

**КОМПЛЕКС МЕР ПО УВЕЛИЧЕНИЮ ПРОПУСКНОЙ
СПОСОБНОСТИ УЧАСТКОВ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ
НА ПОДЪЕЗДАХ К ГОРОДАМ**

Канд. техн. наук **А.Ю. Шаров**,
канд. техн. наук **М. В. Савсюк**,
магистр **К.В. Ладейщиков**,
магистр **Н.В. Ладейщиков**
(Уральский Государственный
лесотехнический университет (УГЛТУ))
Конт. информация: uralberg@yandex.ru

В статье рассматриваются способы обустройства автомобильной дороги с целью увеличения её пропускной способности путём разделения транспортных и пешеходных потоков.

Ключевые слова: автомобильная дорога, пропускная способность, пешеходный поток, транспортный поток, обустройство, населенный пункт.

В целом под обустройством автомобильной дороги понимается выполнение ряда мероприятий, которые направлены на безопасное разделение транспортных и пешеходных потоков.

К проблемным участкам автомобильных дорог относят участки пересечений транспортных и пешеходных потоков. В идеальном варианте при полном обустройстве автомобильной дороги данные потоки должны пересекаться в разных уровнях и не влиять на скорость движения друг друга. Но такое возможно только в местах с высокой плотностью каждого из потоков (транспортный и пешеходный), например, на центральных улицах больших городов.

При подъездах к крупному городу в основном располагаются небольшие населённые пункты или пригородные районы с невысокой плотностью пешеходных потоков. При этом автомобильные дороги проходят через центр населённого пункта, разделяя его на две части.

В пригородных населённых пунктах затруднено движение транзитных транспортных потоков, что обусловлено примыканием частных земельных участков вплотную к автомобильным трассам, необходимостью поворотов транспортных средств (ТС) на второстепенные улицы и заездов на примыкающие участки. Таким образом, возникает проблема расширения проезжей части с целью увеличения числа полос для движения ТС. При этом незначительный по интенсивности пешеходный поток при частом пересечении с автомобильной дорогой является помехой

транспортному потоку. На дорогах образуются заторы, возникают конфликты и увеличивается количество дорожно-транспортных происшествий (ДТП).

Такую ситуацию можно проиллюстрировать на примере городов-спутников Екатеринбурга (Екатеринбург – Берёзовский, Екатеринбург – микрорайон Изоплит, Екатеринбург – микрорайон Калиновский). На участке дороги от окончания улицы Блюхера до начала Березовского тракта имеет место неравномерное распределение интенсивности дорожного движения; транспортный поток разнородный по составу и очень плотный как по времени суток, так и по дням недели и месяцам года.

В 2020-2021 гг. были проведены исследования и расчёты существующей среднегодовой суточной интенсивности движения между населёнными пунктами (Екатеринбург – Берёзовский). Установлено и подтверждено, что приведённая к легковым автомобилям среднегодовая суточная интенсивность на данном участке составляет 23 077 прив. ед./сут., что в перерасчёте на среднегодовую часовую интенсивность, в периоды времени, характеризующиеся загруженностью дорог (время суток, дни недели и месяцы года), составляет 1 005 прив. ед./ч (в обоих направлениях), а в периоды времени, характеризующиеся максимальной загруженностью дорог – 2 059 прив. ед./ч.

Учитывая неравномерность движения по направлениям (при коэффициенте 0,6), в утренние часы на рассматриваемом участке дороги перегруженным направлением является направление из Берёзовского в Екатеринбург, в вечерние часы – направление из Екатеринбурга в Берёзовский, среднегодовая часовая интенсивность в пиковые периоды суток, дней недели и месяцев года, по направлениям составляет:

- в прямом направлении – 1 235 прив. ед./ч (например, утром в направлении из Берёзовского в Екатеринбург);
- в обратном – 824 прив. ед./ч (например, утром в направлении из Екатеринбурга в Берёзовский).

При этом интенсивность пешеходного потока, пересекающего рассматриваемый участок автомобильной дороги, в месте регулируемого пешеходного перехода на пересечении улиц Проезжая и Искровцев составляет не более 50 чел./ч. Транспортная фаза на данном пересечении составляет 90 с.

В условиях часто расположенных (в одном уровне) пересечений, автомобильных и пешеходных потоков, с частыми фазами сигналов светофоров «красный-зелёный» количество дорожно-транспортных происшествий постоянно растёт и составляет в среднем 10 ДТП разной тяжести в год (на рассматриваемом участке по данным ГИБДД за 2019-2020 гг.). При увеличении продолжительности транспортной фазы и обустройстве мест

пересечения техническими средствами организации движения для обеспечения комфортного ожидания снижается количество столкновений «пешеход – автомобиль», уменьшается и количество ДТП.

Строительство пересечений транспортных и пешеходных потоков в разных уровнях в таких местах экономически нецелесообразно.

