

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ОСТАНОВОЧНЫХ ПУНКТОВ ГОРОДСКОГО ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА

А. В. Михайлов, к.т.н., доцент

ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», г. Макеевка

Аннотация. В данной статье была проанализирована методика НСМ 2000 по расчету пропускной способности остановочного пункта. Произведен расчет и обработка результатов пропускной способности остановочного пункта, в котором выяснилось, что пропускная способность остановочного пункта «ул. Марии Ульяновой», расположенного по проспекту Ильича в городе Донецке ниже, чем интенсивность движения маршрутных транспортных средств. Анализ натурных обследований и расчетов пропускной способности определил необходимость совершенствования эффективности и безопасности остановочных пунктов города Донецка путем развития и улучшения инфраструктуры. Анализ остановочных пунктов показал, что расположенный в среднем до 10 м от остановки светофор образует скопление маршрутных транспортных средств. Водители автобусов высаживают своих пассажиров не в специально отведенном для этого месте, а перед светофором, что снижает безопасность дорожного движения. Доказано, что для работы остановочных пунктов без дополнительных очередей и простоев маршрутных транспортных средств необходимо снижать интенсивность их движения в среднем на 30-40 % в зависимости от пропускной способности.

Ключевые слова: пропускная способность остановочных пунктов, маршрутные транспортные средства, городской пассажирский транспорт.



Михайлов
Александр Владимирович

В жизни любого города России городской пассажирский транспорт (ГПТ) играет, несомненно, большую роль. Современный динамично меняющийся мир предъявляет все больше требований к системе ГПТ, нуждающейся в постоянном совершенствовании для качественной работы, которая является одним из определяющих показателей комфортной жизни населения.

Современные тенденции развития городов, их архитектурных и планировочных решений требуют современных методик расчета, обосновывающих расположение и геометрические параметры основных узлов и участков улично-дорожной сети (УДС) [6]. Особое внимание привлекают участки, ограничивающие пропускную способность транспортных и пешеходных потоков. Среди таких участков наиболее значимыми остаются различного рода пересечения и остановочные пункты ГПТ.

В Транспортной Стратегии РФ до 2030 г. [8] одной из задач развития транспортной системы России является увеличение пропускной способности (ПС) и скоростных параметров транспортной инфраструктуры. Важным её элементом являются остановочные пункты (ОП) автобусного ГПТ, которые влияют на ПС дорог и безопасность дорожного движения. Их месторасположение, состояние и качество функционирования в большой степени определяют удовлетворенность жителей города работой общественного транспорта.

Поэтому повышение эффективности работы городского пассажирского транспорта является актуальной задачей. Одним из направлений совершенствования работы ГПТ является повышение эффективности функционирования остановочных пунктов [10, 11, 12].

Основным показателем работы остановочных пунктов является пропускная способность, которая в значительной степени зависит от времени обслуживания маршрутных транспортных средств (МТС), складывающегося из времени подъезда МТС к ОП, времени, затрачиваемого на высадку и посадку пассажиров, и времени отъезда от ОП.

В этой связи к ОП, их параметрам и обустройству предъявляются серьезные требования, так как недостаточная ПС последних является одним из факторов, способных ограничить провозную способность ГПТ.

В то время как расположение остановок в значительной степени определяет, как автобусы подходят к остановкам и взаимодействуют с транспортным потоком,

физическая конфигурация остановок влияет на то, как пассажиры взаимодействуют с транспортной системой. Остановки общественного транспорта играют важную роль в головоломке городских улиц и могут использоваться не только для обеспечения удобного и доступного общественного транспорта, но и для организации транспортных взаимодействий и управления движением на обочинах.

Улучшение уличных транспортных остановок решает двойную задачу: сделать общественный транспорт более привлекательным и выделить бренд города, одновременно обеспечивая огромные преимущества доступности и производительности. Остановки часто находятся там, где существующие и потенциальные пассажиры впервые взаимодействуют с транспортной службой; остановки предоставляют важную информацию и определяют уровень комфорта и удовлетворенности пассажиров услугами общественного транспорта.

