

## О СНИЖЕНИИ ЗАДЕРЖЕК ТРАНСПОРТА В ЗОНЕ ПЕШЕХОДНЫХ ПЕРЕХОДОВ (НА ПРИМЕРЕ г. ОРЕНБУРГА)

В статье приведены результаты исследования характера движения и задержек транспорта в зоне наземных пешеходных переходов г. Оренбурга. Выявленные особенности свидетельствуют о том, что расположение пешеходного перехода относительно объектов улично-дорожной сети непосредственно влияет на величину транспортных задержек. Сделан вывод, что выбор организационно-технических мероприятий с учетом расположения пешеходных переходов поможет разгрузить улично-дорожную сеть города и повысить безопасность дорожного движения.

**Ключевые слова:** пешеходный переход, транспортная задержка, организационно-технические мероприятия.

Наземный пешеходный переход – важнейший элемент улично-дорожной сети, являющийся местом сосредоточения конфликтных ситуаций, дорожно-транспортных происшествий (ДТП) и транспортных задержек.

Транспортные задержки способствуют психофизиологическому утомлению водителей, что приводит к возрастанию количества конфликтных ситуаций и ДТП. Следовательно, снижение задержек в зоне пешеходных переходов поможет разгрузить улично-дорожную сеть города и повысить безопасность дорожного движения.

В нашей стране исследования пешеходных переходов проводились в 70-х годах прошлого века [1, 6]. С тех пор резко увеличилось количество личного автотранспорта, произошли изменения в характере движения транспорта и распределении пешеходных переходов на улично-дорожной сети города. Например, в городе Оренбурге за последние 10 лет появилось около 100 новых переходов [5], причем большинство из них расположены в районе остановочных пунктов и перекрестков.

Для выявления факторов, оказывающих влияние на транспортные задержки, было проведено обследование 450 пешеходных переходов г. Оренбурга в период с сентября 2010 по апрель 2011 года.

Исследование проводилось по трем направлениям:

- 1) определение взаимного расположения пешеходных переходов и объектов улично-дорожной сети;
- 2) изучение характера движения транспорта в зоне пешеходных переходов;
- 3) количественное определение транспортных задержек.

Для выполнения первой задачи исследования проведено натурное обследование, в рамках которого определялось:

- 1) расстояние до ближайшего перекрестка; тип перекрестка (регулируемый, нерегулируемый); расположение перехода на главной или второстепенной улице;
- 2) расстояние до остановочного пункта; взаимное расположение остановочных пунктов; наличие заездного кармана;
- 3) ширина проезжей части; наличие выделенной полосы для маршрутных транспортных средств (МТС) в попутном и встречном направлении.

При выполнении второй и третьей задач исследования производилась видеосъемка пешеходных переходов на цифровую камеру. Полученные данные обрабатывались по методике [2, 4], в результате чего была получена следующая информация:

- 1) интенсивность движения транспорта, пешеходов и МТС в разное время суток;
- 2) скорость транспортных средств и пешеходов;
- 3) задержки транспорта и пешеходов.

Кроме того, просмотр данных видеонаблюдения позволил установить причины образования очередей транспортных средств в зоне пешеходных переходов. Они распределяются следующим образом: в 41% случаев из-за высокой загрузки дороги движением (особенно в часы пик); 25% – работы светофорной сигнализации; 19% – близости перекрестков и 15% – близости остановочных пунктов.

В статье предметом исследования выбрано влияние близости остановочных пунктов и перекрестков, поскольку чрезвычайно сложно по-

влиять на величину интенсивности движения транспорта и размещение светофорных объектов на улично-дорожной сети.

Распределение пешеходных переходов г. Оренбурга по расстоянию до ближайшего перекрестка выглядит следующим образом: в зоне перекрестка (участок, включающий перекресток и примыкающую пятнадцатиметровую зону, в которой по Правилам дорожного движения запрещена остановка транспортных средств) расположены 45% общего количества пешеходных переходов; на расстоянии менее 200 м до ближайшего перекрестка – 30% пешеходных переходов; остальные 25% переходов – на расстоянии более 200 м до перекрестка.

На основании этого было выделено три варианта расположения наземного пешеходного перехода относительно перекрестка: а) на перегоне улицы (дороги); б) в зоне перекрестка; в) в зоне влияния перекрестка.

