

О НЕКОТОРЫХ ПОДХОДАХ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ТРАНСПОРТНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ПассажиРОВ В ТРАНСПОРТНО-ПЕРЕСАДОЧНЫХ УЗЛАХ

Рассмотрены основные подходы к оценке качества работы транспортно-пересадочных узлов. Приведен анализ существующих подходов и научных результатов в данной области. Предлагается оценивать качество обслуживания населения в транспортно-пересадочных узлах через соотношение времен его использования в спокойном режиме и с препятствиями.

Ключевые слова: качество, транспортное обслуживание, пассажиропотоки, скорость, критерии, моделирование



М.Г. Лышков



А.М. Ольшанский

Анализ существующей научной, профессиональной и нормативной литературы показывает, что при общем достаточно большом количестве работ по моделированию транспортных узлов практически не изучены именно критерии качества транспортного обслуживания.

Например, часто применяемые показатели средней длины очереди, среднего времени, затрачива-

емого в том или ином элементе узла, хотя и имеют много способов вычисления, практически никогда не отвечают на вопрос: «Достаточно ли такое качество, при котором значения этих показателей равны наблюдаемым?».

Все найденные показатели можно разделить на системные, которыми можно оценить протекание процесса в любой транспортной системе; устаревшие,

Лышков Михаил Григорьевич, руководитель Научно-технического комплекса по разработке организации движения и общих проектных решений акционерного общества «Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт информатизации, автоматизации и связи» (АО «НИИАС»). Область научных интересов: моделирование транспортных процессов, разработка систем управления движением поездов, современные технологии работы станций и узлов. Автор 35 научных работ. Имеет 36 свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ и 23 патента на изобретения и полезные модели.

Ольшанский Алексей Михайлович, кандидат технических наук, руководитель Центра перспективных разработок Научно-технического комплекса по разработке организации движения и общих проектных решений акционерного общества «Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт информатизации, автоматизации и связи» (АО «НИИАС»). Область научных интересов: моделирование систем управления, оптимальное управление транспортными и экономическими системами, нейронные сети. Автор 87 научных работ. Имеет 35 свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ и 11 патентов на изобретения и полезные модели.

Биленко Геннадий Михайлович, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Управление транспортными процессами» Российской открытой академии транспорта Российского университета транспорта (РОАТ РУТ (МИИТ)). Область научных интересов: вопросы расчета и анализа, выбора способов усиления пропускной способности железнодорожных станций, участков и направлений, совершенствования технологии работы железнодорожных станций. Автор 46 научных работ.

Эрлих Антон Владимирович, кандидат технических наук, доцент, старший научный сотрудник Центра перспективных разработок Научно-технического комплекса по разработке организации движения и общих проектных решений акционерного общества «Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт информатизации, автоматизации и связи» (АО «НИИАС»). Область научных интересов: моделирование транспортных процессов, оптимальное управление транспортными и экономическими системами, современные технологии работы станций и узлов. Автор 45 научных работ.

характерные для анализа территориального развития преимущественно плановых экономик; нормативные, приведенные в ряде правовых актов и полученные математическим моделированием (чаще всего — решением уравнений состояния систем массового обслуживания).

Требуется дополнительное изучение введения не статических критериев, а динамических, например, соотношения скорости поступления новых пассажиров в элемент транспортного узла и убытия пассажиров из этого же элемента, что позволит, в дополнение к средним показателям, дать заключение об общей ситуации. Такие показатели могут потребовать проведения натурных или модельных проверок для внесения изменений в нормы и правила.

Рассмотрим основные подходы к критериям качества обслуживания.

К стандартным критериям качества обслуживания относятся:

1. Ограничение времени нахождения пассажира в пределах рассматриваемой транспортной системы. Записывается как

$$\frac{1}{N} \sum_{i=1}^n t_i \leq A. \quad (1)$$

Физический смысл формулы заключается в следующем: для $k\%$ агентов модели среднее время нахождения агента в системе не превышает A единиц времени. Чем выше процент $k\%$, тем более эффективной является модель транспортной системы, но больше затраты на обеспечение этой эффективности.

2. Критерий сложного качества.

Согласно [1], качество обслуживания пассажиров — многокритериальный параметр, который зависит от технического состояния подвижного состава, его конструктивных особенностей, развития маршрутной сети и организации транспортного процесса и ряда других составляющих.

Для пассажирских перевозок качество обслуживания можно подразделить на простое, сложное и интегральное [2].