Остановки можно модернизировать с помощью временных проектных мер, но включение высококачественного дизайна и благоустройства остановок в капитальные проекты может увеличить пропускную способность пешеходов и сделать транзитные улицы привлекательным местом в городской среде. Создание простого, разборчивого и приятного интерфейса на транзитной остановке повышает пропускную способность всей системы и может помочь превратить транзит из базовой услуги покрытия в желаемый вариант мобильности.

Автором был проведен эксперимент по оценке пропускной способности остановки в пиковый период весной 2023 года в течение одного часа (с 16:30 – 17:30) на остановочном пункте «ул. Марии Ульяновой» по проспекту Ильича г. Донецка. Эксперимент носит пассивный характер (т.е. провели регистрацию прибытия и убытия ПС).

На рисунке 1 показано месторасположение остановки в структуре города.

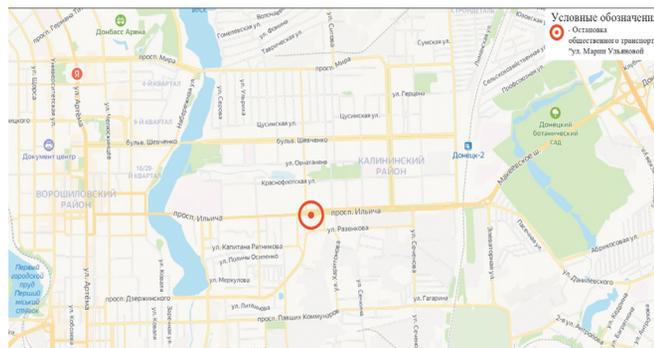


Рис. 1. Схема расположения остановочного пункта в структуре Калининского района г. Донецка

Через рассматриваемую остановку проходит множество маршрутов автобусов средней вместимости и троллейбусов. Номера маршрутов и их интервал движения приведены в таблице 1.

На рисунке 2 представлены направления движения ГПТ к исследуемой остановке по ул. Карпинского (маршруты 111, 24 б), ул. Марии Ульяновой (маршруты 70, 107, 107 д) и проспекту Ильича (включает все остальные маршруты из таблицы 1, в т.ч. троллейбусы).

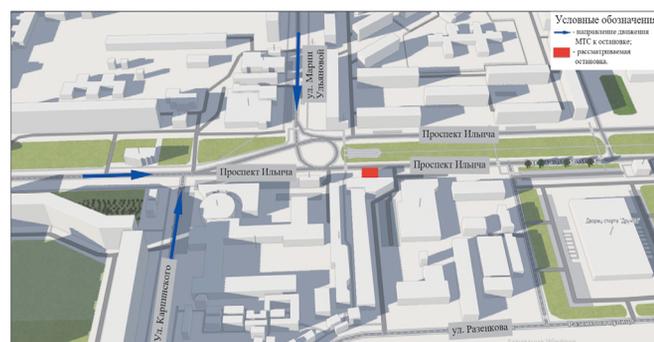


Рис. 2. Направления движения автобусов к исследуемой остановке

Таблица 1.

Перечень маршрутов, которые проходят через остановку «ул. Марии Ульяновой»

№ маршрута	Номер маршрута	Интервал движения, мин.
Автобусы		
4	ДС «Центр» – пр-т. Ильича – пр-т. Мира	9-18
11	ДС «Центр» – пр-т. Ильича – ДС «мкр-н Восточный»	5-10
24	ДС «Крытый рынок» – пр-т. Ильича – АС «Червоногвардейская»	15-30
24-б	ДС «Центр» – пр-т. Дзержинского – пр-т. Ильича – АС «Червоногвардейская»	5-10
28	ДС «Буденновская» – ДС «Крытый рынок»	7-14
46	ДС «ул. Б. Магистральная» – ДС «Крытый рынок»	6-12
46-б	ДС «ул. Б. Магистральная» – ДС «Ж/Д Вокзал»	15-30
70	ДС «ул. Щетинина» – ул. М. Ульяновой – маг. Изумруд – ДС «Ж/Д Вокзал»	8-16
121	АВ «Макеевка» – ДС «Крытый рынок»	10
111	ДС «Плехановская» – АВ «Южный»	15
107д	ДС «Даки» – ДС «Крытый рынок»	30
107	«АС № 2 (ул. Бабарина)» – ДС «Крытый рынок»	30
102	АС Червоногвардейская – ул. Марии Ульяновой	30
Троллейбусы		
7	Ул. Горького – к-тр Космос	7-20
11	Ул. Горького – мкр-н Восточный	6-22
Интенсивность маршрутных транспортных средств равна $N_{MTC} = 62$ ед/ч		

