

Сравнение безопасности наземных и подземных пешеходных переходов на примере города Москвы

Владислав Величко

Введение

Все больше исследований о причинах и последствиях различных решений городского планирования публикуется во всем мире, предоставляя необходимые данные урбанистам и позволяя им снижать вероятность дорожно-транспортных происшествий (далее – ДТП) и уменьшать количество пострадавших и погибших в ДТП еще на этапе принятия решений об организации городского пространства.

Для снижения рисков столкновения автомобилей с пешеходами, пересекающими дорогу, многие страны и города предпочитают строительство подземных пешеходных переходов вместо оборудования наземных. В российских городах наблюдаются похожие тенденции [Макаров и др., 2019; Осипова, Охотникова, 2018; Хаустова и др., 2018]. Подземные пешеходные переходы считаются предпочтительными по следующим соображениям:

- 1) Подземный пешеходный переход безопаснее и для пешеходов, и для водителей, особенно при интенсивном пешеходном движении, поскольку он разводит потоки передвигающихся пешеходов и автомобилей в разные плоскости [Макаров и др., 2019; Оруджова, Листов, 2015; Чикишев, Сидоренко, 2010].

Величко Владислав Алексеевич, студент, бакалаврская программа «Экология и природопользование», Институт международной торговли и устойчивого развития, Московский государственный институт международных отношений Министерства иностранных дел Российской Федерации (ИМТУР МГИМО МИД России); Российская Федерация, 119454, г. Москва, пр. Вернадского, 76.
E-mail: velichko2vlad@gmail.com

В данной статье исследуется относительная опасность наземных и подземных пешеходных переходов на основе количества пострадавших в столкновениях автомобилей с пешеходами, произошедших около данных типов сооружений в городе Москве. Для сравнения этих двух категорий переходов были взяты все дорожно-транспортные происшествия с пешеходами в пределах Московской кольцевой автодороги с 1 января 2019 года по 31 декабря 2023 года включительно. Для определения опасности каждого перехода брались данные о происшествиях с пешеходами, произошедшие неподалеку от него. На основе общего количества дорожно-транспортных происшествий с пешеходами, произошедших около переходов разных видов, и общего количества переходов в пределах Московской кольцевой автодороги была оценена относительная опасность подземных и наземных переходов для пешеходов. Результаты показали, что в среднем подземные пешеходные переходы опаснее наземных в 2,460 раза, а если брать для сравнения только происшествия с погибшими – в 5,905 раза. Также были получены результаты для происшествий с пострадавшими в тяжелой и легкой степени: подземные переходы опаснее наземных в 3,654 и 1,937 раза соответственно. Одним из возможных объяснений данных результатов может являться следующее: поскольку рядом с подземными переходами водители не ожидают увидеть на дороге пешеходов, скорость реакции, необходимой для торможения автомобиля, ниже, чем при нелегальном пересечении дороги человеком около наземного перехода, следовательно, выше вероятность столкновения и возникновения тяжелых последствий для здоровья пострадавших. Однако для точного определения причин повышенной опасности нелегальных пересечений пешеходами проезжей части около подземных переходов необходимы дальнейшие исследования.

Ключевые слова: городское планирование; подземный пешеходный переход; наземный пешеходный переход; безопасность дорожного движения; ДТП; столкновение; дорожно-транспортное происшествие; пешеход

- 2) Подземные пешеходные переходы сокращают время, затрачиваемое на движение автомобиля по определенному маршруту, из-за отсутствия дополнительных светофоров [Оруджова, Листов, 2015; Чикишев, Сидоренко, 2010].

Однако на момент написания данной статьи нет достаточного количества исследований, изучавших безопасность разных типов пешеходных переходов или количество времени, затрачиваемое автомобилем на движение по улице с наземными или подземными пешеходными переходами. В отечественной литературе лишь немногие статьи ставят под сомнение эти соображения, однако не подкрепляют свои утверждения научными доказательствами [Зинатуллина и др., 2017; Иванов, Быстров, 2018]. При этом исследование 2024 года из Гонконга приводит данные, показывающие, что наличие подземных и наземных переходов снижает частоту столкновений автомобилей с пешеходами, а наличие наземных пешеходных переходов, наоборот, увеличивает; таким образом, подтверждается тезис о безопасности внеуровневых пешеходных переходов [Hu et al., 2024]. Однако из-за недостаточного количества исследований по данной теме невозможно с достаточной уверенностью ни подтвердить, ни обоснованно опровергнуть любой из вышеуказанных пунктов.

Подземные переходы обладают рядом существенных недостатков, которые приводят к снижению привлекательности для пешеходов и побуждают избегать данный тип переходов. Вместо этого пешеходы предпочитают пользоваться наземными переходами или пересекать дороги с нарушением правил, что создает угрозу безопасности как для них самих, так и для других участников дорожного движения. К числу таких недостатков относятся физическая невозможность использования подземного перехода из-за отсутствия безбарьерной среды, значительное время, необходимое для пересечения дороги через подземный переход, отсутствие эстетической привлекательности подземных тоннелей, ощущение небезопасности внутри тоннеля и другие факторы [Гордеев, Сазонова, 2019; Ghafoor et al., 2023; Mfinanga, 2014; Pasha et al., 2015; Rana, 2021; Rankavat, Tiwari, 2016].

Например, при наличии барьерного разделителя, не позволяющего пересечь улицу с нарушением правил, пешеходы часто отказываются от использования подземных переходов, если существует возможность за то же или даже меньшее время дойти до наземного перехода [Anciaes, Jones, 2018]. Кроме того, пешеходы чаще предпочитают дожидаться зеленого сигнала светофора на наземном переходе, чем использовать подземный переход, причем чем короче время ожидания, тем выше вероятность того, что пешеход предпочтет пересечь улицу по наземному переходу [Chandrappa et al., 2021; Zhu et al., 2023]. Возраст пешеходов также влияет на выбор способа пересечения дороги: с увеличением возраста снижается вероятность предпочтения подземного перехода наземному [Chandrappa et al., 2021].

Схожая ситуация наблюдается и с наземными переходами (пешеходными мостами), также обладающими вышеперечисленными негативными чертами, свойственными подземным переходам [Alver, Onelcin, 2018; Pasha et al., 2015; Rankavat, Tiwari, 2016; Räsänen, 2007]. При наличии возможности нелегального пересечения улицы пешеходы более склонны к изменению своего маршрута для использования наземного перехода, нежели наземного, в том числе из-за сложностей в пользовании наземным переходом [Cantillo et al., 2015]. Помимо этого, на использование наземного перехода негативно влияет знание территории и возраст пешехода [Bhatia et al., 2022]. Исходя из этого можно предположить, что пешеходы также менее склонны изменять маршрут для использования подземного перехода по сравнению с наземным.

