

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

2022, №3, Том 14 / 2022, No 3, Vol 14 <https://esj.today/issue-3-2022.html>

URL статьи: <https://esj.today/PDF/04SAVN322.pdf>

Ссылка для цитирования этой статьи:

Журавлёва, Д. А. Самая короткая и самая длинная пересадки Московского метрополитена. Пересадочное движение людских потоков / Д. А. Журавлёва, А. С. Дадонова, А. С. Дмитриев // Вестник евразийской науки. — 2022. — Т. 14. — № 3. — URL: <https://esj.today/PDF/04SAVN322.pdf>

For citation:

Zhuravleva D.A., Dadonova A.S., Dmitriev A.S. The shortest and longest transfers of the Moscow metro. Transfer movement of human flows. *The Eurasian Scientific Journal*, 14(3): 04SAVN322. Available at: <https://esj.today/PDF/04SAVN322.pdf>. (In Russ., abstract in Eng.).

Журавлёва Дарья Александровна

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»,
Москва, Россия
Студент 3 курс кафедры «Проектирования здания и сооружений»
E-mail: dashusik.01@mail.ru

Дадонова Анастасия Сергеевна

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»,
Москва, Россия
Студент 3 курс кафедры «Проектирования здания и сооружений»
E-mail: dadonovanastya@gmail.com

Дмитриев Александр Сергеевич

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»,
Москва, Россия
Старший преподаватель кафедры «Проектирования здания и сооружений»
E-mail: a.dmitriev49@mail.ru
РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=810869

Самая короткая и самая длинная пересадки Московского метрополитена. Пересадочное движение людских потоков

Аннотация. Анализ процесса движения людских потоков в метрополитене позволяет сформировать классификацию пересадок Московского метрополитена и ряд критериев для оценки пересадочных путей. Раскрыто значение пересадочного движения людских потоков исходя из аспектов комфортности перемещений. Представлены характеристики удобства и безопасности на отдельных участках пешеходных путей. Рассмотрены отдельные параметры комфортной среды процесса движения и их зависимости от различных условий, таких как плотность людского потока, пропускная способность путей движения и энергетические затраты участников движения. Энергетические затраты людского потока на преодоление пересадки сводятся к нагрузке на организм человека в процессе передвижения и зависят от длины пути, затраченного времени и вида пути. Любой из факторов значительно влияет на маршрут, выбранный участником движения с учетом навигации и безопасности самого процесса движения, а также доступности путей движения. Анализ всех пересадок метрополитена Москвы позволил составить классификацию по времени передвижения людских масс и выявить самую короткую и самую длинную пересадки, по затраченному времени на передвижение, было оценено соответствие пересадочных путей факторам и условиям удобства и комфортности. Проведенное исследование дает возможность качественно оценить пересадочное движение людей в Московском метрополитене. Это исследование можно

использовать в архитектурно-строительном проектировании пешеходных коммуникаций и в организации перемещения пассажиропотоков в метро. В результате исследования выявлено, что фактор времени становится основополагающим при выборе маршрута движения. Становится очевидна важность правильной организации пассажирских перевозок, то есть соблюдения всех критериев комфорта.

Ключевые слова: пересадочное движение; людской поток; плотность; комфортность; безопасность; пропускная способность; энергетические затраты

Введение

Данная работа представляет собой анализ в области проектирования зданий и сооружений, а также их составляющих с учетом процесса людских перемещений, которые на протяжении продолжительного времени проводятся на кафедре проектирование зданий и сооружений. Изучаются закономерности процесса перемещения, главные характеристики и зависимости между ними, оказывающие большое влияние на выбор направления, движение людей и развитие жизнеспособных пересадочных путей.

Предмет исследования

Предметом исследования являются пересадочные узлы Московского метрополитена, которые являются важнейшим элементом транспортной инфраструктуры, обеспечивающие пешеходные коммуникации людских потоков. Задачами исследования является изучение важнейших факторов, способствующих созданию комфортной среды пересадочных путей, и разработка классификации пересадок. Основной целью становится выявление пересадок с наименьшим и наибольшим количеством времени, затраченным на преодоление пути пересадки. А также проверка соответствия планировочных схем узлов условиям удобства и безопасности пассажиров. Основными методами решения поставленных задач является: анализ архитектурно-планировочных решений путей движения людских потоков и наблюдение за процессом движением людей на пересадках.

