

DOI: 10.12737/article\_5abfc9ba7d4db8.70225889

Дмитриев А.С., ст. препод.,  
Евстигнеев В.Д., магистрант

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет

## ТРАНСПОРТНО-ПЕРЕСАДОЧНЫЕ УЗЛЫ, ПРОБЛЕМЫ ОРГАНИЗАЦИИ ДВИЖЕНИЯ ЛЮДСКИХ ПОТОКОВ

yalac24@gmail.com

Итогами анализа функциональных и объёмно-планировочных характеристик транспортно-пересадочных узлов (ТПУ) обосновывается актуальность представленной темы, выявляется предмет и объект исследования. За основу исследования берётся системный анализ, который дифференцирован на четыре основных уровня: коммуникационный, системный, локальный и индивидуальный. Происходит исследование закономерностей процесса передвижения потоков людей на каждом уровне. Основные параметры и их зависимости, являющиеся базой для разработки комплексной методики расчета, моделирования и нормирования путей пешеходного движения, которые могут быть применены в практике архитектурно – строительного проектирования ТПУ.

**Ключевые слова:** транспортно-пересадочные узлы, пешеходные коммуникации, людские потоки, эргономика, закономерности процесса движения, основные зависимости и параметры, комплексный метод расчета.

**Введение.** Представленная научно-исследовательская работа является продолжением и дополнением к части программных исследований по сложностям проектирования зданий и сооружений с учетом требований к функциональному назначению возводимых объектов городской инфраструктуры, ввиду особенностей поведения людей при массовом передвижении. Исследования по данному вопросу не прекращаются на кафедре архитектуры в МГСУ уже не один десяток лет. Рассматриваются факторы, которые мотивируют поведение, как отдельного человека, так и всего людского потока при движении в транспортно-пересадочных узлах [1, 2]. Выявляются закономерности процесса движения, основные параметры людского потока, а также зависимости между ними, которые формируют костяк для особой методики расчета и моделирования процесса движения человека по пешеходно-коммуникационным комплексам в среде города.

Транспортно – пересадочные комплексы являются кластерами пересечения коммуникационных и функциональных связей в урбанизированной городской среде и распределяют мощные пешеходные и транспортные потоки. В качестве сегодняшнего примера пересадочного комплекса можно представить второй транспортно – пересадочный контур (МЦК), основанный на базе МКЖД в г. Москве.

Суммарная длина железнодорожных путей МКЖД составляет – 54 км с наличием 31 станции, из которых 26 будут пересадочными: 17 станций – с радиальными и кольцевыми станциями метрополитена и 9 станций – с железными дорогами. По прогнозам проектировщиков, этой

сети будут пользоваться около 300 тыс. человек ежедневно, а в год более 300 млн. (рис. 1).

Диспропорции между объемами потоков (людских и транспортных) и пропускной способностью коммуникаций приводят к повышенной психологической напряженности процесса движения [3]. При этом возрастают затраты времени и энергии на передвижение, также появляется тот факт, что обеспечить безопасность движения людей становится невозможным [4].



Рис. 1. Схема второго пересадочного контура МКЖД г. Москвы

Проектировщик сталкивается с рядом нетрадиционных задач, связанных с функционированием системы «человек – людской поток – коммуникации – городская среда». Этот комплекс задач становится сложно решить при обращении к

традиционным методам проектирования и расчета, такие методы не позволяют добиться желаемых результатов.

Главной идеей представленной работы является объединение некоторых групп задач локального характера в этапы решения общей задачи, опираясь на разработанные положения теории движения людских потоков [5].

**Методы анализа.** Основным методом решения поставленных задач является системно-эргономический подход, позволяющий получить наиболее совершенные решения комплекса вопросов в ключе основной проблемы с учетом «человеческого фактора» [6]. Оценка эффективности функционирования эргатической системы производилась по ряду критериев, которые в обобщенном виде могут быть определены, как удобство и безопасность передвижения.

**Основная часть.** Методами структурно-системного анализа [7, 8] выполнено разбиение анализируемой системы на составляющие ее уровни-подсистемы (коммуникационный, системный, локальный и индивидуальный). Используя ступенчатую структуру анализа, по нисходящей от верхних уровней системы к нижним, с целью углубления в определенные вопросы теории движения людских потоков, выполнены практические и теоретические исследования специфики процесса передвижения людей в ТПУ (рис. 2).