При расположении наземного пешеходного перехода на перегоне улицы (рисунок 1, поз. Г) очередь автомобилей, формирующаяся на подходе к перекрестку, может оказывать влияние на зону пешеходного перехода только в случае возникновения каких-либо нарушений нормальной работы перекрестка (проведения дорожных работ, возникновения ДТП, неисправности светофора и т.д.), то есть влиянием перекрестка на пешеходный переход в этом случае можно пренебречь.

Транспортная задержка  $\Delta t$  в этом случае описывается следующими зависимостями:

а) на нерегулируемом переходе:

$$\Delta t_1 = f\left(N_m, N_n, v_m, \frac{B_n}{v_n}\right) \quad (1)$$

где  $N_m, N_n$  – интенсивность движения транспорта и пешеходов соответственно, ед/ч (чел/ч);

$v_m, v_n$  – скорость движения транспорта и пешеходов соответственно, м/с;

$B_n$  – ширина проезжей части, м;

б) на регулируемом переходе:

$$\Delta t_2 = f(N_m, g), \quad (2)$$

где  $g$  – доля горения разрешающего сигнала светофора.

Практически можно считать наземный пешеходный переход расположенным на перегоне, если расстояние до ближайшего перекрестка составляет более 200 м. На наиболее загруженных перекрестках длина очереди автомобилей в часы пик может превышать указанное расстояние (например, 600 м на перекрестке улицы Шевченко и проспекта Победы), но таких перекрестков в городе Оренбурге немного, поэтому примем данное значение за основу.

При расположении наземного пешеходного перехода в зоне влияния перекрестка (рисунок 1, поз. В), напротив, очередь автомобилей на подходе к перекрестку оказывает существенное влияние на задержки транспорта в зоне пе-

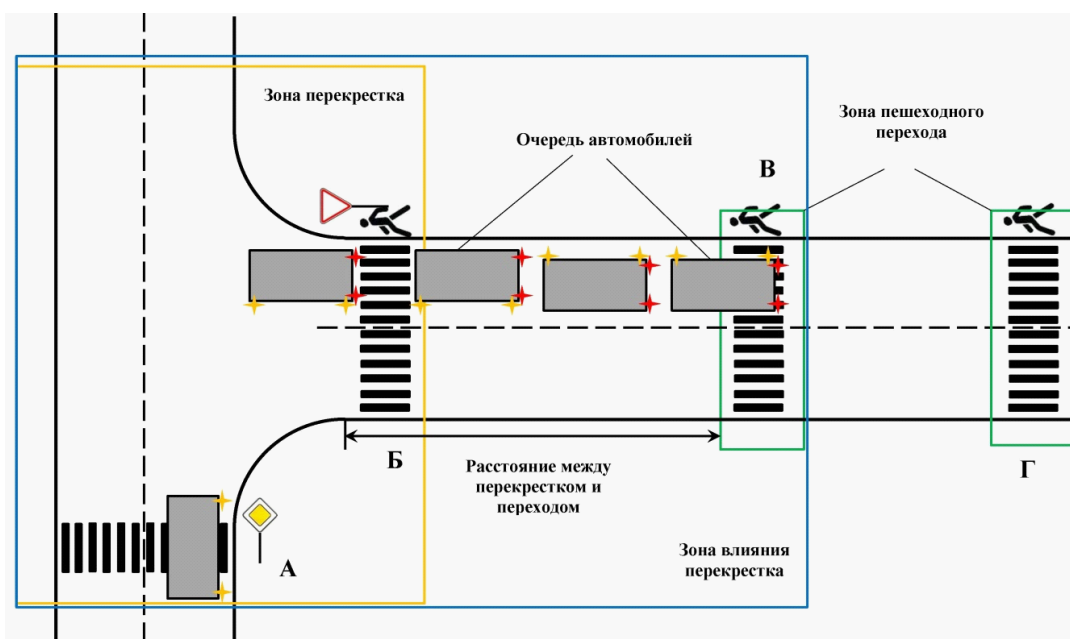


Рисунок 1. Расположение пешеходного перехода относительно перекрестка

пешеходного перехода. В этом случае суммарные задержки будут складываться из задержек, вызванных необходимостью пропуска пешеходов, и задержек, вызванных очередью автомобилей. Причем вторая составляющая, особенно в часы пик, может быть значительно больше первой.

