаны следующие выводы:

1. Предложение по уменьшению радиуса кольца приводит к снижению количества уникальных пересадочных станций, как на другие линии метрополитена (14 станций против 11 станций), так и на линии пригородной железной дороги (3 и 0 станций соответственно).

2. Не предусматривается образование новых ТПУ федерального и регионального значения. Это приводит к проблемам при интеграции различных видов транспорта между собой, то есть затрудняется создание современной интермодальной транспортной системы. Как следствие, это ограничивает возможности повышения подвижности петербуржцев и гостей города. Сравнение прогнозных пассажиропотоков показывает, что годовой объём перевозок по варианту «Малого кольца» на 36 % ниже, чем по варианту «Большого кольца» (605 млн

пасс. против 390 млн пасс.). Кроме того, вариант «Большого кольца» на 58 % лучше снижает пиковую нагрузку на пересадочные пути между действующими станциями метрополитена, которые уже сейчас испытывают трудности (снижение на 39 тыс. пасс. в час против снижения на 16 тыс. пасс. в час). Также необходимо отметить, что вариант «Большого кольца» снижает на 14 % суммарную нагрузку на действующие перегоны радиальных линий, пересекающие границу Центрального планировочного района, в то время, как вариант «Малого кольца» наоборот, повышает этот показатель на 8 % (снижение на 37 тыс. пасс. в час против повышения на 21 тыс. пасс. в час).

3. Капитальные вложения в строительство Кольцевой линии, по варианту «Большого кольца» составляют около 313 млрд. руб., что на 120 млрд. руб. больше, чем для варианта «Малого кольца». Однако в приведении к одному перевезённому пассажиру в год, разница между удельными объёмами капитальных вложений незначительна, и составляет 22 рубля (517 руб. – «Большое кольцо» и 495 руб. – «Малое кольцо»).

4. Увеличение доли населения, проживающего в пешеходной доступности станций метрополитена является одним из целевых показателей Государственной программы «Развитие транспортной системы Санкт-Петербурга...». По варианту «Малого кольца» указанный показатель в 6 раз ниже, чем по варианту «Большого кольца» (530 тыс. чел. против 280 тыс. чел). Также меньше и количество мест приложения труда в зонах пешеходной доступности (550 тыс. мест против 420 тыс. мест).

5. В варианте «Малого кольца» не учтена сложность выбора площадок под размещение вестибюлей станций и иных объектов метрополитена, что связано с наличием историко-культурных ограничений и обременений на территории центра Санкт-Петербурга, где в основном и трассируется предложенный вариант. Площадь объединённой зоны охраны объектов культурного наследия по варианту «Малого кольца» составляет 65 % от общей площади зон возможного размещения объектов Кольцевой линии.

6. По этой же причине – нехватки территориальных ресурсов под сооружение стартового котлована для щитовой проходки тоннелей, при строительстве по варианту «Малого кольца» будет невозможен постепенный ввод в эксплуатацию отдельных участков Кольцевой линии.

7. Также не учтены затраты на снижение негативного воздействия на здания и сооружения от деформации земной поверхности. Методы компенсации воздействия на современные здания и застройку советского периода значительно дешевле, чем на исторические здания. По варианту «Малого кольца» исторических зданий и сооружений в границах предполагаемой мульды сдвига земной поверхности в 2,4 раза больше, чем по варианту «Большого кольца».

8. Следует также отметить, что при принятии трассировки «Малого кольца», необходимо будет проводить дополнительные проектно-изыскательные работы, в том числе по выявлению территориальных резервов. Подобные работы уже были проведены при разработке «Отраслевой схемы...». Корректировке должны будут подвергнуться около 40 проектов планировки и проектов межевания территории, Отраслевая схема метрополитена, Генеральный план Санкт-Петербурга, прочие документы территориального планирования и градостроительная документация.

9. При разработке действующей «Отраслевой схемы развития метрополитена...» проектирование трасс новых линий производилось по 16 вариантам, каждый из которых сопровождался расчётом перспективных пассажиропотоков. Окончательный вариант трассировок линий характеризуется лучшими интегральными показателями – наименьшим значением средних затрат времени и максимальной скоростью передвижения на общественном транспорте, а также наибольшим значением транспортной работы на метрополитене на единицу длины сети.

10. Станции Кольцевой линии по действующей «Отраслевой схеме...», (вариант «Большого кольца») размещены в местах наибольшей концентрации деловой активности, центрах жилых районов, определённых Генеральным планом развития Санкт-Петербурга, с учётом создания удобных пересадок на наземный общественный транспорт, интеграции метрополитена с системой пригородных железных дорог, а также инженерно-технических требований, определяемых условиями строительства.

Исходя из приведённого выше анализа, было признано нецелесообразным изменение трассировки Кольцевой линии метрополитена Санкт-Петербурга с варианта «Большого кольца» на вариант «Малого кольца».

## Литература

1. Петербургскому метрополитену – 50 лет / В.Г. Авдеев [и др.]. – СПб.: ГМИСПб, 2005.
2. Каменский, В.А. Ленинград сегодня и завтра / В.А. Каменский. – Л.: Лениздат, 1962.
3. Генеральный план развития Ленинграда, 1966. – Ленинград: Типография № 2 Управления по печати Ленинградского горисполкома, 1966. – 32 с.
4. Материалы по обоснованию Постановления Правительства Санкт-Петербурга № 836 от 28.06.2011 г. Об отраслевой схеме развития метрополитена в Санкт-Петербурге на 2011–2015 годы с перспективой до 2025 года. – ЗАО Петербургский-НИПИГрад, 2011.
5. Постановление Правительства Москвы от 4 мая 2012 г. № 194-ПП «Об утверждении перечня объектов перспективного строительства Московского метрополитена в 2012–2020 гг.» (с изменениями на 11.11.2014 г.)
6. Письмо Комитета по экономической политике и стратегическому планированию Санкт-Петербурга исх. № 01-16-9803/16-0-1 от 10.11.2016 г.

*Окончательно поступила 2 февраля 2017 г.*

**УДК 332:711**

### **Оценка возможности прогнозирования пассажиропотока Новосибирского метрополитена на основе плотности жилого фонда**

**Д.Е. Ушаков, Д.В. Карелин**

*В статье представлены результаты изучения функциональной зависимости между пассажиропотоками на метрополитене и жилой площадью зданий в радиусе шаговой доступности его станций. В ходе исследования получена линейная зависимость между указанными величинами с использованием методов регрессионного анализа данных. Дана оценка применимости полученных зависимостей.*

*The article has results by the research of the interrelation between residential space and metro passenger traffic at walking distance from metro stations. The research has showed a linear function between the data. Also it was given an estimate possibility of the results application.*

Транспортная система является необходимой структурной составляющей урбанизированных территорий, создавая высокую плотность для различных видов деятельности. [1]. Она относится к динамическим системам, так как ее параметры и характеристики непрерывно