Обсуждение

При скоростном темпе жизни многомиллионного города одной из ключевых составляющих инфраструктурных проблем является быстрота перемещения людского потока из одного пункта в другой, причём с комфортом. Огромное количество времени, сил и энергии у пассажиров отнимают пересадки, особенно в «час-пик», когда человеко-поток возрастает в несколько раз. Удобства перемещения для разных социальных групп могут быть неодинаковыми. Но такие факторы, как время и расстояние, одинаковы для всех.

Поэтому комфортную среду для проживания в современном городе обеспечивает система общественного транспорта. Она должна быть предельно развитой. Разработать схемы пассажирского транспорта очень сложно. Это связано с разработкой, выполнением и сравнением между собой многочисленных вариантов транспортных систем.

Самый востребованный общественный транспорт в Москве — это метрополитен.

Это самый удобный вид транспорта большого города, потому что он может обеспечить не только быстрое перемещение огромного количества пассажиров из одной части Москвы в другую, но и обеспечить комфорт доставки. Доля Московского метрополитена составляет

более 55 % на сегодняшний день в перевозке пассажиров среди предприятий пассажирского транспорта нашей столицы. [1]

Ключевыми связывающими элементами метрополитена являются пересадки, в которых происходит обмен пассажиропотоками.

На графике (рис. 1) видна загруженность пересадочных узлов г. Москва. Здесь показано, что наиболее интенсивный поток пассажиров наблюдается во временном промежутке между 7–9 утра и 6–8 вечера [2].

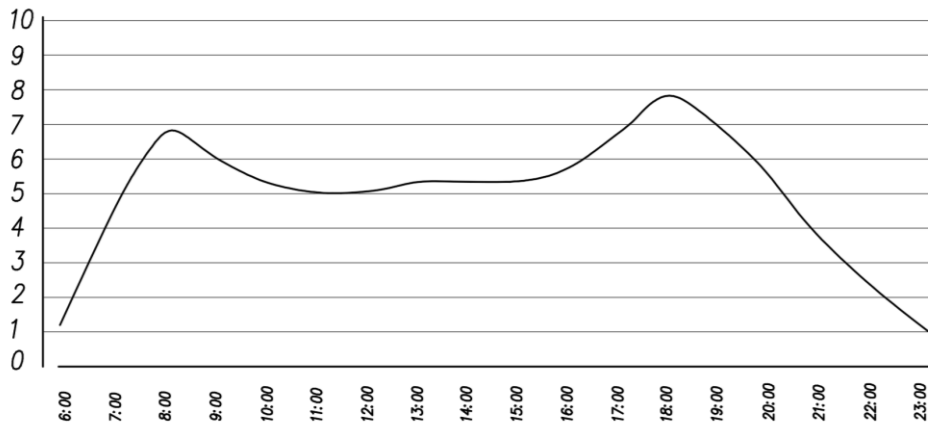


Рисунок 1. График распределения людских потоков по времени суток (разработано авторами)

В среднем количество пассажиров, пользующихся Московским метрополитеном, в сутки составляет 6,92 млн человек, а время в пути составляет примерно 1,5 часа, на пересадку человек тратит от 10 до 30 % этого времени.



Рисунок 2. Схема Московского метрополитена (фото авторов)

Охотный ряд (100 тыс. чел.) — это самая многолюдная станция внутри Садового кольца, потому что она находится в самом центре Москвы — на Манежной площади у начала Тверской улицы, практически рядом с Кремлем и Красной площадью. А эти объекты являются традиционными местами посещения тысячами туристов, жителей и гостей Москвы. Также «Охотный ряд» — станция пересадки на синюю и зеленую ветки метро [3].

Станция Комсомольская (145 тыс. чел.) — абсолютный лидер по посещаемости. Это связано с тем, что рядом находятся сразу три железнодорожных вокзала: Ярославский, Ленинградский, Казанский, а, следовательно, — большое число пригородных электричек из самых загруженных направлений: Мытищи, Королев, Люберцы, а также потоки людей дальних поездов [3].