Остановочный пункт представляет собой здание с помещениями для частных предпринимателей. В здании имеется ларёк для сигарет, продуктовый магазин и пекарня «Грузинский лаваш». Остановка расположена рядом с городским рынком ДП «Рынок Республиканский» № 2/2, что является местом притяжения различных групп населения.

Автором был проведен опрос жителей города вблизи остановочного пункта. Было опрошено 150 респондентов. По результатам опроса было определено среднее время, затраченное на ожидание общественного транспорта по видам (рисунок 3).

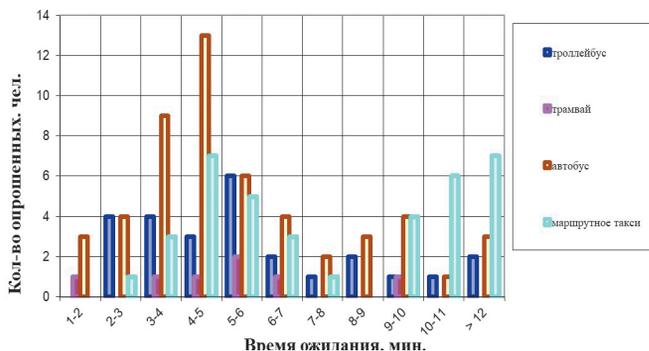


Рис. 3. Время ожидания общественного транспорта, мин

Из рисунка 3 видно, что среднее время ожидания общественного транспорта, затрачиваемое для большинства опрошенных, составляет в пределах от 4 до 6 мин.

Несмотря на хорошие показатели времени ожидания транспорта по результатам опроса, на остановочном пункте имеются значительные нарушения с посадкой и высадкой пассажиров. На рисунке 4 показана фотофиксация остановочного пункта во время осуществления посадки и высадки пассажиров.



Рис. 4. Осуществление посадки и высадки пассажиров на остановке «ул. Марии Ульяновой»

Представим и проанализируем фотографии из рисунка 4 в виде схемы, представленной на рисунке 5.

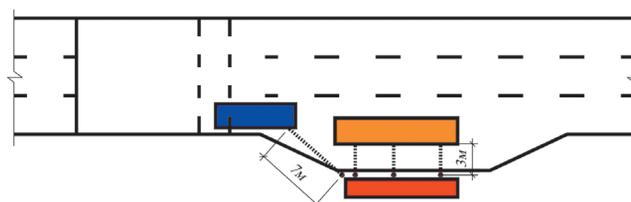


Рис. 5. Схема остановки маршрутных транспортных средств в «час пик»

Из схемы рисунка 5 видно, что организация движения маршрутных транспортных средств не скоординирована, поэтому на данной остановке частое явление – скопление автобусов, а высадка и посадка пассажиров (3-4 в ряду автобус), происходит не в самом кармане. Из-за такой ситуации посадка для некоторых пассажиров смещается до 15 м, что образует хаотичное движение ожидающих пассажиров на остановке. Им приходится выходить из укрытия остановки и стоять в ожидании транспорта вблизи наземного перехода. Довольно часто водители идут на нарушение ПДД и останавливаются в неподходящем месте, перекрывая пешеходный переход (см. рисунок 5).

Данная остановка также является конечной для маршрута 102 (см. таблицу 1). Интервал между рейсами до 30 мин., но из-за того что время простоя автобуса на остановке составляет до 10 мин., при этом занимает часть кармана, происходит дополнительный затор на данной полосе в данный период. Вследствие этого водители других ТС заезжают не полностью в карман, чтобы уменьшить время на маневр при выезде.