Транспортная задержка  $\Delta t$  в этом случае описывается следующими зависимостями:

а) на нерегулируемом переходе со стороны второстепенной дороги:

$$\Delta t_3 = f(\Delta t_p, N_{zl}, N_{gm}), \quad (3)$$

где  $N_{gm}$ ,  $N_{zl}$  – интенсивность движения транспорта по второстепенной и главной дороге соответственно, ед/ч;

б) на нерегулируемом переходе в зоне влияния регулируемого перекрестка:

$$\Delta t_4 = f(\Delta t_p, \Delta t_2); \quad (4)$$

в) на регулируемом переходе со стороны второстепенной дороги:

$$\Delta t_5 = f(\Delta t_2, N_{zl}, N_{gm}), \quad (5)$$

г) на регулируемом переходе в зоне влияния регулируемого перекрестка:

$$\Delta t_6 = \cup f(N_m, g_1) + f(N_m, g_2), \quad (6)$$

где  $g_1, g_2$  – доля горения разрешающего сигнала светофора на пешеходном переходе и перекрестке соответственно.

При расположении наземного пешеходного перехода в зоне перекрестка (рисунок 1, поз. А и Б) транспортные задержки возникают по причине необходимости пропуска пешеходов и автомобилей, движущихся по главной дороге (либо являющихся помехой справа). При большой интенсивности движения пешеходов и автомобилей, совершающих правый или левый поворот в одной фазе, необходимость уступить дорогу пешеходам существенно увеличивает задержку.

Транспортная задержка  $\Delta t$  в этом случае описывается следующими зависимостями:

а) на переходе в зоне нерегулируемого перекрестка:

$$\Delta t_7 = f(N_{zl}, N_{gm}, N_n); \quad (7)$$

б) на переходе в зоне регулируемого перекрестка:

$$\Delta t_8 = f(N_m, N_n, g). \quad (8)$$

Согласно [7], зона влияния наземного пешеходного перехода распространяется на 50 м в каждую сторону. Следовательно, при попадании в эту зону остановочного пункта происходит увеличение транспортных задержек, обусловленное влиянием маршрутных транспортных средств, остановившихся для посадки/вы-

садки пассажиров, на остальной транспортный поток.

Однако не всегда это влияние оказывается значительным. Будем считать, что влияние остановочного пункта на задержки в зоне пешеходного перехода незначительно, если их величина увеличивается не более чем на 25% по сравнению с изолированным пешеходным переходом (то есть таким, влиянием на который со стороны других объектов улично-дорожной сети (переходов, перекрестков, остановочных пунктов и т.д.) можно пренебречь). Если задержки в зоне пешеходного перехода увеличиваются на 25–50%, то остановочный пункт оказывает влияние на переход. Наконец, влияние становится сильным, если задержки возрастают более чем на 50% по сравнению с изолированным пешеходным переходом.

Распределение пешеходных переходов г. Оренбурга по степени влияния на них остановочных пунктов выглядит следующим образом: 53% переходов расположено на расстоянии более 50 м от остановочных пунктов, на 20% переходов влияние остановочных пунктов незначительно и, наконец, на 27% переходов остановочные пункты оказывают влияние, причем на 9% – сильное.

Влияние остановочного пункта на наземный пешеходный переход незначительно в следующих случаях: а) остановочный пункт имеет заездной карман, ширина которого достаточна для размещения маршрутного транспортного средства (рисунок 2, поз. А); б) проезжая часть имеет три и более полосы движения в одном направлении; в) интенсивность движения транспорта и МТС невелика (менее 1000 и 120 ед/час соответственно).

Остановочный пункт начинает оказывать влияние на задержки транспорта в зоне пешеходного перехода, если: а) отсутствует заездной карман и ширина проезжей части составляет две и менее полосы движения в одном направлении (рисунок 2, поз. Б); б) высока интенсивность движения транспорта и МТС.