Цитирование: Величко В. А. (2024) Сравнение безопасности наземных и подземных пешеходных переходов на примере города Москвы // Городские исследования и практики. Т. 9. № 3. С. 67–77. DOI: <https://doi.org/10.17323/usp93202467-77>

Учитывая все вышеупомянутые факторы, можно предположить, что отсутствие возможности пересечения проезжей части по земле без нарушения правил может побуждать людей к их нарушению даже в тех случаях, когда поблизости имеется подземный переход. Поэтому для полноценной оценки безопасности подземных пешеходных переходов необходимо также учитывать число ДТП с пешеходами, произошедших около данных сооружений вследствие нелегального пересечения ими дороги.

Таким образом, на практике количество столкновений автомобилей с пешеходами, произошедших вблизи подземных переходов из-за пересечения дороги с нарушением правил, может оказаться выше, чем количество наездов на пешеходов на наземных переходах, даже с учетом нарушений, таких как переход на красный свет или переход вблизи, но не по самому переходу или в зоне его видимости. Данное предположение ставит под сомнение эффективность подземных переходов с точки зрения обеспечения безопасности и может вызвать вопросы относительно целесообразности их строительства в населенных пунктах.

В то же время в российских городах, включая Москву, наблюдается тенденция к созданию новых подземных пешеходных переходов. Значительная часть годового бюджета Москвы направляется на строительство и реконструкцию дорог, а также на развитие транспортной инфраструктуры (согласно Закону № 33 от 24.11.2021). Это свидетельствует о стремлении города стать лидером в снижении числа столкновений автомобилей с пешеходами и уменьшении тяжести последствий таких ДТП для здоровья граждан. Однако в Москве в пределах Московской кольцевой автомобильной дороги (далее – МКАД) имеется значительное количество подземных переходов. На начало 2024 года в Москве, согласно авторским подсчетам, находилось 644 подземных перехода (7,3 подземных перехода на каждые 10 км²). Учитывая гипотезу о том, что подземные переходы могут представлять большую опасность по сравнению с наземными, особенно с учетом пересечений дороги пешеходами с нарушением правил, можно предположить, что, сосредотачивая усилия на строительстве новых подземных переходов, Москва рискует не добиться уменьшения числа ДТП с участием пешеходов. Вместо этого предпочтительным вариантом могло бы стать оборудование наземных переходов, которые потенциально способны повысить безопасность на дорогах.

Цель настоящего исследования заключается в анализе числа ДТП, произошедших с пешеходами поблизости от подземных или наземных пешеходных переходов в пределах МКАД, для сравнения их безопасности друг относительно друга с учетом пересечений дороги пешеходами с нарушением правил.

Методы

На момент написания статьи в открытых источниках отсутствовали карты и списки всех подземных и наземных пешеходных переходов Москвы. Имеющиеся данные о подземных переходах, такие как информация на Портале открытых данных правительства Москвы, включают не все объекты, которые в рамках данного исследования классифицируются как подземные переходы. К примеру, для пересечения Кировоградской улицы около домов 24А и 24к1 пешеходам необходимо спуститься в подземный переход, который одновременно является выходом из станции метро «Пражская», в связи с чем не относится к категории «подземные переходы» на портале. Аналогичная ситуация со многими другими станциями метро, подземные сооружения которых зачастую являются единственным объектом для пересечения дороги (примеры: станции «Полежаевская», «Юго-Западная», «Новогиреево», «Сходненская» и др.).

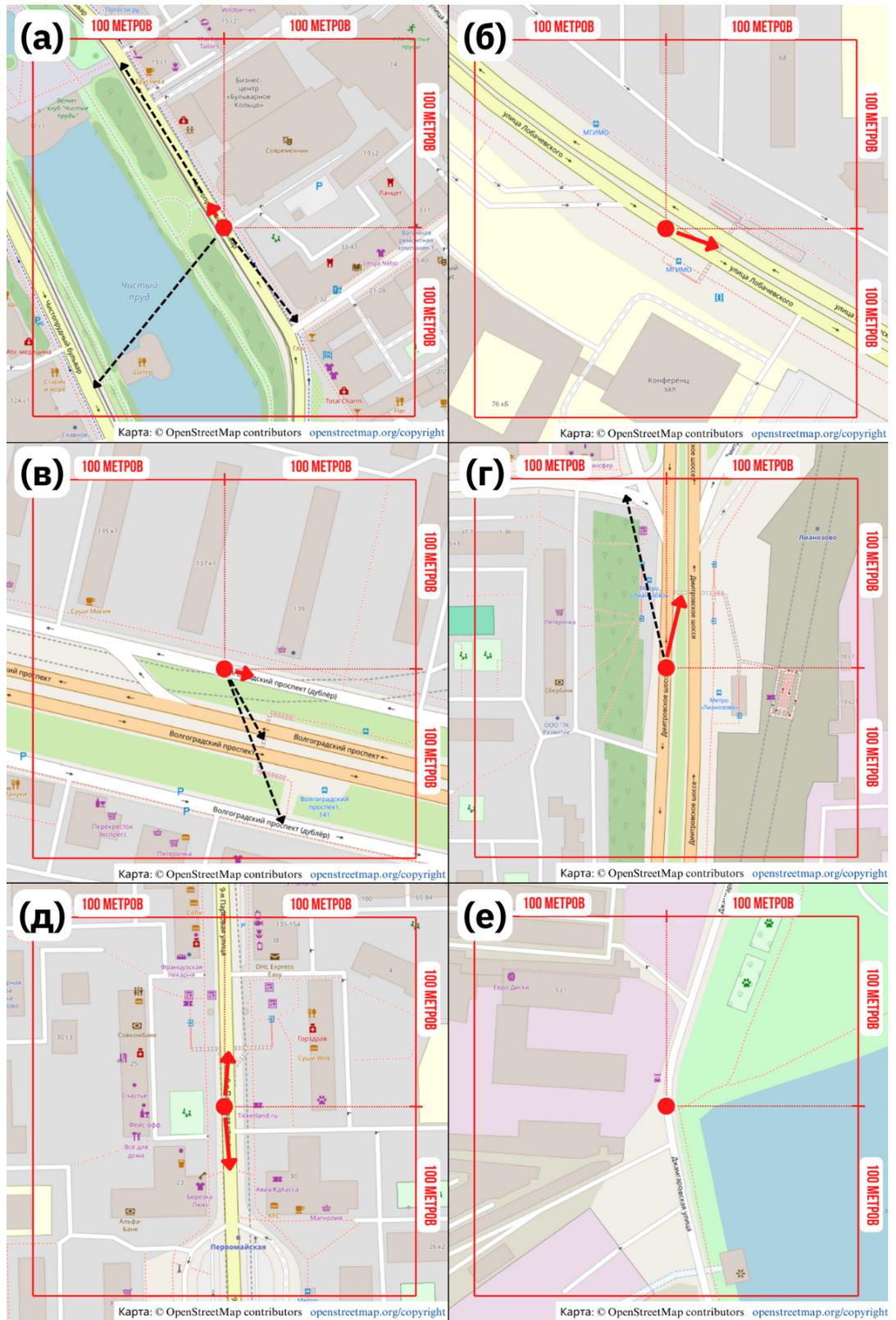
Для решения этой проблемы все переходы города в пределах МКАД, за исключением наземных, а также наземных, расположенных в жилых зонах и на дворовых территориях, были отмечены на авторских картах вручную. Затем с карты были экспортированы координаты всех переходов, которые были распределены по административным округам города: Восточный, Юго-Восточный, Южный, Юго-Западный, Западный, Северо-Западный, Северный, Северо-Восточный и Центральный (далее – ВАО, ЮВАО, ЮАО, ЮЗАО, ЗАО, СЗАО, САО, СВАО и ЦАО соответственно). Впоследствии при проведении данного исследования ЦАО был поделен на две части: часть внутри Садового кольца и часть вне Садового кольца.