Самой загруженной станцией Московского центрального кольца (МЦК) названа Площадь Гагарина (54 тыс. чел.). По данным агентства «Москва», осенью, в первом месяце на ней побывало более миллиона человек. А всё потому, что рядом находятся и парк Горького, и Российская академия наук, и крупные торговые центры. Схему Московского метрополитена можно увидеть на рисунке 2.

Существуют нормы, прописанные в СНиП 2.07.01-89, который определяет время передвижения пассажиров на пересадку: не более 3 минут без учёта времени ожидания транспорта.

Классификация пересадок метро Москвы была создана на основе изучения и анализа всех станций и представлена в таблицах 1, 2 и 3. Итак, пересадки метро можно разделить на 3 категории по времени пересадки: длинные, средние и короткие.

Всего в Московском метрополитене 76 пересадок, из которых 28 соответствуют норме, а не соответствуют 48.

Таблица 1

Пересадки Московского метрополитена внутри Кольцевой линии

Классификация	Станция Метро 1	Станция Метро 2	Время на пересадку, мин.
Средняя	Полежаевская	Хорошёвская	7
Средняя	Пушкинская	Чеховская	4
Короткая	Тверская	Пушкинская	3
Средняя	Чеховская	Тверская	4
Короткая	Кузнецкий мост	Лубянка	3
Кросс	Китай город (7)	Китай город (6)	1
Короткая	Таганская	Марксистская	3
Короткая	Пролетарская	Крестьянская застава	3
Средняя	Лермонтовский проспект	Косино	4
Короткая	Динамо	Петровский парк	3
Средняя	Театральная	Охотный ряд	4
Средняя	Театральная	Площадь революции	4
Длинная	Площадь революции	Охотный ряд	8
Короткая	Новокузнецкая	Третьяковская (6)	3
Короткая	Третьяковская (8)	Новокузнецкая	3
Кросс	Третьяковская (8)	Третьяковская (6)	1
	Красногвардейская	Зябликово	4
Кросс	Петровско-разумовская (9)	Петровско-разумовская (10)	1-2
Короткая	Фонвизинская	Улица Милашенкова	2
Короткая	Трубная	Цветной бульвар	3
Короткая	Сретенский бульвар	Чистые пруды	3
Короткая	Чистые пруды	Тургеневская	2
Короткая	Тургеневская	Сретенский бульвар	3
Короткая	Чкаловская	Курская	3

Классификация	Станция Метро 1	Станция Метро 2	Время на пересадку, мин.
Короткая	Римская	Площадь Ильича	2
Средняя	ВДНХ	Выставочный центр	6
Короткая	Новоясеневская	Битцевский парк	2
Средняя	Библиотека им. Ленина	Арбатская	5
Короткая	Библиотека им. Ленина	Александровский сад	3
Средняя	Библиотека им. Ленина	Боровицкая	6
Средняя	Боровицкая	Арбатская	4
Короткая	Арбатская	Александровский сад	3
Средняя	Киевская (3)	Киевская (4)	5
Кросс	Парк победы (8а)	Парк Победы (3)	2
Кросс	Кунцевская (4)	Кунцевская (3)	3
Длинная	Авиамоторная (15)	Авиамоторная (8)	12

Разработано авторами

Таблица 2

Пересадки Московского метрополитена на Кольцевой линии

Классификация	Станция Кольцевая	Станция Метро	Время на пересадку, мин.
Средняя	Комсомольская	Комсомольская	5–6
Средняя	Проспект Мира	Проспект Мира	5
Короткая	Новослободская	Менделеевская	3
Короткая	Белорусская	Белорусская (2)	3
Средняя	Белорусская	Белорусская (МЦД-1)	7
Короткая	Краснопресненская	Баррикадная	3
Средняя	Киевская	Киевская (4)	6
Короткая	Киевская	Киевская (3)	3
Средняя	Парк культуры	Парк культуры	5
Короткая	Октябрьская	Октябрьская	3
Короткая	Добрынинская	Серпуховская	3
Средняя	Павелецкая	Павелецкая	4
Короткая	Таганская	Марксистская	3
Средняя	Курская	Чкаловская (10)	5
Средняя	Курская	Чкаловская (10)	4
Средняя	Курская	Курская	4