К *простому* качеству пассажирских перевозок можно отнести какое-то одно существенное свойство или показатель, например, уровень комфорта пассажиров при обслуживании на вокзалах или в пути следования.

Сложное качество характеризуется совокупностью натуральных показателей, таких как: безопасность, скорость перемещения, уровень сервиса на вокзалах и в пути следования и др.

Интегральное качество определяется не только совокупностью натуральных показателей, но и пока-

зателями затрат (эксплуатационных, капитальных) на их осуществление.

Для улучшения качества перевозок пассажиров требуется синтез большого количества различных оценок, расчетов, данных официальной статистики и результатов обследования пассажиропотоков, после чего можно получить интегральный показатель качества обслуживания пассажиров:

$$K_{\text{ин}} = K_{\text{ин1}} K_{\text{ин2}}, \quad (2)$$

где $K_{\text{ин1}}$ — коэффициент, равный отношению длин вектора фактического уровня качества $\bar{J}_{\text{нф}}$ и вектора — стандарта качества $\bar{J}_{\text{нпс}}$ [формула 3];

$K_{\text{ин2}}$ — коэффициент, представляющий собой косинус угла между векторами и учитывающий взаимозависимость фактического и стандартного уровней качества [формула 4]

$$K_{\text{ин1}} = \frac{|\bar{J}_{\text{нф}}|}{|\bar{J}_{\text{нпс}}|}. \quad (3)$$

$$K_{\text{ин2}} = \cos \left(\frac{\bar{J}_{\text{нф}} \bar{J}_{\text{нпс}}}{|\bar{J}_{\text{нф}}| |\bar{J}_{\text{нпс}}|} \right). \quad (4)$$

3. Минимальные затраты в расчете на одного пассажира, пропускаемого через транспортную систему:

$$\frac{K + \sum \Xi}{N} \rightarrow \min. \quad (5)$$

Этот критерий устанавливается опытным путем на моделях. В случае, если есть общий вид функции затрат в зависимости от пассажиропотока, возможно проведение безусловной оптимизации в предположении, что перегруженность инфраструктуры приводит к избыточным затратам, а функция затрат выпуклая.

4. Стандартные показатели качества моделей.

4.1. Средняя абсолютная ошибка по модели (по модулю или в чистом виде)

$$e = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{a}) \rightarrow \min, \quad (6)$$

где N — число случаев наблюдения;

$\bar{x}$ — рассматриваемый признак;

$\bar{a}$ — среднее значение признака по выборке.

4.2. Средняя относительная ошибка

$$e = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{(x_i - \bar{a})}{x_i} \rightarrow \min. \quad (7)$$

4.3. Минимум среднеквадратического отклонения

$$q = \left(\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{a})^2 \right)^{\frac{1}{2}} \rightarrow \min. \quad (8)$$

5. Обобщенный взвешенный функционал затрат в транспортной системе:

$$I = \mu_1 \left(\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{a})^2 \right)^{1/2} + \dots + \mu_l \left(\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (y_i - \bar{b})^2 \right)^{1/2} \rightarrow \min, \quad (9)$$

где $\mu_1, \dots, \mu_l$ — весовые коэффициенты, задаваемые в зависимости от цели исследования;

$x, y, \dots$ — признаки (параметризованные или натуральный измеритель);

$\bar{a}, \bar{b}$ — средние значения признаков.

Показатели качества, определяемые по формулам (6)–(9), могут быть изменены, если вместо средних значений $\bar{a}$ признака использовать значения, полученные из модели $X_{\text{мод}}, Y_{\text{мод}}$ и т.д. Такой подход предлагается в [3].

К устаревшим критериям обслуживания относятся:

6. Показатель транспортной доступности территории (по [1]).

Показатель транспортной доступности d_d , ч, может быть определен как средневзвешенная величина затрат времени на перемещение пассажиров в регионе в зависимости от конкретной конфигурации размещения и густоты его транспортной сети.

Получаем:

$$d_d^{\text{пас}} = \frac{\sum H t_{\text{пас}} S_o}{\sum H L_{\text{пас}} L_{\text{прив}}}, \quad (10)$$

где $\sum H t_{\text{пас}}$ — суммарное время перемещения пассажиров в регионе за год, пасс · ч;

S_o — обжитая площадь рассматриваемого региона, км²;

$\sum H L_{\text{пас}}$ — пассажирооборот за год в рассматриваемом регионе;

$L_{\text{прив}}$ — приведенная длина путей сообщения, км.