На системном уровне осуществляется выделение системообразующих признаков для разно-стороннего анализа комплексных ТПУ, на основе которых выбираются критерии оценки качества организации пешеходного движения [9]. В рассматриваемом примере это безопасность и эффективность пешеходных взаимосвязей между центрами тяготения и генерации людских потоков, выраженных количественно в минимальных суммарных затратах энергии и времени на передвижение людей по системе пешеходных коммуникаций [10]. На основе функционально-структурного анализа, характера функционирования и объемно-планировочной организации ТПУ выявляются количественные и качественные характеристики пешеходного движения с определением степени влияния их друг на друга и в полной мере на всю систему. В плане проектно-технического аспекта системного подхода следует учитывать возможность одновременного решения ряда задач, используя группы разносторонних отдельных методик с целью получения нескольких возможных решений по основной проблеме. К ним следует отнести различные типы задач дистрибутивного класса, связанных с размещением объектов тяготения и генерации людского потока, а также множество задач, решаемых на сетях – трассирование и анализ жизнеспособности путей движения, получение рациональной конфигурации сети, и распределение потоков по элементам системы и выявление кратчайших маршрутов [11].

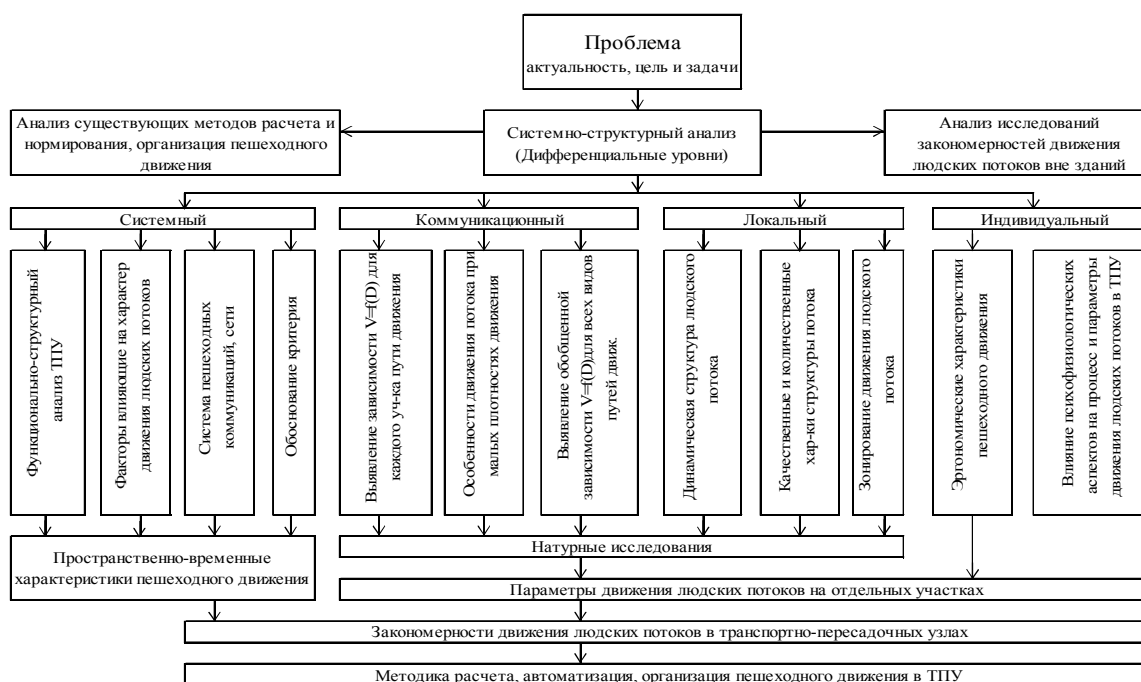


Рис. 2. Методологическая структура исследования закономерностей пешеходного движения в транспортно-пересадочных узлах