Разработано авторами

Таблица 3

Пересадки Московского метрополитена на Московском центральном кольце

Классификация	Станция МЦК	Станция Метро	Время на пересадку, мин.
Средняя	Владыкино	Владыкино	7
Длинная	Окружная	Окружная (МЦД-1)	9
Длинная	Окружная	Окружная (10)	8
Длинная	Балтийская	Войковская	12
Средняя	Стрешнево	Стрешнево (МЦД-2)	5
Длинная	Панфиловская	Октябрьское поле	11
Длинная	Зорге	Октябрьское поле	13
Длинная	Хорошёво	Полежаевская	12
Длинная	Хорошёво	Хорошёвская	14
Средняя	Шелепиха	Шелепиха	4
Средняя	Деловой центр	Международная	6
Средняя	Кутузовская	Кутузовская	6
Средняя	Лужники	Спортивная	7
Средняя	Площадь Гагарина	Ленинский проспект	5
Длинная	Верхние Котлы	Нагатинская	13
Длинная	Автозаводская	Автозаводская	10
Длинная	Дубровка	Дубровка	12
Длинная	Дубровка	Кожуховская	15

Классификация	Станция МЦК	Станция Метро	Время на пересадку, мин.
Длинная	Угрешская	Волгоградский проспект	17
Средняя	Новохохловская	Новохохловская	5
Кросс	Нижегородская	Нижегородская	5
Длинная	Шоссе Энтузиастов	Шоссе Энтузиастов	10
Длинная	Измайлово	Партизанская	8
Средняя	Локомотив	Черкизовская	5
Длинная	Бульвар Рокоссовского	Бульвар Рокоссовского	8
Средняя	Ботанический сад	Ботанический сад	4

Разработано авторами

В год в московский метрополитен обслуживает 2 млрд 463 млн пассажиров. Часы пик случаются, как мы сказали выше, утром около 8 часов и вечером, ближе к 19 часам, когда пассажиры буквально утрамбованы в вагонах. В каждом вагоне помещается примерно 260 человек, т. е. на 1 кв м площади вагона приходится по 7–8 человек. Но это не предел, бывает и 10 человек на 1 квадратный метр. В час-пик количество людей в вагоне может превышать 300 человек.

Время, затраченное на пересадку, зависит от таких факторов как масса участников движения, их возраст и скорость передвижения по какому-либо виду пути.

Скорость движения людского потока V , в свою очередь, зависит от плотности потока D и вида пути (рис. 3). По итогам множества наблюдений и в результате их обработки методами математической статистики были определены данные зависимости. По рисунку видно, что чем выше плотность людского потока, тем меньше его скорость.

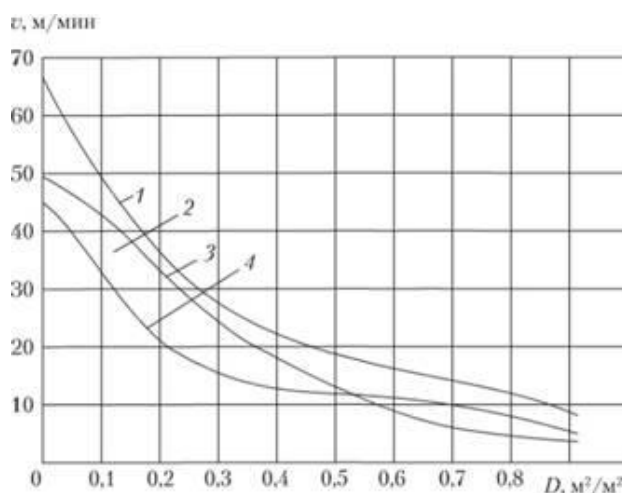


Рисунок 3. Скорость движения людских потоков в зависимости от их плотности:

1 — проемы; 2 — горизонтальные пути; 3 — лестницы (спуск); 4 — лестницы (подъем) [4]

Для оценки эффективности пересадочных путей движения существует ряд критериев, которые можно сформулировать как удобство и безопасность движения людей. Под удобством подразумевается комфортное передвижение людских потоков с минимальными энергетическими затратами [5]. На данный критерий влияют: оптимальная длина пути движения, оборудование пешеходных путей движения механическими средствами передвижения, такими как эскалаторы и траволаторы, а также немаловажным является устройство лифтов и подъемников для маломобильных групп населения.