Транспортная задержка  $\Delta t$  в этом случае описывается следующими зависимостями:

а) на нерегулируемом переходе:

$$\Delta t_9 = f(\Delta t_p, N_{MTC}, B_n), \quad (9)$$

где  $N_{MTC}$  – интенсивность движения маршрутных транспортных средств, ед/ч;

$B_n$  – ширина участка проезжей части, пригодного для объезда остановившихся МТС;

б) на регулируемом переходе:

$$\Delta t_{10} = f(\Delta t_2, N_{МТС}, B_n), \quad (10)$$

Влияние остановочного пункта на наземный пешеходный переход усиливается в том случае, когда: а) на пешеходном переходе организовано светофорное регулирование (рисунок 3, поз. А); б) ширина проезжей части составляет не более одной полосы движения в одну сторону (рисунок 3, поз. Б); в) остановочный пункт располагается на полосе встречного движения МТС; г) остановочные пункты размещены друг напротив друга и т.д.

Итак, нами было выяснено, что расположение пешеходного перехода поблизости от остановочного пункта и перекрестка оказывает влияние

на возникающие транспортные задержки. Очевидно, что совместное действие этих факторов в еще большей степени скажется на задержках.

Распределение пешеходных переходов г. Оренбурга по степени влияния на них остановочных пунктов и перекрестков выглядит следующим образом: 18% переходов расположено на удалении от остановочных пунктов и перекрестков, 49% переходов подвержены влиянию перекрестков, 22% переходов подвержены влиянию остановочных пунктов и, наконец, на 11% переходов оказывают влияние как перекрестки, так и остановочные пункты.

Транспортная задержка  $\Delta t$  в этом случае описывается следующими зависимостями:

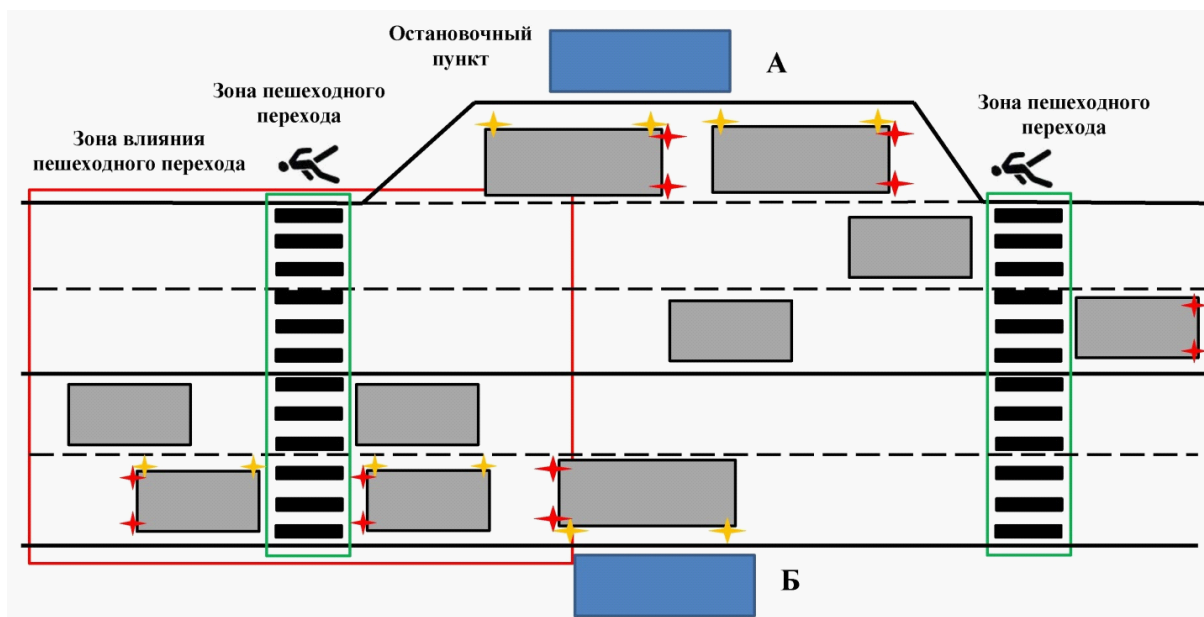


Рисунок 2. Расположение пешеходного перехода относительно остановочного пункта

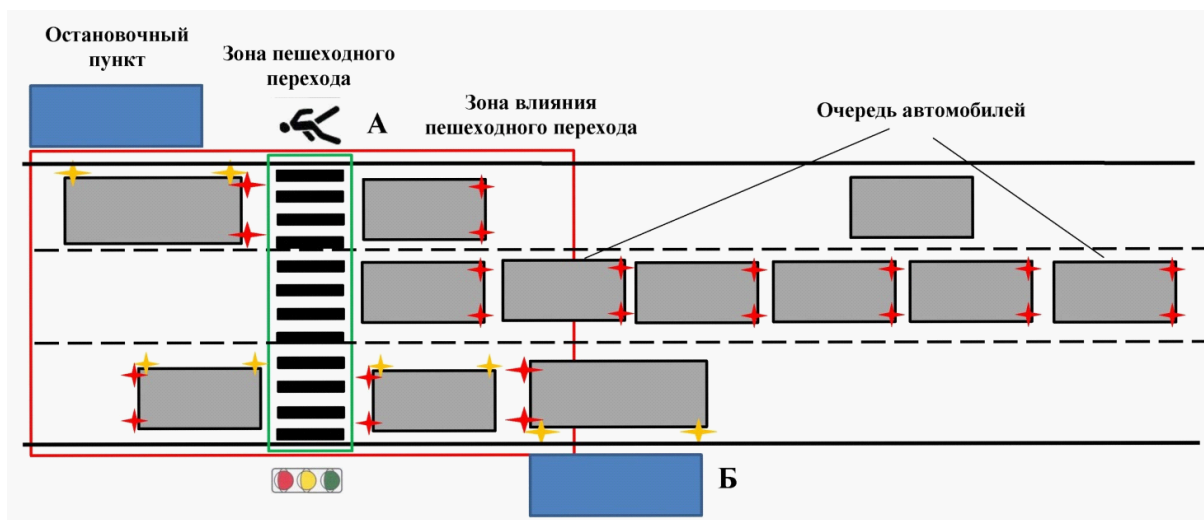


Рисунок 3. Сильное влияние остановочного пункта на зону пешеходного перехода

Таблица 2. Организационно-технические мероприятия по снижению транспортных задержек

Организационно-технические мероприятия	Расположение наземного пешеходного перехода		
	В зоне перекрестка	В зоне влияния перекрестка	В зоне остановочного пункта
Перемещение пешеходного перехода	+	+	+
Перемещение остановочного пункта	-	-	+
Организация заездного кармана	-	-	+
Организация внеуличного перехода	+	+	+
Организация светофорного регулирования	+	+	+
Введение выделенной пешеходной фазы	+	-	-
Ликвидация светофорного регулирования	+/-	+/-	+/-
Организация координированного светофорного регулирования	+/-	+	-
Изменение длительности светофорного цикла	+/-	+	+

Примечание: «+/-» означает «возможность/невозможность» проведения указанных мероприятий.

а) на нерегулируемом переходе в зоне остановки со стороны второстепенной дороги:

$$\Delta t_{11} = f(\Delta t_9, N_{2л}, N_{6м}); \quad (11)$$

б) на нерегулируемом переходе в зоне остановки вблизи регулируемого перекрестка:

$$\Delta t_{12} = f(\Delta t_9, \Delta t_2); \quad (12)$$

в) на регулируемом переходе в зоне остановки со стороны второстепенной дороги:

$$\Delta t_{13} = f(\Delta t_{10}, N_{2л}, N_{6м}); \quad (13)$$

г) на регулируемом переходе в зоне остановки вблизи регулируемого перекрестка:

$$\Delta t_{14} = f(\Delta t_{10}, g_2). \quad (14)$$

Таким образом, модель транспортных задержек на пешеходном переходе можно представить в виде:

$$\Delta t = f \left\{ \begin{array}{l} N_{п} \\ N_{т} \\ v_{т \rightarrow \max} \\ v_{п} \\ g \rightarrow \max \\ B_{п \rightarrow \max} \\ N_{МТС} \end{array} \right\} \rightarrow \min \quad (15)$$

Условие  $\Delta t \rightarrow \min$  выполнимо при  $v_{т \rightarrow \max}$ ,  $g \rightarrow \max$ ,  $B_{п \rightarrow \max}$ , поскольку изменение остальных входящих факторов  $N_{п}, N_{т}, N_{МТС}, v_{п}$  на практике неосуществимо.

В дальнейшем предполагается уточнение числовых значений коэффициентов, связывающих перечисленные факторы между собой.