С сайта некоммерческого проекта «Карта ДТП»¹ были получены координаты ДТП с пешеходами в пределах МКАД. Происшествия поделены на три категории: летальные ДТП, происшествия с тяжелыми последствиями для здоровья, ДТП с легким вредом для здоровья. Для всех трех типов ДТП использовался один метод исследования, описанный далее. Исследование проводилось с помощью программы, написанной на языке Python.

- 1) Для начала программа получала координаты ДТП из файла проекта «Карта ДТП» по одному происшествию.
- 2) Каждое ДТП проверялось по данным проекта «Карта ДТП». Если в данных проекта содержалась информация о наличии рядом с местом происшествия подземного, наземного или обоих типов переходов, данному ДТП присваивалась метка «U», «A» или «B» соответственно. При отсутствии такой информации ДТП присваивалась метка «O».

1. (2024). Карта ДТП. <https://dtp-stat.ru/>.

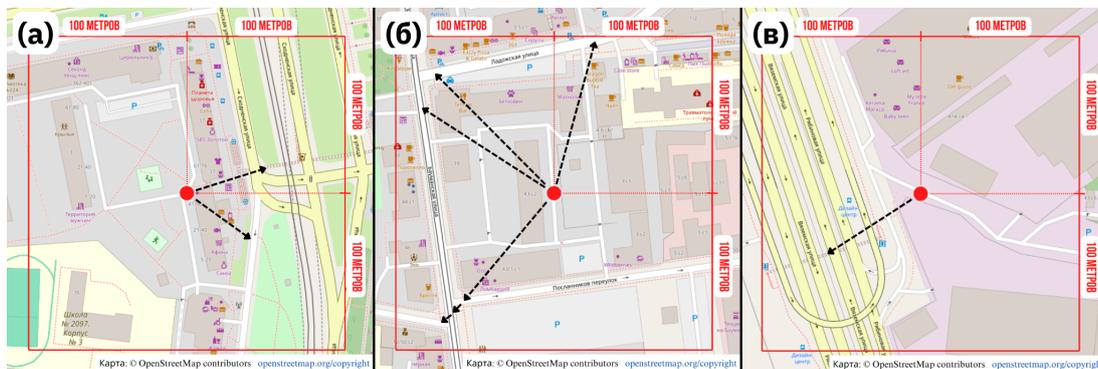
Рис. 1. Примеры дорожно-транспортных происшествий, изученных программой. Данные картографической основы: © Участники проекта OpenStreetMap



(а) ДТП, отнесенное программой к наземному переходу; (б) ДТП, отнесенное программой к подземному переходу; (в) ДТП около наземного перехода, отнесенное программой к обоим типам переходов; (г) ДТП около подземного перехода, отнесенное программой к обоим типам переходов; (д) ДТП около обоих типов переходов, отнесенное программой к обоим типам переходов; (е) ДТП, не отнесенное программой ни к одной из категорий переходов и в дальнейшем не исследуемое.

Метки: красная точка – место ДТП; красные сплошные стрелки указывают на переход, возле которого произошло ДТП; черные пунктирные – на иные переходы, попавшие в квадрат 200х200 м (рамка вокруг ДТП) и отмеченные программой как потенциальные переходы, около которых могло произойти данное ДТП.

Рис. 2. Примеры ошибочно определенных программой дорожно-транспортных происшествий, которые проверялись вручную в случае расхождения результатов с данными проекта «Карта ДТП»
Данные картографической основы: © Участники проекта OpenStreetMap



(а) ДТП, ошибочно определенное программой к категории “ДТП около обоих типов переходов”; (б) ДТП, ошибочно определенное программой к категории “ДТП около наземного перехода”; (в) ДТП, ошибочно определенное программой к категории “ДТП около подземного перехода”. Все три ДТП были отсеяны при ручной проверке в связи с расхождением с данными проекта “Карта ДТП”.

Метки: красная точка – место ДТП; черные пунктирные стрелки указывают на пешеходные переходы, попавшие в квадрат 200x200 м (рамка вокруг ДТП) и отмеченные программой как потенциальные переходы, около которых могло произойти данное ДТП.

- 3) Затем вокруг отдельного ДТП на карте строился квадрат через нахождение координат его вершин на основе средней длины одной секунды меридиана и параллели на местности на широте и долготе Москвы (так, 100 м в Москве – это $0,0009^\circ$ широты или $0,00159^\circ$ долготы²). Бралась координата широты, к ней прибавлялось или от нее отнималось $0,0009^\circ$ – так находились координаты широты для всех вершин квадрата. Аналогично (прибавление к долготе ДТП или вычитание из нее $0,00159^\circ$) находилась долгота всех вершин квадрата. Таким способом программой очерчивался квадрат со стороной, близкой к 200 м, в центре которого находилось ДТП; минимальное расстояние от места столкновения до любой стороны квадрата составляло 100 м.
- 4) Потом координаты всех переходов Москвы проверялись на попадание в данный квадрат. Если координаты какого-то перехода попадали в область, очерченную квадратом, программа заносила ДТП в категорию ДТП, произошедших около данного типа переходов.