На коммуникационном уровне определялись закономерности процесса передвижения людских потоков на отдельных элементах системы пешеходных коммуникаций [12]. Чтобы получить основные функциональные зависимости  $V = f(D)$  и  $q = \psi(D)$  на различных участках путей движения, методом фотосъемки велась серия натурных наблюдений за процессом движения

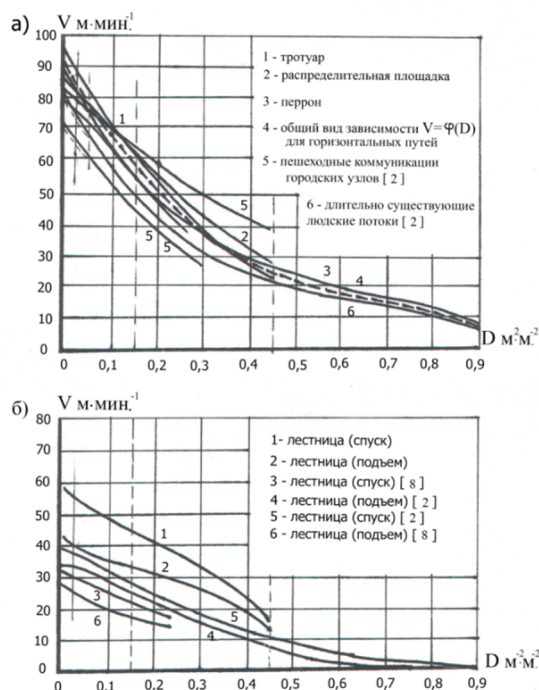


Рис. 3. Зависимость скорости движения ( $V$ ) людских потоков от их плотности ( $D$ ) на горизонтальных (а) и наклонных (б) участках путей движения

На локальном уровне рассматривались вопросы латентного состояния передвижения, при 5 малых значениях плотности ( $D$ ), так как на городских коммуникациях плотности потока при обычных условиях движения обычно малы. Также проводились натурные наблюдения на уровне микроструктуры потока людей [13]. Количественные и качественные параметры динамической структуры потока, полученные в результате непосредственных наблюдений, формируют главные показатели, требующиеся для расчетов, связанных с нормированием параметров пешеходных коммуникаций в ТПУ [14].

На индивидуальном уровне рассматривались физические параметры и психофизические факторы, влияющие на особые свойства отдельно взятых участников движения и характер передвижения всего потока в совокупности [15]. Особенности параметров «личного пространства» (пешеходного модуля) определялись эргономическими методами для разных групп участ-

пассажиров (более 20 000 наблюдений). Зависимости, полученные в результате исследований, сравнивались с результатами предыдущих экспериментов в этой области, в зданиях, сооружениях и их комплексах. В результате проделанной работы мы получили единую обобщающую функцию (рис. 3, 4).

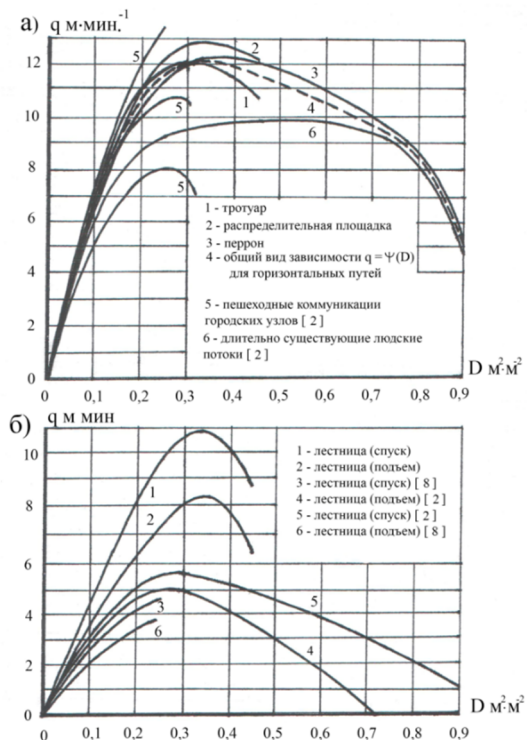


Рис. 4. Зависимость интенсивности движения людских потоков ( $q$ ) от их плотности ( $D$ ) на горизонтальных (а) и наклонных (б) участках путей движения

ников движения (учитывался возраст, преобладающее направление людей в зависимости от времени суток и некоторые другие параметры).