7. Описательные показатели развития транспортной сети.

Используются для начального сравнения уровней развития транспортной системы и сравнения прогресса в результате строительства новых коммуникаций. Чаще применяются при анализе транспортных схем и макетов транспортного планирования территорий, нежели при работе с моделями.

Густота транспортной сети — это показатель, которым характеризуются различия в обеспечении путями сообщения отдельных стран и регионов, величина его различна в зависимости от рассматриваемого в расчетах случая, измеряется отношением протяженности эксплуатационной длины сети L_s к рассматриваемому параметру (в зависимости от целей расчета):

• при расчетах по площади территории S , км², характеризующей различия в обеспечении путями сообщения отдельных регионов и стран, применяется формула:

$$d_s = \frac{1000L_s}{S}; \quad (11)$$

• при равной площади территорий, по численности населения, чел, применяется формула:

$$d_n = \frac{10000L_s}{N}. \quad (12)$$

Формула для определения параметра единого показателя густоты сети d_s , с учетом площади и численности населения была выведена немецким статистиком Э. Энгелем:

$$d_s = \frac{L_s}{\sqrt{SH}}. \quad (13)$$

Впоследствии данная формула была модернизирована русским инженером Ю.И. Успенским при одинаковых численностях населения и площади территории путем ввода под знак знаменателя объема предъявляемых к перевозке грузов Q , тыс т:

$$d_y = \frac{L_s}{\sqrt[3]{SHQ}}. \quad (14)$$

Последняя работает и в отношении пассажирских перевозок, если вместо объема перевозок грузов ввести объем перевозок пассажиров.

Для рассмотрения комплексного показателя густоты сети различных видов транспорта d_k , прив. км, предлагается учитывать только обжитую площадь изучаемого региона, а эксплуатационную длину сети заменить на значения приведенной длины сети. Тогда формулу (14) можно представить в виде:

$$d_k = \frac{L_{\text{прив}}}{\sqrt[3]{S_o H Q}}. \quad (15)$$

Советский ученый Л.И. Василевский предложил использовать коэффициенты приведения транспортных линий к 1 км железных дорог на основе сопоставимых уровней пропускной и провозной способности для различных видов транспорта, изменяющиеся от 0,15 (автодорога с обычным твердым покрытием) до 1 (нефтепровод среднего размера).

Критический анализ наиболее часто употребляемых критериев, упоминаемых в научных исследованиях, приведен в табл. 1.

В статьях, указанных выше, говорится в общих чертах о понятии «транспортно-пересадочный узел» (далее — ТПУ), об эффективности его создания/реконструкции, но не сказано об оценках качества работы планируемого ТПУ, его привлекательности и рентабельности.

В [5] приведена формула оценки социально-экономической эффективности ТПУ за счет использования следующих факторов: снижения себестоимости пере-

Таблица 1

Сводная таблица научных публикаций по транспортному обслуживанию

Наименование статьи/исследования, авторы	Содержание с комментариями
Имитационное моделирование транспортно-пересадочных узлов (на примере города Новосибирска) [4]	Рассмотрено понятие ТПУ, где главным является пассажир. Рассмотрена модель ТПУ без участия железнодорожного транспорта и метрополитена. В таблице «время, затраченное на пересадку» маршрут движения от пригородного вокзала до остановки имеет значительный эффект (в 2–3 раза) от введения пешеходного перехода, в обратную сторону эффект незначительный (менее 0,5). Нет оценки качества работы планируемого ТПУ и экономической эффективности
Опыт Японии в создании транспортно-пересадочных узлов и его применение в России [5]	Рассматривается опыт Японии в создании ТПУ и их деления по значениям. Приведены формулы для расчетов показателей эффективности. Проведена оценка работы ТПУ «Планерная»
Моделирование транспортно-пересадочного узла города Самара [6]	Рассматривается вариант имитационного моделирования ТПУ на участке пересечения проспекта Карла Маркса с путями Куйбышевской железной дороги. Нет оценки качества работы планируемого ТПУ и экономической эффективности
Восемь принципов развития транспортно-пересадочных узлов (на примере станции Иркутск–Сортировочный) [7]	В статье рассматривается ТПУ «Иркутск–Сортировочный» и его реконструкция, включающая в состав железнодорожного вокзала автовокзал регионального значения. Выделены основные принципы развития ТПУ. Нет оценки качества работы планируемого ТПУ и экономической эффективности

возок пассажиров (млн руб.) и сокращения времени пребывания пассажиров в пути из расчета на 1 год (млн руб.).