а) В случаях, когда в квадрате находились только наземные переходы, предполагалось, что столкновение произошло около наземного перехода (рис. 1а), а при попадании в квадрат только подземных переходов ДТП засчитывалось как произошедшее около подземного перехода (рис. 1б).

б) В ситуациях, когда в квадрате находились и наземные, и подземные переходы, ДТП заносилось программой в категорию «ДТП около обоих типов переходов» (рис. 1в, 1г, 1д).

с) В иных случаях столкновение не причислялось ни к одной из категорий и в дальнейшем не подвергалось изучению (рис. 1е).

- 5) Все ДТП, занесенные программой в одну из трех категорий, проверялись программой на соответ-

ствие метке, полученной при анализе данных проекта «Карта ДТП». Если метка совпадала с категорией, выданной программой, ДТП автоматически причислялось к данному типу перехода (пример: программа определила, что около ДТП с меткой «У» есть только подземные переходы, значит, ДТП причисляется к подземному переходу). В иных случаях ДТП проверялось вручную (пример: программа определила, что около ДТП с меткой «А» есть только подземные переходы или и подземные, и наземные переходы; такое ДТП проверялось вручную). Так удалось избежать ошибок и неточностей как в полученных программой данных, так и в данных проекта «Карта ДТП».

Следует отметить недостаток метода определения программой принадлежности ДТП к типу перехода: некоторые ДТП, произошедшие на малых городских дорогах (не обладающих разметкой – например, в жилой зоне), при построении квадрата захватывали внутрь него пешеходные переходы, расположенные на соседних, более крупных дорогах, что приводило к ложному отнесению ДТП программой к одному из типов переходов, хотя в реальности столкновение происходило на иной дороге и отношения к этим переходам не имело. Этот недостаток был компенсирован проверкой данных, полученных программой, данными проекта «Карта ДТП» с помощью описанных выше меток. Так, если ДТП происходило на малой городской дороге, в данных проекта «Карта ДТП» не было указано наличие поблизости пешеходных переходов, что приводило к присвоению ДТП метки «О» и, как следствие, ручной проверке, если программа относила это ДТП к какому-либо типу перехода (рис. 2).

Данным методом были исследованы все ДТП с пешеходами, произошедшие в пределах МКАД с 1 января 2019 года по 31 декабря 2023 года вклю-

2. Исходя из данных, длина меридиана 20 004,3 км, длина экватора 40 075 км, длина параллели на широте Москвы (широта города: $55,5^\circ$) = $\cos(55,5^\circ) * 40\,075 = 22\,698,7$ км.

Таблица 1.
Количество переходов в разбивке по округам
Источник: составлено автором.

Округ	ВАО	ЮВАО	ЮАО	ЮЗАО	ЗАО	СЗАО	САО	СВАО	Ц	СК
Пз, шт.	46	49	123	56	75	44	73	37	70	71
Нз, шт.	2265	1932	2090	1349	1628	1125	2101	2121	2375	1634
Соотн.	49,2	39,4	17,0	24,1	23,7	25,6	28,8	57,3	33,9	23,0
Пл, км ²	112	73	86	90	132	106	130	76	47	19
СПз	0,41	0,67	1,43	0,62	0,57	0,42	0,56	0,49	1,49	3,74
СНз	20,22	26,47	24,30	14,99	12,33	10,61	16,16	27,91	50,53	86,00

Аббревиатуры: ВАО, ЮВАО, ЮАО, ЮЗАО, ЗАО, СЗАО, САО, СВАО – Восточный, Юго-Восточный, Южный, Юго-Западный, Западный, Северо-Западный, Северный, Северо-Восточный административные округа соответственно; Ц – Центральный административный округ вне Садового кольца, СК – территория внутри Садового кольца; Пз, Нз – число подземных и наземных переходов соответственно; Соотн. – соотношение наземных переходов к подземным; Пл – площадь административных округов в пределах МКАД; СПз и СНз – количество подземных и наземных пешеходных переходов на 1 км² соответственно.

чительно. На основе полученных данных была рассчитана опасность подземных пешеходных переходов по отношению к наземным; для этого среднее число ДТП на один подземный переход было поделено на среднее число ДТП на один наземный переход по формуле:

$$D = \frac{A_u + A_b}{N_u} / \frac{A_g + A_b}{N_g},$$

где A_u и A_g – количество ДТП с пешеходами около подземных и наземных переходов соответственно, A_b – количество ДТП с пешеходами, отнесенных к третьей категории («произошли около подземного и наземного переходов»); N_u и N_g – общее количество подземных и наземных переходов в Москве соответственно.

Код программы, а также файлы, содержащие в себе координаты всех переходов, отмеченных на авторских картах, находятся в открытом доступе в репозитории на сервисе *GitHub*³.

Результаты

Все подземные и наземные пешеходные переходы Москвы в пределах МКАД были отмечены на карте вручную; общее их число составило 644 для подземных переходов и 18 620 для наземных⁴. Количество переходов в разбивке по округам представлено в табл. 1, наряду с соотношением числа наземных пешеходных переходов к подземным, площадью округов в пределах МКАД и количеством переходов на 1 км² территории.

Как видно из табл. 1, самым обеспеченным переходами округом является ЦАО в пределах Садового кольца (3,74 подземных и 86 наземных пешеходных переходов на 1 км²), второй по обеспеченности –

ЦАО вне Садового кольца (1,49 подземных и 50,53 наземных перехода на 1 км²). Меньше всего подземных переходов в абсолютном значении находится в СВАО (37 шт.), в относительном к площади округа – в ВАО (0,41 шт./км²).

За период с 1 января 2019 года по 31 декабря 2023 года в Москве произошло 14 492 ДТП с пешеходами, в которых пострадали 14 776 пешеходов, из них 12 457 человек попали в ДТП в пределах МКАД. 10 510 пешеходов, пострадавших в ДТП, были определены программой в одну из трех вышеописанных категорий, из них вручную были проверены 3764 случая. В сумме за исследованный период в ДТП около наземных и подземных пешеходных переходов в Москве в пределах МКАД пострадали 8640 пешеходов.