Через данную остановку кроме автобусов проезжают и троллейбусы. По наблюдениям автора водители троллейбусов не нарушают правил ПДД и стараются заехать в карман, но иногда также стараются остановиться частично на полосе (рисунок 6) из-за возможного впереди стоящего маршрута.



Условные обозначения

- - остановка общественного транспорта;
- - троллейбус;
- - автобус (Богдан);
- - пассажир на остановке;
- ⋯ - движение пассажира к ППТ.

Рис. 6. Схема остановки троллейбуса и движущегося за ним автобуса

На рисунке 6 показаны расстояния, которое преодолевает пассажир от места ожидания на остановке до ГПТ. Так как рассматриваемая остановка расположена возле рынка и посещают его также пожилые люди, то можно говорить о том, что посадка пассажиров в ГПТ для такой группы населения совершенно не приспособлена. Маломобильной группе населения приходится опускаться с уровня остановки на уровень дороги (15 см) и пройти до места посадки несколько метров. Высота первой ступеньки от уровня дороги может достигать до 30 см. Все перечисленные факторы увеличивают время посадки пассажиров и время простоя ГПТ на остановке.

При составлении рекомендаций по улучшению транспортной ситуации в данном районе автором также предлагается проанализировать близлежащие остановки (рисунок 7).

Из рисунка 7 видно, что остановки, непосредственно располагаемые на ул. Марии Ульяновой (1) и остановка на ул. Карпинского (2), не имеют карманов для заезда автобусов, при одной полосе движения, что затрудняет процесс маневрирования и создает зону конфликтных точек. Остановка по ул. Карпинского (см. рисунок 7-2) вообще ничем не оборудована, кроме установленного знака автобусной остановки. При реконструкции остановки на проспекте Ильича необходимо также провести качественные изменения на близлежащих остановках.

На основании исследований в Нижнем Новгороде, проведенных А. В. Липенковым, были выявлены однотипные факторы, предположительно влияющие на время простоя в ожидании МТС на остановочных пунктах [5].

Автором предлагается провести анализ пропускной способности остановочного пункта с помощью методики Highway Capacity Manual 2000 [9], которая позволит дать полную картину уровня обслуживания рассматриваемого объекта.



Рис. 7. Схема расположения остановок вблизи рассматриваемой остановки

Пропускную способность при прочих равных условиях определяет сумма времени освобождения ОП и времени обслуживания пассажиров, т.е. время нахождения ТС на ОП. Время освобождения зависит от класса ТС и интенсивности движения на крайней правой полосе. На время обслуживания влияют пассажирооборот и интенсивность движения ГПТ, которые характеризуют удельный пассажирооборот ОП.

Согласно исследованиям, проведенным по проспекту Ильича в г. Донецке на остановке «ул. Марии Ульяновой», удалось собрать статистические данные, которые приведены в таблице 2.

Таблица 2.

Данные натурных обследований

№ п/п	Обозначение показателя	Расшифровка показателя	Значение
1	N	Интенсивность общего потока на крайней правой полосе, ед./ч	375
2	Q	Номинальная вместимость транспортного средства, пасс.	50
3	g	Длительность горения зеленого сигнала для движения, с;	60
4	c	Длительность цикла регулирования, с;	123
5	P	Общий пассажирооборот остановочного пункта, пасс/ч (сумма входящих и выходящих потоков)	780
6	N _{ГПТ}	Интенсивность городского пассажирского транспорта, ед./ч	62

При обследовании на рассматриваемой остановке были зафиксированы 2 лавочки под навесом и 2 лавочки вне навеса. Суммарная вместимость 10 чел. Проанализировав данные посадочные места, выявили, что в основном пользуются лавочками под навесом. Среднее число занятых мест 5.