Для снижения величины транспортных задержек в зоне пешеходных переходов следует проводить организационно-технические ме-

роприятия [3], дифференциация которых по относительному расположению предложена в таблице 2.

Одни мероприятия воздействуют на конкретные факторы, входящие в модель (например «изменение длительности светофорного цикла» увеличивает  $g$ , а «организация заездного кармана» –  $B_{п}$ ). Другие ставят задачей изменение совокупности входящих факторов, например «организация светофорного регулирования» заменяет  $v_{п}$  на  $g$ . Третьи имеют целью устранение наиболее значимых факторов, например «перемещение пешеходного перехода».

**Выводы:**

1. В результате проведения обследования пешеходных переходов было выявлено, что в 34% случаев увеличение транспортных задержек вызвано близостью перехода к перекрестку или остановочному пункту. Учет подобной близости в методике расчета транспортных задержек позволит выявить места концентрации задержек и наметить пути их устранения.

2. Составлены функциональные зависимости транспортной задержки от факторов, имеющих влияние на пешеходных переходах вблизи перекрестков и остановочных пунктов, и разработана модель транспортной задержки, применимая к любому наземному пешеходному переходу.

3. Предложен перечень организационно-технических мероприятий, применимых при различном расположении пешеходных перехо-



дов, которые способствуют снижению транспортных задержек.

Определение эффективности организационно-технических мероприятий в каждом кон-

кретном случае и их внедрение приведет к снижению транспортных задержек и повышению безопасности дорожного движения в зоне наземных пешеходных переходов.

10.05.2011

**Список литературы:**

1. Буга, П.Г. Организация пешеходного движения в городах: учеб. пособие для вузов / П.Г. Буга, Ю.Д. Шелков. – М.: Высш. школа, 1980. – 232 с.
2. Зедгенизов, А.В. Видеонаблюдение как способ получения экспериментальных данных при расчете пропускной возможности остановочных пунктов городского пассажирского транспорта // Вместе к эффективному дорожному движению!: сб. науч. ст. междунауч.-практ. конф. – Минск: БНТУ, 2008. – С. 13-18.
3. Климовштейн, Г. И. Организация дорожного движения: учеб. для вузов / Г.И. Климовштейн, М.Б. Афанасьев. – М.: Транспорт, 1997. – 231 с.
4. Слободчикова, Н.А. Совершенствование организации дорожного движения на основе применения пешеходных вызывных устройств: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.10 / Н.А. Слободчикова. – Иркутск, 2010. – 174 с.
5. Пузаков, А.В. Обоснование назначения категорий пешеходных переходов // Вместе к эффективному дорожному движению!: сб. науч. ст. междунауч.-практ. конф. – Минск: БНТУ, 2008. – С. 47-51.
6. Кисляков, В.М. Математическое моделирование и оценка условий движения автомобилей и пешеходов / В.М. Кисляков, В.В. Филиппов, И.А. Школяренко. – М.: Транспорт, 1979. – 200 с.
7. Методические рекомендации по регулированию пешеходного движения. – М., ВНИИ БДД МВД СССР, 1977. – 55 с.

**Сведения об авторах:**

**Пузаков Андрей Владимирович**, старший преподаватель кафедры технической эксплуатации и ремонта автомобилей транспортного факультета Оренбургского государственного университета,  
e-mail: And-rew78@yandex.ru

460018, г. Оренбург, пр-т Победы, 13, тел.: (3532) 75-77-71; 75-41-82

**UDC 656.05 (07)****Puzakov A.V., Gorbachev S.V.**

Orenburg state university, e-mail: And-rew78@yandex.ru, Avtog@pochta.ru

**ON REDUCTION OF DELAYS TO TRANSPORT IN THE AREA OF PEDESTRIAN CROSSINGS (FOR EXAMPLE, ORENBURG)**

The article describes the results of the study on the nature of the traffic and transport delays in land area for pedestrian crossings in Orenburg. The authors identified characteristics indicating that the location of a pedestrian crossing on the highway-road network objects directly affects the amount of traffic delays. The authors concluded that the choice of organizational-technical actions, taking into account the location of the pedestrian crossings will help decongest the highway-road network of the city and to improve road safety.

Key words: crosswalk, transport delay, organizational and technical methods