В табл. 2а, 2б и 2в представлено количество пешеходов, пострадавших в ДТП, произошедших около подземных, наземных или обоих типов переходов в разбивке по округам, в зависимости от тяжести последствий для здоровья пострадавших.

Используя данные из табл. 2а, 2б и 2в, по приведенной выше формуле можно рассчитать, во сколько раз подземные переходы опаснее наземных для каждого из трех типов ДТП с разбивкой по округам. Полученные результаты представлены в табл. 3.

Заключение

Как видно из табл. 3, подземные переходы в среднем опаснее наземных в 2,46 раза. Полученный результат ставит под сомнение распространенное представление о том, что подземные переходы являются более безопасными для пешеходов по сравнению с наземными. Его можно интерпретировать следующим образом: подземные переходы обеспечивают повы-

3. Величко Владислав (2024). Код программы для расчета опасности подземных переходов. https://github.com/VladVelichko/Moscow_pedestrian_crossings.

4. Подземные переходы можно посмотреть на авторской карте: <https://clck.ru/3CArj5> (данные актуальны на 01.01.2024); наземные переходы из-за их количества пришлось разделить на две части: северо-восточную: <https://clck.ru/3CArjb> (данные актуальны на 01.06.2023) – и юго-западную: <https://clck.ru/3CArkk> (данные актуальны на 01.06.2023).

Таблица 2а. Количество погибших в ДТП пешеходов в разбивке по округам

Округ	ВАО	ЮВАО	ЮАО	ЮЗАО	ЗАО	СЗАО	САО	СВАО	Ц	СК
Подз, шт.	2	4	13	4	10	3	6	9	4	10
Наз, шт.	61	56	49	36	20	19	39	52	23	10
Оба, шт.	3	2	2	0	1	0	0	0	3	1

Таблица 2б. Количество пешеходов, пострадавших в ДТП с тяжелыми для здоровья последствиями в разбивке по округам

Округ	ВАО	ЮВАО	ЮАО	ЮЗАО	ЗАО	СЗАО	САО	СВАО	Ц	СК
Подз, шт.	0	17	37	13	28	5	9	5	15	27
Наз, шт.	20	239	338	242	150	114	67	121	173	109
Оба, шт.	0	5	13	8	3	0	0	3	12	5

Таблица 2в. Количество пешеходов, пострадавших в ДТП с легкими для здоровья последствиями в разбивке по округам

Округ	ВАО	ЮВАО	ЮАО	ЮЗАО	ЗАО	СЗАО	САО	СВАО	Ц	СК
Подз, шт.	24	13	37	14	27	9	36	22	23	22
Наз, шт.	1032	630	690	402	521	379	855	753	461	282
Оба, шт.	46	18	20	13	16	10	12	14	26	13

Источник: составлено автором.
Аббревиатуры: ВАО, ЮВАО, ЮАО, ЮЗАО, ЗАО, СЗАО, САО, СВАО – Восточный, Юго-Восточный, Южный, Юго-Западный, Западный, Северо-Западный, Северный, Северо-Восточный административные округа соответственно; Ц – Центральный административный округ вне Садового кольца, СК – внутри Садового кольца; Подз и Наз – число летальных ДТП, произошедших около подземных и наземных переходов соответственно; Оба – ДТП произошло около переходов обоих типов.

шенную безопасность для тех пешеходов, которые способны спуститься и подняться по лестницам и готовы затратить на это дополнительное время. Однако, с точки зрения общества в целом, подземные переходы могут оказаться менее безопасными, поскольку многие люди не готовы жертвовать временем на спуск и подъем, а также могут сталкиваться с физическими ограничениями, препятствующими использованию лестниц, например, из-за состояния здоровья или необходимости перемещать тяжелые предметы, такие как багаж, детские коляски или велосипеды.

Наибольший разрыв в опасности наблюдается для ДТП с погибшими (подземные переходы оказались опаснее наземных в 5,905 раза). Это можно объяснить тем, что при пересечении дороги пешеходом по наземному переходу с нарушением правил скорость реакции водителей выше, так как они заранее знают о существовании перехода. В то же время при пересечении пешеходом дороги около подземного перехода водители не ожидают увидеть на дороге человека, и скорость их реакции ниже; это приводит к тому, что последствия столкновения для здоровья пешехода оказываются тяжелее, а вероятность летального исхода – выше. Для ДТП, в которых пострадавшие получили тяжелые последствия для здоровья, подземные переходы оказались в 3,654 раза опаснее наземных; для ДТП с легким вредом для здоровья – в 1,937 раза.

Следует отметить, что, согласно результатам исследования, ни в одной из катего-

рий ДТП по тяжести последствий ни для одного округа значение в табл. 3 не оказалось ниже 1,00 (то есть подземные переходы не продемонстрировали большей безопасности по сравнению с наземными переходами ни в одном округе), за исключением тяжелых ДТП в ВАО, где за исследуемый период не было зарегистрировано ни одного ДТП данной категории около подземного перехода.

Таким образом, можно утверждать, что строительство подземных пешеходных переходов в городах в целом снижает безопасность пешеходов, способствуя увеличению числа ДТП, особенно тех, которые приводят к смертельным исходам или тяжелым последствиям для здоровья пострадавших.

В то же время полученные результаты требуют дополнительных исследований, которые позволят более детально изучить безопасность наземных и подземных переходов. Например, следует отметить, что в данном исследовании не учитывалась категория дороги, через которую были оборудованы переходы, в то время как этот фактор может существенно влиять на безопасность различных типов переходов.

Результаты исследования показывают, что строительство новых подземных переходов в городах России представляется неоправданным. Вместо этого целесообразно рассмотреть возможность замены существующих подземных переходов на наземные, особенно на нешироких улицах с умеренным движением или на ули-

Таблица 3. Опасность подземных переходов по отношению к наземным в разбивке по округам * – в округе отсутствуют тяжелые ДТП около подземных переходов.
Источник: составлено автором.
Аббревиатуры: ВАО, ЮВАО, ЮАО, ЮЗАО, ЗАО, СЗАО, САО, СВАО – Восточный, Юго-Восточный, Южный, Юго-Западный, Западный, Северо-Западный, Северный, Северо-Восточный административные округа соответственно; Ц – Центральный административный округ вне Садового кольца, СК – территория внутри Садового кольца, МСК – данные по Москве в пределах МКАД в целом без разделения на округа.