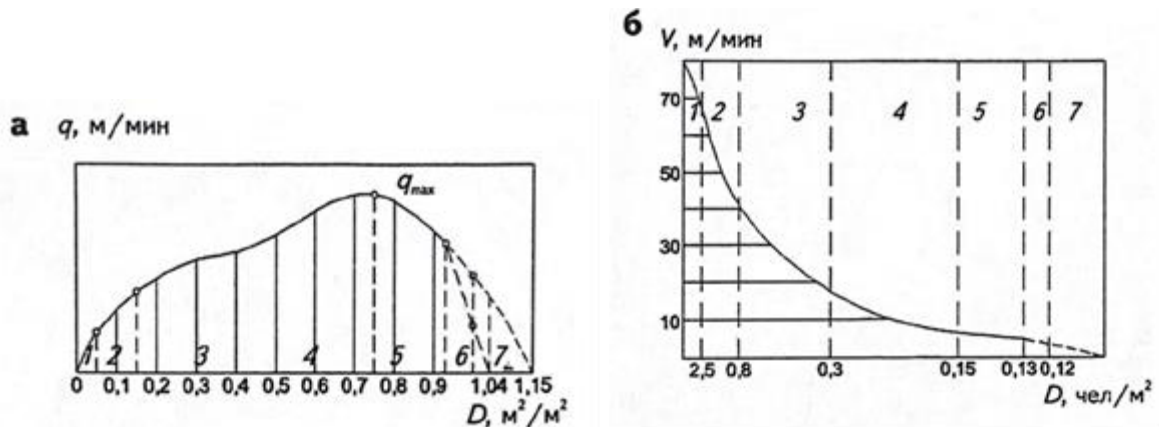
Оценка пересадочных путей по критериям удобства и комфортности зависит от оптимальных параметров людского потока, которые формируются на участках пути движения в зависимости от вида пути, его длины и ширины. Одним из параметров людского потока

является его плотность D , чел/м², м²/м², м²/чел., которая определяется отношением количества людей или суммы их горизонтальных проекций к произведению длины L и ширины пути b (1).

$$D = \frac{N}{bL} = \frac{\sum f}{bL} = \frac{bL}{N}. \quad (1)$$

Произведение плотности D и скорости V — называется интенсивностью движения (2) [6].

$$q = DV, \text{ м/мин.} \quad (2)$$



1 — свободное; 2 — поточное свободное; 3 — без контактных помех; 4 — с контактными помехами; 5 — слитное; 6 — с изменением формы; 7 — с сжатием

Рисунок 4. а) зависимость q от D в зонах движения; б) зависимость V от D в зонах движения [5]

Зависимость интенсивности от плотности людского потока можно увидеть на рисунке 4а. На данном графике отображено изменение интенсивности движения людей в зависимости от плотности движущегося потока людей. Как можно заметить график имеет пик, то есть максимальное значение интенсивности, а затем идёт по убывающей — это говорит о том, что пути движения имеют предел пропускной способности. Количество людей, которое проходит через сечение пути шириной b в единицу времени и определяет пропускная способность Q (3).

$$Q = DVb = qB, \text{ м}^2/\text{мин.} \quad (3)$$

На рисунке 4б представлена зависимость изменения скорости от плотности людского потока. По графику видно, что чем выше плотность, тем меньше скорость потока. Данную шкалу плотностей можно разбить на 7 зон движения людских потоков, зависящих от изменения скорости, плотности и интенсивности потока (рис. 4).

Важнейшим критерием оценки эффективности и жизнеспособности пересадочных путей движения людей является безопасность. Одним из факторов обеспечивающим безопасность является беспрепятственность движения людского потока, выражаемая в отсутствии скопления людских масс и прямолинейности движения потока.