**Выводы.** Результатом этой работы является комбинированная методика расчета и нормирования путей движения людских потоков в ТПУ с применением современных расчетных моделей и систем. Работа прошла апробацию в практике архитектурно – строительного проектирования.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Предтеченский В.М., Милинский А.М. Проектирование зданий с учетом организации движения людских потоков. М., Стройиздат, 1982, 386 с.
2. Буга П.Г., Шелков Ю.Д. Организация пешеходного движения в городах. М.; Высшая школа, 1980, 232 с.
3. Авдоткин Л.Н. Системный подход к актуальным проблемам градостроительной теории. // Архитектура СССР №10, 1968г. С. 28-34.

4. СНиП II-2-80. Пожарная безопасность зданий и сооружений // Госстрой СССР. М., 1980.

5. Ромм А.П. Количественные методы построения жизнеспособных путей движения. // Проектировщик. 1969. №2. С. 10–14.

6. Ромм А.П. Комплексная оценка и функциональное зонирование территории в градостроительном проектировании // Методические основы и компьютерные технологии. М., 2002. С. 122–128.

7. Дмитриев А.С., Алексаков Г.Н. Аналоговое моделирование в решении некоторых задач архитектурно-строительного проектирования. // Материалы региональной конференции, особенности проектирования и строительства жилья для районов Западной Сибири: СМИ Новокузнецк, 1990, С. 20–22.

8. Методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности // Министерство РФ по делам гражданской обороны, и ЧС. М., 2009.

9. Дмитриев А.С. Комбинированная методика расчета движения людских потоков в пешеходно-коммуникационных комплексах. // Тенденции развития строительства, теплогазоснабжения и энергообеспечения: материалы III международной научно – практической конференции ФГБОУ ВО СТАУ им. Н.И. Вавилова. 17-18 марта 2016г. Саратов: СТАУ, 2016, С. 86–90.

10. Павлова Л.И. Модель размещения центров тяготения людей // На стройках России 1973. №1. С. 14–17.

11. Холщевников В.В. Людские потоки в зданиях, сооружениях и на территории их комплексов 05.23.10. М., 1983. 479 с.

12. Холщевников В.В. Натурные наблюдения людских потоков // Академия ГПС МЧС РФ, 2001. С. 21–27.

13. ITE Technical Council Committee 5-R // Characteristics and Service Requirements of Pedestrians and Pedestrian Facilities // Traffic Engineering. 1976. Vol. 45. № 5. P. 34–45.

14. Дмитриев А.С., Феофанова А.И., Формирование современной среды жизнедеятельности с учетом организации процесса движения людей на городских коммуникациях // Тенденции развития строительства, теплогазоснабжения и энергообеспечения: материалы III международной научно – практической конференции ФГБОУ ВО СТАУ им. Н.И. Вавилова. 17-18 марта 2016. Саратов: СТАУ, 2016, С. 91–96.

15. Дмитриев А.С., Евстигнеев В.Д. Проблемы проектирования транспортно-пересадочных узлов с учетом организации движения людских потоков // Промышленное и гражданское строительство. 2016. №4. С. 3–41.

#### Информация об авторах

**Дмитриев Александр Сергеевич**, старший преподаватель кафедры проектирования зданий и сооружений.

E-mail: yalac24@gmail.com

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет.

Россия, 129337, Москва, Ярославское шоссе 26.

**Евстигнеев Виктор Дмитриевич**, магистрант кафедры технологии и организации строительного производства.

E-mail: victor88112@gmail.com

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет.

Россия, 129337, Москва, Ярославское шоссе 26.