Округ	ВАО	ЮВАО	ЮАО	ЮЗАО	ЗАО	СЗАО	САО	СВАО	Ц	СК	МСК
Летальные ДТП	2,259	2,991	8,504	3,213	15,145	4,565	4,448	5,004	7,784	28,913	5,905
Тяжелые ДТП	0,000*	2,607	4,119	2,429	5,858	1,268	3,884	1,865	4,220	8,116	3,654
Легкие ДТП	1,877	1,383	2,321	1,881	2,315	1,412	1,601	1,357	2,909	3,430	1,937
ВСЕ ДТП	1,866	1,796	3,172	2,145	3,457	1,496	1,872	1,625	3,438	5,370	2,460

цах, регулируемых светофорами. В Москве это может касаться переходов через такие улицы, как Клинская, Никулинская, улицы Братьев Старостиных, Куусинена, Миклухо-Маклая и др.

Подводя итог, можно заключить, что данное исследование ставит под сомнение устоявшееся мнение о большей безопасности подземных пешеходных переходов по сравнению с наземными. В связи с этим при городском планировании, по крайней мере, на нешироких улицах со спокойным движением следует отдавать предпочтение наземным переходам, а также рассмотреть возможность замены существующих подземных переходов на наземные. Исследование показало, что подземные пешеходные переходы в среднем опаснее наземных в 2,460 раза. Это может быть связано с нежеланием людей пользоваться подземными переходами и увеличенным временем реакции водителей на пересечение дороги пешеходами с нарушением правил, но для установления точных причин необходимы дополнительные исследования.

Источники

Гордеев А. М., Сазонова С. А. (2019) Актуальность строительства внеуличных пешеходных переходов для формирования комфортной городской среды в г. Перми // Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе. Т. 1. Пермь: Изд-во ПНИПУ. С. 259–262.

Зинатуллина Э. Ч., Фаррахова Г. Р., Ганцева Е. М. (2017) Оценка безопасности подземных переходов // Наука, образование, производство в решении экологических проблем (Экология-2017). Т. 1. Уфа: Уфимский государственный авиационный технический университет. С. 247–254.

Иванов М. В., Быстров М. В. (2018) Сравнительный анализ использования наземных, надземных и подземных пешеходных переходов для формирования комфортной городской среды // Фундаментальные и прикладные исследования в области управления, экономики и торговли / С. В. Широкова (отв. ред.). Т. 2. СПб: ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого». С. 52–57.

Макаров А. В., Павлова М. А., Дегтярева Л. Е., Ерещенко Т. В. (2019) Подземные пешеходные тоннели на загруженных магистралях // Инженерный Вестник Дона. № 2 (53). Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/podzemnyepeshehodnye-tonneli-na-zagruzhennyh-magistralyah> (дата обращения: 24.04.2024).

Моисеева О. В. (2016) Выбор рационального типа пешеходных переходов с учетом стоимости строительства и безопасности движения пешеходов // Экология и научно-технический прогресс. Урбанистика. Т. 2. Пермь: Издательство Пермского национального исследовательского политехнического университета. С. 447–452.

Оруджова О. Н., Листов Д. В. (2015) Преимущества и недостатки пешеходных переходов // Управление инновациями в современной науке. Самара: АЭТЕРНА. С. 74–76.

Осипова А. А., Охотникова Ю. В. (2018) Морфологический анализ подземных переходов в г. Хабаровске // Новые идеи нового века. Т. 1. Хабаровск: ФГБОУ ВО Тихоокеанский государственный университет. С. 343–349.

Официальный портал Мэра и Правительства Москвы. (2021). Закон № 33 от 24.11.2021 «О бюджете города Москвы на 2022 год и плановый период 2023 и 2024 годов. Документы Правительства Москвы. Режим доступа: <https://www.mos.ru/authority/documents/doc/47716220/> (дата обращения: 24.04.2024).

Хаустова Е. А., Мусонов И. Р., Паузин С. А. (2018) Развитие сети пешеходных переходов в Нижнем Новгороде // VIII Всероссийский фестиваль науки / И. С. Соболев, Н. Д. Жилина и др. (ред.). Нижний Новгород: Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. С. 21–25.

Чикишев Е. М., Сидоренко А. О. (2010) Актуальность применения надземных и подземных пешеходных переходов в городе Тюмени // Новые технологии нефтегазовому региону / Е. А. Григорьян (ред.). Т. 1. Тюмень: Тюменский индустриальный университет. С. 146–149.

Alver Y. A. L. Ç. I. N., Onelcin P. (2018) Gap Acceptance of Pedestrians at Overpass Locations // Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour. Vol. 56. P. 436–443.

Anciaes P. R., Jones P. (2018) Estimating Preferences for Different Types of Pedestrian Crossing Facilities // Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour. Vol. 52. P. 222–237. DOI: 10.1016/j.trf.2017.11.025.