В теории ТПУ является оптимальным решением для снижения «автомобильной нагрузки» в городе и привлекательным решением для отказа от личного автомобиля и пересадки на общественный транспорт, позволяя добираться из пункта А в пункт Б, используя возможность пересадки с одного вида транспорта на другой с минимумом задержек по времени при переходе. Например, это создание ТПУ в Москве, предусматривающее интеграцию метрополитена с электропоездами МЦК.

При создании ТПУ на окраине города самый простой и наиболее часто встречаемый вариант — пересечение путей общественного транспорта. При этом может возникнуть проблема сложных подземных инженерных коммуникаций и линий метрополитена [8].

В качестве примера следует привести проект ТПУ «Планерная». При реализации проекта ТПУ терпел большинство изменений с утратой большое

количество изменений транспортных функций, что привело к снижению параметров качества обслуживания пассажиров; фактически, данный ТПУ признан не самым рациональным вариантом [9].

Рассмотрим один из передовых иностранных опытов создания ТПУ на примере Японии. Существуют следующие типы ТПУ:

- агломерационного значения, когда ТПУ создаются на месте пересечения межрегионального транспорта, внутрирегионального и городского транспорта;
- муниципального значения, который создается в местах пересечения городского транспорта и моно-рельса. Как правило, данный ТПУ многоуровневый;
- регионального значения, включающий в себя, как правило, железнодорожный вокзал и автовокзал. В данный ТПУ прибывают как региональные электропоезда и автобусы, так и городские автобусы. Кроме этого, в его состав включаются крупный торговый комплекс и муниципальная парковка.

Рассмотрим критерии качества с использованием теории массового обслуживания. Согласно проведенным научным исследованиям, ТПУ относятся к

системам массового обслуживания с ожиданием. Технологическая схема работы ТПУ представлена на рис. 1.

В качестве входящего потока (см. рис. 1) выступают пассажиры, которых необходимо перевезти. При этом понятно, что входящий поток способен генерировать неограниченное количество требований (пассажиров). В качестве обслуживающих каналов используются различные виды транспорта, т.е. система является многоканальной. В качестве выходящего потока выступают пассажиры, отправляющиеся с ТПУ и не поступающие во входящий поток. Следовательно, ТПУ можно рассматривать как разомкнутую многоканальную систему массового обслуживания. К основным показателям разомкнутой многоканальной системы массового обслуживания можно отнести среднее время ожидания обслуживания, среднюю длину очереди, среднее число свободных каналов от обслуживания требований, коэффициент простоя, среднее число каналов, занятых обслуживанием требований, коэффициент загрузки, среднее число требований, находящихся в системе. Все эти показатели позволяют определить эффективность функционирования системы. В то же время важнейшим показателем будет являться время обслуживания как характеристика любого отдельного канала и ТПУ в целом. Данная характеристика будет определять пропускную способность ТПУ. Время обслуживания можно определить по формуле:

$$G(t_{\text{обсл}}) = 1 - e^{-\mu t_{\text{обсл}}}, \quad (16)$$

где $\mu = \frac{1}{t_{\text{обсл}}}$ — интенсивность обслуживания.

Рассмотрим показатели качества обеспечения комфортных условий пересадки пассажиров с одного вида транспорта на другой с использованием нормативных документов.

В РФ регламентируется время пересадки в ТПУ, которое не должно превышать 5 мин без учета времени ожидания транспорта, в соответствии с п. 11.26 [10]. Согласно п. 6.29 [10] дальность пешеходного подхода от остановочных пунктов общественного транспорта должна составлять 500 м. В п. 5.4 [11] определяется максимальная дальность при пересадке с наземного пассажирского транспорта на станции метрополитена в 100 м, а при пересадке на железную дорогу — 150 м.

Другие показатели качества в нормативных документах РФ отсутствуют. В п. 6.29 [10] и п. 5.4 [11] указана максимальная дальность при пересадке, при этом не учитывается дальность вертикальных перемещений. На основе зарубежной литературы и опыта отечественных проработок при планировке ТПУ можно предусматривать предельно допустимые дальности при пересадке в соответствии с табл. 2.