Расчет пропускной способности остановочного пункта предлагается проводить по формуле [9]:

$$B_S = N_{eb} \cdot B_{bb} = N_{eb} \cdot \frac{3600 \cdot (g/c)}{t_c + \left(\frac{g}{c}\right) \cdot t_d + z_a \cdot c_v \cdot t_d}$$

где B_S – пропускная способность остановочного пункта, ед./ч;

B_{bb} – максимальное количество автобусов на машино-место в час, ед./ч;

N_{eb} – эффективное число мест на остановочном пункте;

g – длительность горения зеленого сигнала для движения, с;

c – длительность цикла регулирования, с;

t_c – время освобождения (выезда из) остановочного пункта, с;

z_a – коэффициент, учитывающий возможность отказа автобусу в обслуживании;

t_d – время обслуживания пассажиров на остановочном пункте, с;

c_v – коэффициент вариации времени обслуживания пассажиров на остановочном пункте.

В соответствии с данными исследований [1, 2] принимаем значение N_{eb} для остановки с карманом, которое составит $N_{eb} = 0,50$.

Рассчитаем время, затрачиваемое на убытие с ОП по формуле:

$$t_c = 0,003 \cdot N + 0,056 \cdot Q + 6,53 \cdot i = 0,003 \cdot 375 + 0,056 \cdot 50 + 6,53 \cdot 0,452 = 6,88 \text{ с}$$

где N – интенсивность общего потока на крайней правой полосе, ед./ч;

Q – номинальная вместимость транспортного средства, пасс.;

i – фактор, учитывающий факт совершения или не совершения маневра по обгону впереди стоящего транспортного средства. По данным исследований [3] принимаем $i = 0,452$.

Для определения времени обслуживания пассажиров на ОП необходимо рассчитать удельный пассажирооборот проходящего через него по формуле:

$$p = \frac{P}{N_{ПГТ}} = \frac{780}{62} = 13 \text{ пасс/ед.},$$

где p – среднее число выходящих и входящих пассажиров на одно транспортное средство – удельный пассажирооборот, пасс/ед.;

$N_{ПГТ}$ – интенсивность городского пассажирского транспорта, ед./ч;

P – общий пассажирооборот остановочного пункта, пасс/ч.

Применим уравнение регрессии для средних по размеру транспортных средств с двумя дверьми, тогда время обслуживания пассажиров на остановочном пункте составит:

$$t_d = B_0 + B_1 \cdot X_1 = 8,84 + 2,2 \cdot p = 8,84 + 2,2 \cdot 13 = 37,44 \text{ с},$$

Рассматриваемая остановка расположена в центральной зоне города возле места тяготения, тогда по источнику [9] принимаем вероятность отказа в пределах 10 %, тогда коэффициент, учитывающий возможность отказа автобусу в обслуживании, по таблице 3.4 принимаем равным $z_a = 1,28$.

Коэффициент вариации времени обслуживания пассажиров принимаем равным $c_v = 0,54$.

Получив все необходимые значения можно перейти к расчету пропускной способности остановочного пункта по формуле 1:

$$B_S = 0,5 \cdot \frac{3600 \cdot \left(\frac{60}{123}\right)}{6,88 + \left(\frac{60}{123}\right) \cdot 37,44 + 1,28 \cdot 0,54 \cdot 37,44} = 17,2 \approx 18 \text{ ед./ч}$$

Все результаты расчета пропускной способности остановочного пункта «ул. Марии Ульяновой» методом НСМ 2000 представлены в таблице 3.

Таблица 3.

Расчет пропускной способности остановочного пункта «ул. Марии Ульяновой» (г. Донецк, проспект Ильича) методом НСМ 2000 [9].

Параметр	Значение	Ед. изм.
B_S	18	ед./ч
N_{eb}	50	%
t_c	6,88	сек.
t_d	37,44	сек.
z_a	1,28	-

Проведем анализ условия по сравнению результатов ПС по выбранной методике с интенсивностью движения МТС по формуле:

$$B_S > N_{МТС} \\ 18 < 62$$

В данном случае ПС остановочного пункта «ул. Марии Ульяновой» ниже, чем интенсивность движения МТС, что не соответствует требованиям.

Исходя из результатов можно сделать вывод о том, что пропускная способность данного ОП не соответствует настоящему уровню загрузки улично-дорожной сети.

На основании анализа результатов обследования и полученных параметров автором предлагаются рекомендации по улучшению и повышению эффективности ОП на данном транспортном узле (рисунок 8).