- Bhatia S.Y., Patil G.R., Chopadekar A.D., Sharma S. (2022) Skywalk Facility Utilization and Factors Influencing Its Use: A Case Study of Mumbai Metropolitan Region, India//Case Studies on Transport Policy. Vol. 10. No. 1. P. 396-405. DOI: 10.1016/j.cstp.2021.12.019.
- Cantillo V., Arellana J., Rolong M. (2015) Modelling Pedestrian Crossing Behaviour in Urban Roads: A Latent Variable Approach//Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour. Vol. 32. P. 56-67. DOI: 10.1016/j.trf.2015.04.008.
- Chandrappa A.K., Bhattacharyya K., Maitra B. (2021) Measures for Improving Pedestrian Crossing Facilities Based on Perceptions of Urban Commuters: An Experience in Kolkata//Case Studies on Transport Policy. Vol. 9. No. 2. P. 965-973. DOI: 10.1016/j.cstp.2021.04.017.
- Ghafoor F.E., Riaz M.S., Deifalla A.F., Azab M., Javaid O., Sattar M.N., Sadiq M.M. (2023) Serviceability Analysis of Pedestrian Overhead Bridges and Underpasses//Civil Engineering Journal. Vol. 9. No. 4. P. 882-894. DOI: 10.28991/cej-2023-09-04-09.
- Hu Y., Chen L., Zhao Zh. (2024) How Does Street Environment Affect Pedestrian Crash Risks? A Link-Level Analysis Using Street View Image-Based Pedestrian Exposure Measurement. Accident Analysis & Prevention. Vol. 205. DOI: 10.1016/j.aap.2024.107682.
- Mfinanga D.A. (2014) Implication of Pedestrians' Stated Preference of Certain Attributes of Crosswalks//Transport Policy. Vol. 32. P. 156-164. DOI: 10.1016/j.tranpol.2014.01.011.
- Pasha M., Rifaat S., Hasnat A., Rahman I. (2015) Pedestrian's Behaviour on Road Crossing Facilities//Jurnal Teknologi. Vol. 73. No. 4. P. 77-83. DOI: 10.11113/jt.v73.4292.
- Rana K.M. (2021) Estimation Of Foot Overpass And Underpass Service Quality And Users Attribute Ranking//Department of Civil Engineering, BUET. Режим доступа: <http://lib.buet.ac.bd:8080/xmlui/handle/123456789/6054> (дата обращения: 24.04.2024).
- Rankavat S., Tiwari G. (2016) Pedestrians Perceptions for Utilisation of Pedestrian Facilities-Delhi, India//Transportation Research Part F-Traffic Psychology and Behaviour. Vol. 42. P. 495-499. DOI: 10.1016/j.trf.2016.02.005.
- Räsänen M., Lajunen T., Alticafarbay F., Aydin C. Pedestrian Self-Reports of Factors Influencing the Use of Pedestrian Bridges//Accident; Analysis and Prevention. Vol. 39. P. 969-73. DOI: 10.1016/j.aap.2007.01.004.
- Zhu D., Sze N.N., Feng Zh., Chan H.-Y. Waiting for Signalised Crossing or Walking to Footbridge/Underpass? Examining the Effect of Weather Using Stated Choice Experiment with Panel Mixed Random Regret Minimization Approach//Transport Policy. Vol. 138. P. 144-169. DOI: 10.1016/j.tranpol.2023.04.020.
- A COMPARISON OF THE SAFETY OF AT-GRADE PEDESTRIAN CROSSINGS AND UNDERPASSES IN MOSCOW**
- Vladislav A. Velichko, Bachelor's Student, The Institute of International Trade and Sustainable Development, Moscow State Institute of International Relations (IMTUR of MGIMO University); 76 Vernadsky Avenue, Moscow, 119454, Russian Federation.
E-mail: velichko2vlad@gmail.com
- This study analyzes and compares the safety of underpasses and at-grade pedestrian crossings. It examines all car-pedestrian accidents that occurred within Moscow's Ring Road (MRR) between January 1, 2019, and December 31, 2023. To assess the safety of each crossing, all accidents that took place in their vicinity were analyzed. The total number of underpasses and at-grade crossings within MRR, along with the total number of accidents near these crossings, were used to calculate the risk these pose to pedestrians. The results show that underpasses are, on average, 2.46 times more dangerous to pedestrians than at-grade crossings, and 5.9 times more dangerous when considering only fatal accidents. The findings also indicate that underpasses are, on average, 3.65 times more hazardous to pedestrians in cases of severe injuries and 1.94 times more hazardous in cases of minor injuries. One possible explanation is that drivers are more likely to anticipate pedestrians near at-grade crossings and can more effectively prevent collisions in cases of jaywalking. In contrast, when a person illegally crosses near an underpass, the driver's reaction time may be longer, increasing the likelihood and severity of a collision. However, further research is needed to understand why illegal crossings near underpasses pose a greater threat to pedestrians than those near at-grade facilities.
- Keywords:** Moscow; urban planning; underpass; at-grade pedestrian crossing; pedestrian; car accident; transport safety
- Citation:** Velichko V.A. (2024). A Comparison of the Safety of At-Grade Pedestrian Crossings and Underpasses in Moscow. *Urban Studies and Practices*, vol. 9, no 3, pp. 67-77. DOI: <https://doi.org/10.17323/usp93202467-77>
- References**
- Alver Y.A.L.Ç.I.N., Onelcin P. (2018) Gap Acceptance of