В целом можно сказать, что отечественная теория исследования движения людских потоков обладает мощной практической и теоретической базой, доказывающей взаимосвязь между параметрами пешеходных потоков [12–14]. Выведены формулы, позволяющие вычислять минимальные и максимальные значения скоростей потока в зависимости от его плотности, состава и эмоционального состояния людей [15–18]. Однако исследования советских и российских ученых в общей массе решают задачи обеспечения безопасной и своевременной эвакуации людей при возникновении чрезвычайных ситуаций в зданиях и сооружениях различного назначения [19–22].

Проблеме поддержания необходимых условий для обеспечения качества обслуживания пассажиров в транспортных сооружениях в целом и в интермодальных пересадочных комплексах в частности, пристального внимания не уделялось, а определенные ранее параметры пешеходного потока, соответствующие комфортным условиям движения, вызывают сомнения с точки зрения применимости при обеспечении комфортных условий движения пассажиров при пересадке.



Рис. 1. Технологическая схема работы ТПУ

Таблица 2

**Предельная дальность при пересадке между видами транспорта
на территории ТПУ (в метрах)**

	Станция метрополитена	Станция железной дороги	Остановочные пункты наземного пассажирского транспорта	Стоянка для краткосрочной остановки и стоянка такси	Перехватывающая стоянка
Станция метрополитена	Регламентируется СП 32.105.2004	150	150	190	450
Станция железной дороги	150	Определяется техническими условиями железной дороги	150	190	450
Остановочные пункты наземного пассажирского транспорта	150	150	100	190	450
Стоянка для краткосрочной остановки и стоянка такси	190	190	190	—	450
Перехватывающая стоянка	450	450	450	450	—

Разработка целевой системы показателей оценки качества обслуживания пассажиров в ТПУ должна базироваться на выполнении условия, при котором отношение времени, затрачиваемого на проход от входа в ТПУ до посадки на транспорт в условиях режима с препятствиями, к тому же времени в свободных условиях, не превышает заданного значения. Опытным путем при экспериментах на моделях МЦК установлено, что дополнительной проверке подлежат режимы с отношением данных времен до 1,2–1,3. Более высокие показатели уже оцениваются как некомфортные для пассажира. 

Литература

1. Единая транспортная система : учебник для вузов / В.Г. Галабурда, В.А. Персианов, А.А. Тимошин и др.; под ред. В.Г. Галабурды. — 2-е изд., с изм. и доп. — Москва: Транспорт, 1999. — 303 с. — ISBN 5-277-02148-5. — Текст: непосредственный.
2. Трихунков, М.Ф. Транспортное производство в условиях рынка: Качество и эффективность/ М.Ф. Трихунков. — Москва: Транспорт, 1993. — 255 с. — ISBN 5-277-00800-4. — Текст: непосредственный.
3. Якимов, М.Р. Транспортное планирование: создание транспортных моделей городов: монография / М. Р. Якимов. — Москва: Логос, 2013. — 188 с. — ISBN 978-5-98704-729-3. — Текст: непосредственный.
4. Кищенко, И.И. Имитационное моделирование транспортно-пересадочных узлов (на примере города Новосибирска)/ И.И. Кищенко, К.В. Красникова. — Текст: непосредственный // ИНТЕРЭКСПО ГЕО-СИБИРЬ. — 2018. — №1. — С.209–214.
5. Цыпин, П.Е. Опыт Японии в создании транспортно-пересадочных узлов и его применение в России/ П.Е. Цыпин, А.А. Грачева, К.К. Хиоян. — Текст: непосредственный // Бизнес и дизайн ревю. 2017. — Т.1, №2 (6). — С. 3.
6. Литвинова, А.А. Моделирование транспортно-пересадочного узла города Самара/ А.А. Литвинова, О.Н. Сапрыкин, А.Н. Тихонов. — Текст: электронный // Международная молодежная научная конференция «XIV Королевские чтения», посвященная 110-летию со дня рождения академика С.П. Королева, 75-летию КуАИ—СГАУ—СамГУ—Самарского университета и 60-летию со дня запуска первого искусственного спутника Земли: сб. тр./ М-во образования и науки Рос. Федерации; Самар. нац. исслед. ун-т им. акад. С. П. Королева. — Самара: Изд-во Самар. ун-та, 2017. — Т.1. — С. 284–286.
7. Бовэнь Цзэн. Восемь принципов развития транспортно-пересадочных узлов (на примере станции Иркутск-Сортировочный) / Цзэн Бовэнь, Е.Н. Чупарин. — Текст: непосредственный // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. — 2017. — Т. 7, №4. — С. 225–234. DOI: 10.21285/2227-2917-2017-4-225-234.
8. Цыпин, П.Е. Эффективность использования наземного транспорта в условиях высокой стоимости земли / П.Е. Цыпин, А.Д. Разуваев, А.Ю. Ледней. — Текст: непосредственный // Бизнес и дизайн ревю. — 2016. — Т.1, №4(4). — С. 7.
9. Козлов, П.И. Определение уровня обслуживания пешеходов в пространстве внеуличных коммуникационных элементов пересадочных узлов: специальность 05.23.22: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Козлов Павел Игоревич; Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет. — Москва, 2019. — 144 с. — Текст: непосредственный.
10. СП 42.13330.2016. Свод правил. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений = Urban development. Urban and rural planning and development: актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89*: утвержден Приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 30.12.2016 № 1034/пр: введен 07.01.2017. — Москва, 2017. — Текст: непосредственный.
11. Об утверждении региональных нормативов градостроительного проектирования города Москвы в области транспорта, автомобильных дорог регионального или межмуниципального значения: Постановление Правительства Москвы от 23.12.2015 № 945-ПП // Вестник Мэра и Правительства Москвы. — 2015. — спецвыпуск №51. — 30 декабря. — Текст: непосредственный.
12. Холщевников, В.В. Натурные наблюдения людских потоков: учебное пособие для студентов, обучающихся по специальности 270102 «Промышленное и гражданское строительство», направления 270100 «Строительство» / В.В. Холщевников, Д.А. Самошин, И.И. Исаевич; М-во Российской Федерации по делам

гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, Акад. гос. противопожарной службы. — Москва: Акад. ГПС МЧС России, 2009. — 189 с. ISBN 978-5-9229-0033-1. — Текст: непосредственный.

13. Дувидзон, Р.М. Проектирование спортивных сооружений с учетом движения людских потоков: специальность 05.23.10: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Дувидзон Ренат Миронович; МИСИ. — Москва, 1969. — 194 с. — Текст: непосредственный.

14. Кудрин, И.С. Влияние параметров движения людских потоков при пожаре на объемно-планировочные решения высотных зданий: специальность 05.26.03: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Кудрин Иван Сергеевич; Академия ГПС МЧС России. — Москва, 2013. — 190 с. — Текст: непосредственный.

15. Доценко, А.Г. Движение людей на вокзалах и прилегающих территориях (на примере крупных железнодорожных вокзалов): специальность 05.23.10: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Доценко Анатолий Георгиевич. — Москва, 1975. — 152 с. — Текст: непосредственный.

16. Samochine D.A. Toward an understanding of the concept of occupancy in relation to staff behavior in fire emergency evacuation of retail stores: PhD Thesis. — University of Ulster, 2004. — pp. 53–59.

17. Еремченко, М.А. Движение людских потоков в школьных зданиях: специальность 05.23.10: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Еремченко Мария Александровна; МИСИ. — Москва, 1978. — 189 с. — Текст: непосредственный.

18. Парфененко, А.П. Нормирование требований пожарной безопасности к эвакуационным путям и выходам в зданиях детских дошкольных образовательных учреждений: специальность 05.26.03: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Парфененко Александр Павлович; Академия ГПС МЧС России. — Москва, 2012. — 153 с. — Текст: непосредственный.

19. Фелькель, Х. Принципы нормирования эвакуационных путей в производственных зданиях: специальность 05.23.10: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Фелькель Харальд. — Москва, 1979. — 145 с. — Текст: непосредственный.

20. Айбуев, Зиявди С.А. Формирование людских потоков на предзаводских территориях крупных промышленных узлов машиностроительного профиля: специальность 05.23.10: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук; Айбуев Зиявди Сайд-Ахметович; МИСИ. — Москва, 1989. — 292 с. — Текст: непосредственный.

21. Алексеев, Ю.В. Формирование движения людских потоков в проходах зрелищных сооружений: специальность 05.23.10: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Алексеев Юрий Владимирович. — Москва, 1978. — 254 с. — Текст: непосредственный.

22. Овсянников А.Н. Закономерности формирования структуры коммуникационных путей в крытых зрелищных сооружениях: специальность 05.23.10: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Овсянников Александр Николаевич. — Москва, 1983. — 324 с. — Текст: непосредственный.