Немаловажным фактором считается достаточная пропускная способность путей движения, зависящая от ширины, конструкций и вида путей. Так, например, пропускная способность платформ метрополитена и эскалатора имеет значительную разницу, что приводит к скоплению людей перед границей смежных участков и увеличению плотности потока, доходя до движения потока с сжатием, что доставляет сильнейшие неудобства и дискомфорт участникам движения (рис. 5). Также разница пропускных способностей путей приводит к увеличению времени передвижения, задержкам и давкам [7–9].



Рисунок 5. Метро Москвы (разработано авторами)

Безопасность пересадочного движения напрямую зависит от состояния путей движения. Пути движения должны соответствовать санитарным и техническим нормам, в первую очередь, они должны быть защищены от климатических воздействий, все пути передвижения людских потоков должны быть не скользкими, не иметь неровностей и конструкций, препятствующих передвижению, в том числе иметь уклон.

Кроме того, пересадочные пути движения должны удовлетворять интуитивной навигации, то есть иметь жизнеспособность. Условие жизнеспособности пути влияет на маршрут движения участников движения. При нерациональности пересадочного пути участник движения может пренебречь безопасностью потока движения и изменить маршрут в пользу сокращения времени передвижения. Такие ситуации недопустимы, поэтому пересадочные пути движения должны быть с наименьшими затратами времени и энергии.

Энергетические затраты участника движения на преодоление пересадки сводятся к нагрузке на организм человека в процессе передвижения и зависят от длины пути, затраченного времени, вида пути (горизонтальный, подъём, спуск), наличия механизированных средств передвижения и параметров людского потока.

В ходе исследования были проанализированы все пересадки Московского метрополитена, включая пересадки на Московское Центральное кольцо. Выявлены самая короткая и самая длинная пересадки, по затраченному времени на передвижение.

Меньше всего времени занимают кроссплатформенные пересадки, представляющие из себя переход на другую сторону той же платформы. Кроссплатформенных пересадок в метрополитене Москвы насчитывается 6 штук и существуют они уже 50 лет [10–11].

Авторами была проанализирована пересадка Китай-город Калужско-Рижской и Таганско-Краснопресненской линий — это одна из самых загруженных станций Москвы, её суточный пассажиропоток составляет 104,1 тыс. чел. на вход, но при этом время, затраченное на пересадку, составляет менее одной минуты.

При посещении станции были сделаны замеры и проведено наблюдение за организацией процесса движения. Установлено, что ширина платформы составляет 11 метров, поезд метро состоит из 8 вагонов, разница между уезжающим в одно направление и приезжающим в противоположную сторону поездами составляет 1,4 секунды (рис. 6).



Рисунок 6. Станция Китай-город (разработано авторами)

В ходе натурных наблюдений за процессом движением людей на пересадке от начала до конца пути движения были оценены критерии, характеризующие удобство и комфортность пересадочного движения. Установлено, что данная пересадка соответствует требованиям комфортности, несмотря на большой пассажиропоток, минимальное время, затраченное на пересадку, и большая частота движения поездов метрополитена не позволяет образованию давки и большого скопления людей. Пересадка имеет как горизонтальный, так и наклонный вид пути передвижения. Состояние путей хорошее, прямолинейность и краткость пути практически не имеют энергозатрат, что положительно влияет на выбор маршрута.

Станция Китай-город — самая необычная и непонятная станция, где человек может легко запутаться во всём этом хитросплетении даже если окажется на ней не впервые. Чтобы понять её, ниже предложена схема процесса пересадки на станции Китай-город (рис. 7).