Для решения проблем на данном участке дороги предлагаются такие меры по улучшению дорожной ситуации:

1. Создание отдельной полосы движения для городского общественного транспорта по проспекту Ильича.

2. Замена существующей остановки на компактную остановку, обеспечив визуальное расширение пространства. Обеспечить частных предпринимателей помещениями в соседнем здании рынка. В соответствии с требованиями стандарта комплексного развития территорий [4] предлагается создание из светопрозрачных конструкций остановки для общественного транспорта (см. рисунок 9).

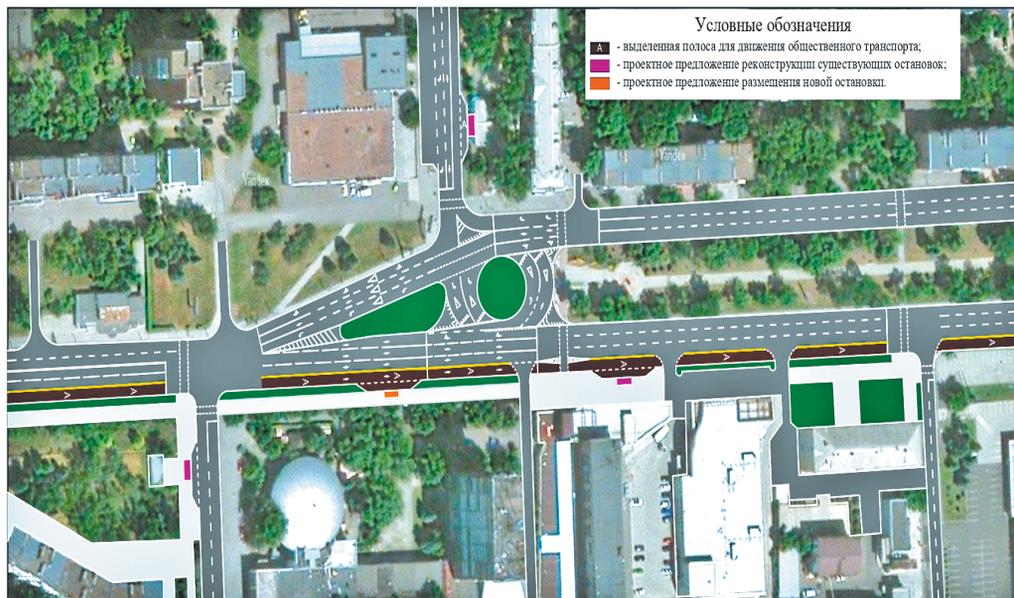


Рис. 8. Проектное предложение повышения пропускной способности остановочных пунктов



Рис. 9. Остановочный павильон

ОСТАНОВОЧНЫЙ ПАВИЛЬОН

Каркасная конструкция с заполнением светопрозрачными материалами.

Применение: улицы, площади

Геометрические параметры:

Площадь, м ²	Высота, мм
≤ 12	3 500

Материал: каркас — сталь (горячего/холодного цинкования, порошковое покрытие), заполнение — стекло, сиденье — древесина (лиственница)

Технические характеристики:

Долговечность, годы: от 10

Климат



(5)

3. Разнесение остановочных пунктов. Предлагается организовать вторую остановку на территории нефункционирующей парковки ресторана «Дом Синоптиков».

4. Применение операции skip-stop (организация движения, при которой два маршрута следуют по одному пути, но один из них проходит без остановки на одних ОП, а другой на других — время в пути, по сравнению с обычным маршрутом со всеми остановками, меньше).

5. Внедрение остановочных карманов, чтобы посадка-высадка осуществлялась вне линии (так же предотвращение осуществления посадки-высадки во втором ряду).

6. Для улучшения общей ситуации рекомендуется организация карманов на остановках улиц Карпинского и Марии Ульяновой.

7. При оптимизации систем транспортного обслуживания городских агломераций рекомендуется рассмотрение вопроса о внедрении интероперабельной системы оплаты проезда на пассажирском транспорте.

При оптимизации систем транспортного обслуживания г. Донецка в качестве ключевого мероприятия рекомендуется рассматривать создание и функционирование Единого центра [7].