- Pedestrians at Overpass Locations. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, vol. 56, pp. 436–443.
- Ancaes P.R., Jones P. (2018) Estimating Preferences for Different Types of Pedestrian Crossing Facilities. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, vol. 52, pp. 222–237. DOI: 10.1016/j.trf.2017.11.025.
- Bhatia S.Y., Patil G.R., Chopadekar A.D., Sharma S. (2022) Skywalk Facility Utilization and Factors Influencing Its Use: A Case Study of Mumbai Metropolitan Region, India. *Case Studies on Transport Policy*, vol. 10, no. 1, pp. 396–405. DOI: 10.1016/j.cstp.2021.12.019.
- Cantillo V., Arellana J., Rolong M. (2015) Modelling Pedestrian Crossing Behaviour in Urban Roads: A Latent Variable Approach. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, vol. 32, pp. 56–67. DOI: 10.1016/j.trf.2015.04.008.
- Chandrappa A.K., Bhattacharyya K., Maitra B. (2021) Measures for Improving Pedestrian Crossing Facilities Based on Perceptions of Urban Commuters: An Experience in Kolkata. *Case Studies on Transport Policy*, vol. 9, no. 2, pp. 965–973. DOI: 10.1016/j.cstp.2021.04.017.
- Chikishev E.M., Sidorenko A.O. (2010) Aktual'nost' primeneniya nadzemnykh i podzemnykh peshekhodnykh perekhodov v gorode Tyumeni [The Relevance of Using Elevated and Underground Pedestrian Crossings in the City of Tyumen]. *Novye tekhnologii-neftegazovomu regionu* [New Technologies for the Oil and Gas Region]/ E.A. Grigoryan (ed.), vol. 1, Tyumen: Tyumenskiy industrial'nyy universitet, pp. 146–149. (in Russian)
- Ghafoor F.E., Riaz M.S., Deifalla A.F., Azab M., Javaid O., Sattar M.N., Sadiq M.M. (2023) Serviceability Analysis of Pedestrian Overhead Bridges and Underpasses. *Civil Engineering Journal*, vol. 9, no. 4, pp. 882–894. DOI: 10.28991/cej-2023-09-04-09.
- Gordeev A.M., Sazonova S.A. (2019) Aktual'nost' stroitel'stva vneulichnykh peshekhodnykh perekhodov dlya formirovaniya komfortnoy gorodskoy sredey v g. Permi [The Relevance of Constructing Off-Street Pedestrian Crossings for Creating a Comfortable Urban Environment in Perm]. *Modernizatsiya i nauchnye issledovaniya v transportnom komplekse* [Modernization and Scientific Research in the Transport Complex], vol. 1. Perm: Izd-vo PNIPU, pp. 259–262. (in Russian)
- Hu Y., Chen L., Zhao Zh. (2024) How Does Street Environment Affect Pedestrian Crash Risks? A Link-Level Analysis Using Street View Image-Based Pedestrian Exposure Measurement. *Accident Analysis & Prevention*, vol. 205. DOI: 10.1016/j.aap.2024.107682.
- Ivanov M.V., Bystrov M.V. (2018) Sravnitel'nyy analiz ispol'zovaniya nazemnykh, nadzemnykh i podzemnykh peshekhodnykh perekhodov dlya formirovaniya komfortnoy gorodskoy sredey [Comparative Analysis of the Use of Ground, Elevated, and Underground Pedestrian Crossings for Creating a Comfortable Urban Environment]. *Fundamental'nye i prikladnye issledovaniya v oblasti upravleniya, ekonomiki i torgovli* [Fundamental and Applied Research in the Field of Management, Economics, and Trade], vol. 2. St. Petersburg: FGBOU VO "Sankt-Peterburgskiy politekhnicheskii universitet Petra Velikogo", pp. 52–57. (in Russian)
- Khaustova E.A., Musonov I.R., Puzin S.A. (2018) Razvitiye seti peshekhodnykh perekhodov v Nizhnem Novgorode [Khaustova E.A., Musonov I.R., Puzin S.A. (2018) Development of the Pedestrian Crossing Network in Nizhny Novgorod]. *VIII Vserossiyskiy festival' nauki* [VIII All-Russian Science Festival]/I.S. Sobol, N.D. Zhiliny et al. (eds.), Nizhny Novgorod: Nizhegorodskiy gosudarstvennyy arkhitekturno-stroitel'nyy universitet, pp. 21–25. (in Russian)
- Makarov A.V., Pavlova M.A., Degtyareva L.E., Ereshchenko T.V. (2019) Podzemnye peshekhodnye tonneli na zagruzhennykh magistralyakh [Underground Pedestrian Tunnels on Busy Highways]. *Inzhenernyy Vestnik Dona* [Engineering Bulletin of Don], no. 2 (53). Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/podzemnye-peshehodnye-tonneli-na-zagruzhennykh-magistralyakh> (accessed 24 April 2024). (in Russian)
- Mfinanga D.A. (2014) Implication of Pedestrians' Stated Preference of Certain Attributes of Crosswalks. *Transport Policy*, vol. 32, pp. 156–164. DOI: 10.1016/j.tranpol.2014.01.011.
- Moiseeva O.V. (2016) Vybor ratsional'nogo tipa peshekhodnykh perekhodov s uchetom stoimosti stroitel'stva i bezopasnosti dvizheniya peshekhodov [Choosing the Rational Type of Pedestrian Crossings Considering the Cost of Construction and Pedestrian Traffic Safety]. *Ekologiya i nauchno-tekhnicheskii progress. Urbanistika* [Ecology and Scientific-Technical Progress. Urbanism], vol. 2, Perm: Izdatel'stvo Permskogo natsional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta [Perm National Research Polytechnic University Publishing House], pp. 447–452. (in Russian)
- Ofitsial'nyy portal Mera i Pravitel'stva Moskvy. (2021). Zakon № 33 ot 24.11.2021 "O byudzhete goroda Moskvy na 2022 god i planovyy period 2023 i 2024 godov [Official Portal of the Mayor and Government of Moscow. (2021). Law No. 33 of November 24, 2021 "On the Budget of the City of Moscow for 2022 and the Planning Period 2023 and 2024"]. *Dokumenty Pravitel'stva Moskvy* [Documents of the Government of Moscow]. Available at: <https://www.mos.ru/authority/documents/doc/47716220/> (accessed 24 April 2024). (in Russian)
- Orudzhova O.N., Listov D.V. (2015) Preimushchestva i nedostatki peshekhodnykh perekhodov [Advantages and Disadvantages of Pedestrian Crossings]. *Upravlenie innovatsiyami v sovremennoy nauke* [Innovation Management in Modern Science], Samara: AETRINA, pp. 74–76. (in Russian)
- Osipova A.A., Okhotnikova Yu.V. (2018) Morfologicheskii analiz podzemnykh perekhodov v g. Khabarovske [Morphological Analysis of Underground Crossings in Khabarovsk]. *Novye idei novogo veka* [New Ideas of the New Century], vol. 1, Khabarovsk: FGBOU VO Tikhookeansky Gosudarstvennyy Universitet, pp. 343–349. (in Russian)
- Pasha M., Rifaat S., Hasnat A., Rahman I. (2015) Pedestrian's Behaviour on Road Crossing Facilities. *Jurnal Teknologii*, vol. 73, no. 4, pp. 77–83. DOI: 10.11113/jt.v73.4292.
- Rana K.M. (2021) Estimation of Foot Overpass and Underpass Service Quality and Users Attribute Ranking. *Department of Civil Engineering, BUET*. Available at: <http://lib.buet.ac.bd:8080/xmlui/handle/123456789/6054> (accessed: 24.04.2024).

- Rankavat S., Tiwari G. (2016) Pedestrians Perceptions for Utilisation of Pedestrian Facilities—Delhi, India. *Transportation Research Part F—Traffic Psychology and Behaviour*, vol. 42, pp. 495–499. DOI: 10.1016/j.trf.2016.02.005.
- Räsänen M., Lajunen T., Alticafarbay F., Aydin C. Pedestrian Self-Reports of Factors Influencing the Use of Pedestrian Bridges. *Accident; analysis and prevention*, vol. 39, pp. 969–73. DOI: 10.1016/j.aap.2007.01.004.
- Zhu D., Sze N.N., Feng Zh., Chan H.-Y. Waiting for Signalised Crossing or Walking to Footbridge/Underpass? Examining the Effect of Weather Using Stated Choice Experiment with Panel Mixed Random Regret Minimization Approach. *Transport Policy*, vol. 138, pp. 144–169. DOI: 10.1016/j.tranpol.2023.04.020.
- Zinatullina E.Ch., Farrahova G.R., Gantseva E.M. (2017) Otsenka bezopasnosti podzemnykh perekhodov [Safety Assessment of Underground Crossings]. *Nauka, obrazovanie, proizvodstvo v reshenii ekologicheskikh problem (Ekologiya-2017)* [Science, Education, Production in Solving Environmental Problems (Ecology-2017)], vol. 1. Ufa: Ufimsky Gosudarstvenny Aviatsionny Tekhnichesky Universitet, pp. 247–254. (in Russian)