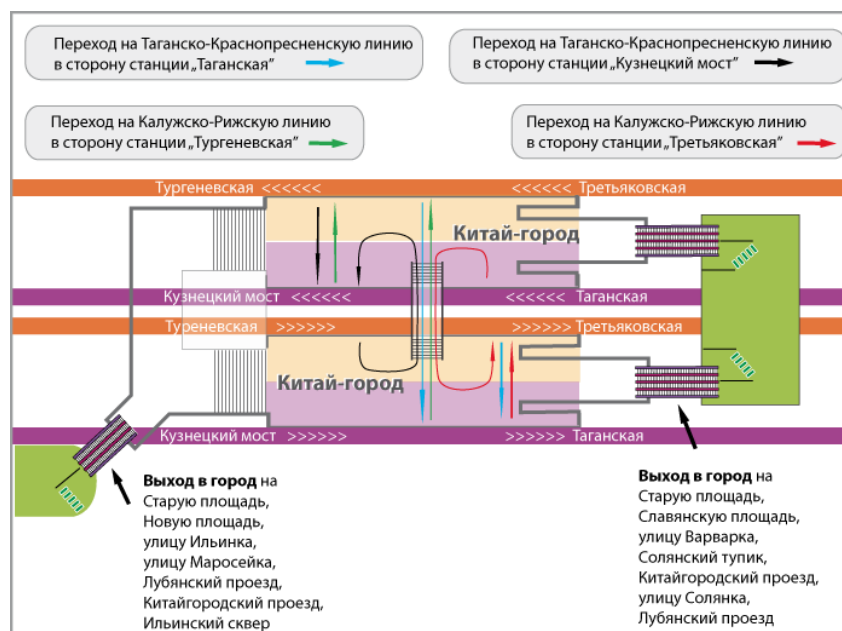


Рисунок 7. Схема процесса пересадки на станции Китай-город (сайт “Карта проезда”)

Также была выявлена пересадка, занимающая наибольшее количество времени. Самой длинной пересадкой оказалась пересадка с Угрешской станции МЦК на станцию Волгоградский проспект Таганско-Краснопресненской линии. Пересадка представляет из себя переход через улицу со станции МЦК на линию метро. По натурным наблюдениям время этой пересадки занимает от 17 до 20 минут, что критически превышает нормы на время передвижения пассажиров на пересадку (рис. 8).

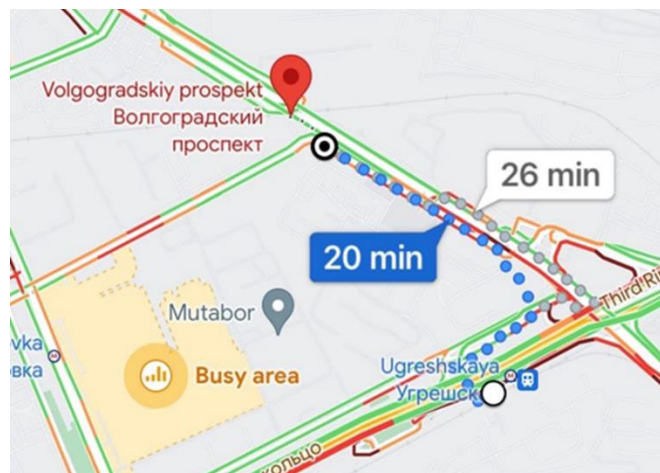


Рисунок 8. Схема процесса пересадки со станции Угрешской (МЦК) на станцию Волгоградский проспект (разработано авторами)

Оценка параметров людского потока такой пересадки отличается, от других так как пересадка не имеет габаритов, а проходит по открытой местности, скопление людей здесь возможно только на входе через систему автоматизированного контроля прохода и двери станции метрополитена. Пересадка через улицу не соответствует требованиям комфортности: она не защищена от климатических и погодных условий, состояние путей зависит от благоустройства города, а длина пути по продолжительности занимает критическое количество времени.

Вывод

В результате исследования выявлено, что фактор времени становится основополагающим при выборе маршрута движения. Становится очевидна важность правильной организации пассажирских перевозок, то есть соблюдения всех критериев комфорта.

Анализ всех пересадок метрополитена Москвы позволил составить классификацию по времени передвижения людских масс и выявить количество станций, не удовлетворяющих нормам и условиям удобства и комфортности пересадочных путей.

Станция Китай-город — одна из самых загруженных, но при этом пересадка занимает менее одной минуты, т. к. эта станция является кроссплатформенной. Самая длинная пересадка — пересадка с Угрешской станции на станцию Волгоградский проспект, которая требует затратить на её преодоление около 20 минут. Выявив самую короткую и самую длинную пересадки, по затраченному времени на передвижение, было оценено соответствие пересадочных путей факторам, способствующих созданию комфортной и безопасной среды.