Таким образом, пропускная способность линий городского пассажирского транспорта г. Донецка во многом ограничивается пропускной способностью остановочных пунктов, на которую существенное влияние оказывают параметры случайных процессов поступления транспортных средств и времени посадки (высадки) пассажиров.

Органы городского транспортного планирования могли бы извлечь большую пользу из стратегий и политики, реализуемых в других странах мира, поскольку на основе результатов они могли бы определить наилучшую практику и адаптировать ее к потребностям своего города. Однако в настоящее время каждый город стремится быть автономным и действовать в ответ на собственное политическое давление, что очень затрудняет построение картины того, как транспортная политика используется для предоставления решений, масштабов развертывания и сравнительной эффективности этого развертывания. В нескольких случаях города просто следуют практике, сложившейся в стране, в которой они находятся, не задумываясь о том, подходит ли эта практика для их собственных конкретных потребностей, и поэтому часто сталкиваются с неудовлетворительными результатами. Разработка общей системы оценки может помочь в преодолении этой проблемы.

Список литературы

1. Гудков, В. А. *Пассажи́рские автомоби́льные перево́зки : учебник для вузов / В. А. Гудков, Л. Б. Миротин, А. В. Вельможин, А. С. Ширяев // Под ред. Гудкова В. А. – М.: Горячая линия – Телеком, 2004. – 448 с.: ил.*
2. Ефремов, И. С. *Теория городских пассажирских перевозок: Учеб. пособие для вузов. / И. С. Ефремов, В. М. Кобозев, В. А. Юдин – М.: Высш. Школа, 1980. – 535 с. ил.*
3. Зеденизов, А. В. *Повышение эффективности дорожного движения на остановочных пунктах городского пассажирского транспорта: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Зеденизов Антон Викторович. – Иркутск, 2008 – 20 с.*
4. *Каталог элементов и узлов открытых пространств. Стандарт комплексного развития территорий. По заказу Фонда единого института развития в жилищной сфере. Strelka КБ. Редакция от 18 марта 2019 г – 444 с.*
5. Липенков, А. В. *Повышение эффективности функционирования городского пассажирского транспорта на основе управления пропускной способностью остановочных пунктов: дис.. канд. техн. наук: 05.22.10 / Липенков Александр Владимирович – Нижний Новгород, ФГБОУ ВПО НГТУ им. Р.Е. Алексеева, 2015. – 154 с.*
6. Лобанов, Е. М. *Транспортная планировка городов. – М.: Транспорт, 1990. – 240 с.*
7. *Приказ от 30 декабря 2021 г. N 482 Об утверждении методических рекомендаций по оптимизации систем транспортного обслуживания городских агломераций, а также внедрению цифровых технологий оплаты проезда и мониторинга транспортного обслуживания населения. Министерство транспорта Российской Федерации – 15с.*
8. *Транспортная стратегия РФ на период до 2030 года. Утверждена распоряжением Правительства РФ от 22.11.2008 № 1734-р. Минтранс РФ, 2008. – Режим доступа: <http://rosavtodor.ru/information.php?id=198> (дата обращения 20.08.2023)*
9. *Highway Capacity Manual 2000. – Transportation Research Board, National Research Council. – Washington, D.C., USA, 2000, – 1134 p.*
10. *National Association of City Transportation Officials – Режим доступа: <https://nacto.org/publication/urban-street-design-guide/streets/street-design-principles/phases-of-transformation/> (дата обращения 16.08.2023).*
11. *Part 38–Accessibility Specifications for Transportation Vehicles. ADA Accessibility Specifications. Federal Transit Administration, Washington, DC: 2007 – Режим доступа: <https://www.govinfo.gov/content/pkg/CFR-2011-title49-vol1/pdf/CFR-2011-title49-vol1-part38.pdf> (дата обращения 01.08.2023).*
12. *SEPTA Bus Stop Design Guidelines. Delaware Valley Regional Planning Commission, Philadelphia (2012) – Режим доступа: https://nacto.org/wp-content/uploads/2016/05/1-7_SEPTA-DVRPC-Bus-Stop-Design-Guidelines_2012.pdf (дата обращения 15.08.2023).*