*Поступила в декабре 2017 г.*

© Дмитриев А.С., Евстигнеев В.Д., 2018

### A.S. Dmitriyev, V.D. Yevstigneyev TRANSPORT INTERCHANGE HUBS AND PROBLEMS OF HUMAN FLOWS TRAFFIC ORGANIZATION

*A review of the functional and space-planning characteristics of transport interchange hubs (TIH) is substantiated by the relevance of the presented topic; the subject and the object of research are identified. As a basis of the research a systematic analysis is taken, which is differentiated into four main levels: communicational, systematical, local and individual. The regularities of human flows movement are researched at every level. The main parameters and their dependencies provide the basis for the development of integrated methods of calculation, modelling and regulation of pedestrian traffic pathways, which could be applied to the practice of architectural design of TIH.*

**Keywords:** *transport interchange hubs, pedestrian communications, human flows, ergonomics, laws of motion process, basic regularities and parameters, system approach, integrated method of calculation.*

## REFERENCES

1. Predtechenskiy V.M., Milinskii A.M. The Design of Buildings Taking Into Account the Organization of Movement of Human Streams. // Moscow, Stroizdat, 1982. 386 p.
2. Buga P.G., Shelkov J.D. The Organization of Pedestrian Traffic in the Cities. M.; Higher school, 1980, 232 p.
3. Avdotyin L.N. A Systematic Approach to The Topical Issues of Urban Planning Theory. // Architecture of the USSR № 10, 1968, pp. 28–34.
4. Construction Regulation Standards Building II–2–80. Fire Safety of Buildings and Constructions. Gosstroy of the USSR. M., 1980.
5. Romm A.P., Quantitative Methods of Constructing Viable Ways of Movement // Designer 1969, no. 2, pp. 10–14.
6. Romm A.P., Integrated Assessment and Functional Zoning of the Territory in Urban Planning // Methodical Bases and Computer Technologies-M., 2002, pp. 122–128.
7. Dmitriyev A.S., Aleksakov G.N. Analog Modeling in the Solution of Some Problems of Architectural-roadbuilding // Materials of the Regional Conference, Especially the Design and Construction of Housing to Areas of Western Siberia: Mass-media Novokuznetsk, 1990, pp. 20–22.
8. Methods of Determining the Estimated Values of Fire Risk in Buildings, Structures and Constructions Taking Into Account Different Classes of Functional Fire Hazard // Ministry of the Russian Federation For Civil Defense, and Emergency. M, 2009.
9. Dmitriyev A.S. A Combined Method of Calculating Traffic Flows to Pedestrian Communication Systems. // Trends in the Development of Construction, Heat and Gas Supply And Energy Supply: Proceedings of the III International Scientific and Practical Conference of FGBOU VO STAU N.I. Vavilov. March 17-18, 2016, Saratov: STAU, 2016, pp. 86–90.
10. Pavlova L.I. Model of Placement of People Gravity Centers // In the Construction Site of Russia, 1973, no. 1, pp. 14-17.
11. Kholoshevnikov V.V. Human Flows in Buildings, Structures and on the Territory of Complexes 05.23.10. M., 1983, 479 p.
12. Kholoshevnikov V.V. Field Observations of Human Flows // Academy of State Fire Service of GPR Emergency Service of the Russian Federation, 2001, pp. 21–27.
13. ITE Technical Council Committee 5-R // Characteristics and Service Requirements of Pedestrians and Pedestrian Facilities // Traffic Engineering, 1976, vol. 45, no. 5, pp. 34–45.
14. Dmitriyev A.S., Feofanova A.I., The Formation of a Modern Environment of Life, Taking Into Account the Organization of the Process of People Movement in Urban Communications // Trends in the Development of Construction, Heat And Gas Supply and Energy Supply: Proceedings of the III International Scientific and Practical Conference of FGBOU VO STAU N. N.I. Vavilov. March 17-18, 2016 Saratov: STAU, 2016, pp. 91–96.
15. Dmitriyev A.S., Yevstigneyev V.D. Problems of Transport Hubs Design, Taking Into Account the Organization of Human Streams Movement // Industrial and Civil Engineering, 2016, no. 4, pp. 39–41.

*Information about the author*

**Aleksandr S. Dmitriyev**, senior lecturer.

E-mail: yalac24@gmail.com

Moscow State University of Civil Engineering (National Research University).

Russia, 129337, Moscow, Yaroslavskoe sh., 26.

**Viktor D. Yevstigneyev**, Master student.

E-mail: victor88112@gmail.com

Moscow State University of Civil Engineering (National Research University).

Russia, 129337, Moscow, Yaroslavskoe sh., 26.

---

*Received in December 2017*