Московский метрополитен развивается с каждым днём и становится всё комфортнее для пассажиров: строятся новые станции, появляются более удобные поезда, решаются вопросы по сокращению времени пересадок.

Таким образом, данная работа позволила определить основные направления дальнейших исследований, направленных на обеспечение качественного и быстрого передвижения пассажиров на пересадочных путях с минимальными энергозатратами и эффективным путём движения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Наумов М.С., Кусый И.А. Московское метро. // Путеводитель. — М.: Вокруг света, 2013. — 360 с.
2. Дрынкина И.П. Аристова А.А. Распределение потока людей в общественном пространстве. // Инновационный центр развития образования и науки. Секция № 6. 2019.
3. Гершкович Е.В. Московское метро. Архитектурный гид. // Издательство: Кучково поле. 2018. С. 45, 169, 233.
4. Соловьев А.К. Основы архитектуры и строительных конструкций // учебник для СПО / под общ. ред. А.К. Соловьева. — М.: Издательство Юрайт, 2018. С. 210.
5. Дмитриев А.С. Формирование критериев комфортности пешеходного движения в транспортно-пересадочных узлах. // Промышленное и гражданское строительство. 2018. С. 63–64.
6. Дмитриев А.С. Людские потоки в транспортно-пересадочных узлах // Промышленное и гражданское строительство. 2017. № 4. С. 15–18.
7. Власов Д.Н. Транспортно-пересадочные узлы // Библиотека научных разработок и проектов НИУ МГСУ № 2. 2017. С. 9–12.
8. Власов Д.Н. Транспортно-пересадочные узлы крупнейшего города (на примере Москвы). // М: МГСУ, АСВ. 2009. С. 31.
9. Смолова М.В., Смолова Д.О. Формирование системы метрополитена Москвы. // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. 2020. С. 116–117.
10. Дадонова А.С., Журавлёва Д.А., Дмитриев А.С. Пересадочное движение людских потоков. Самая короткая и самая длинная пересадки метро. // Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет. 2022. С. 689–690.
11. Холщевников В.В., Салюшин Д.А., Исаевич И.И. Натурные наблюдения людских потоков. М.: Академия ГПС МЧС РФ, 2009.

Zhuravleva Darya Alexandrovna

Moscow State University of Civil Engineering (National Research University), Moscow, Russia
E-mail: dashusik.01@mail.ru

Dadonova Anastasia Sergeevna

Moscow State University of Civil Engineering (National Research University), Moscow, Russia
E-mail: dadonovanastya@gmail.com

Dmitriev Alexander Sergeevich

Moscow State University of Civil Engineering (National Research University), Moscow, Russia
E-mail: a.dmitriev49@mail.ru
RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=810869

The shortest and longest transfers of the Moscow metro. Transfer movement of human flows

Abstract. The analysis of the process of the movement of human flows in the subway allows us to form a classification of transfers of the Moscow Metro and a number of criteria for evaluating transfer routes. The significance of the transfer movement of human flows is revealed based on the aspects of the comfort of movement. The characteristics of convenience and safety on certain sections of pedestrian paths are presented. The individual parameters of the comfortable environment of the movement process and their dependence on various conditions, such as the density of the human flow, the capacity of the traffic paths and the energy costs of the participants of the movement, are considered. The energy costs of the human flow to overcome the transplant are reduced to the load on the human body during movement and depend on the length of the path, the time spent and the type of path. Any of the factors significantly affects the route chosen by the participant of the movement, taking into account navigation and the safety of the movement process itself, as well as the availability of traffic paths. The analysis of all transfers of the Moscow metro made it possible to classify the time of movement of the masses of people and to identify the shortest and longest transfers, according to the time spent on movement, the correspondence of the transfer routes to the factors and conditions of convenience and comfort was evaluated. The conducted research makes it possible to qualitatively assess the transfer movement of people in the Moscow metro. This research can be used in the architectural and construction design of pedestrian communications and in the organization of the movement of passenger traffic in the subway. As a result of the study, it was revealed that the time factor becomes fundamental when choosing a route. It becomes obvious the importance of proper organization of passenger transportation, that is, compliance with all comfort criteria.

Keywords: interchange traffic; human flow; density; comfort; safety; throughput; energy costs