На подъезде к г. Екатеринбург (участок дороги от окончания улицы Блюхера до начала Березовского тракта) приоритетным является транспортный поток.

К обустройству данной дороги и прилегающих участков надо подходить комплексно, но избирательно, т.е. элементы обустройства подбирать исключительно приоритетным образом для увеличения пропускной способности автомобильной дороги, а пешеходные потоки координировать путём придерживания и группирования с целью построения перед переходом автомобильной дороги.

Определение способов увеличения пропускной способности автомобильной дороги связано с пониманием того, каким образом генерируются, формируются и организуются пешеходные потоки и как они взаимодействуют с транспортными потоками.

Основным фактором, который сдерживает транспортный поток на автомобильных дорогах при въезде в большие города, является остановка транспортного средства перед движением пешеходов в момент их перехода дороги, с учетом того, что состояние покрытия и геометрические характеристики дороги конкретной категории соответствуют нормам.

Одной из мер по комплексному обустройству рассматриваемой дороги является полное исключение нерегулируемых пешеходных переходов путём переустройства их в регулируемые (по ГОСТ 32944-2014).

Что касается пешеходного перехода в одном уровне, требуется обеспечение его видимости по условиям «треугольника видимости» *пешеход-транспорт* (треугольник, образующий сторону в прямом и боковом направлениях соответственно). Учитывая, что средняя скорость автомобилей на данной дороге составляет 60 км/ч, то, согласно п. 6.2.6 ГОСТ 32944-2014, стороны такого треугольника должны быть размером 35x7,5 м.

Увеличение пропускной способности дороги может быть обеспечено путем организации регулируемых переходов в необходимом количестве, согласно ГОСТ 32944-2014, и перехода пешеходами дороги в одном уровне.

При наличии условий, указанных в п. 7.2.1 ГОСТ Р 52289-2019, пешеходные переходы необходимо оборудовать вызывными пешеходными табло, дающими возможность пешеходам управлять светофорами, сигналы которых должны переключаться автоматически, согласно

конкретной программе, являющейся частью автоматической системы управления дорожным движением (АСУДД).

Для организации управления движением необходимо наличие информации о реальном состоянии дорожного движения и его параметрах. Эти данные важны для реализации алгоритмов гибкого регулирования, расчёта или автоматического выбора программы управления дорожным движением. С этой целью на дорогах устанавливают детекторы транспорта, например, «Аркен» [1].

Длительность транспортной фазы в часы пик должна быть увеличена согласно принятым алгоритмам расчета элементов светофорного цикла во избежание заторов (для обеспечения резерва пропускной способности степень насыщения каждого направления движения транспорта не должна превышать 0,9). Корректировка светофорного цикла проводится при пересмотре (изменении) плана организации дорожного движения на дороге или участке улично-дорожной сети.

Степень насыщения каждого направления транспортом определяется формулой:

$$X = \frac{N_i \cdot T_u}{M_n \cdot t_o} , \quad (1)$$

где

N_i – интенсивность движения в данном направлении, прив. ед./ч;

T_u – длительность цикла светофорного регулирования, с;

M_n – поток насыщения в данном направлении, прив. ед./ч;

t_o – длительность основного такта в данном направлении, с.

В отечественных методиках используют расчёт задержек транспортных средств по формуле Вебстера, а расчётами задержек пешеходов пренебрегают. В связи с этим используются зарубежные методы, наиболее распространённый из которых – модифицированный метод оценки задержек пешеходов на регулируемых пешеходных переходах Родина и Брауна [2]. Таким образом, оценку задержек пешеходов на регулируемых пешеходных переходах можно определить по формуле:

$$d_p = \frac{(R + A)^2}{2 \cdot C} = \frac{0,5 \cdot (C - g)^2}{C} , \quad (2)$$

где

d_p – средняя задержка пешехода при движении через регулируемый пешеходный переход, с;

C – длительность цикла регулирования, с;

g – длительность разрешающего сигнала, с;

R – длительность красного сигнала, с;

A – длительность мигающего запрещающего сигнала, с.

Однако уравнением (2) не учитывается доля пешеходов, которые пересекают проезжую часть на запрещающий сигнал, в связи с чем Браун и Роддин предложили следующую модификацию уравнения:

$$d_p = \frac{F \cdot (R + A)^2}{2 \cdot C}, \quad (3)$$

где

F – доля пешеходов, подчиняющихся светофорной сигнализации.

Следует упомянуть разработанную в Южной Корее систему, при помощи которой улучшается безопасность дорожного движения как для автомобилистов, так и пешеходов на пересечениях. Светофор оснащен дополнительно лазерной установкой. В случае если загорается красный сигнал для пешеходов, то лазер «преградит» им движение на пешеходном переходе [3].

Что касается обустройства прилегающих к автомобильной дороге участков в России, могут быть рекомендованы дополнительные меры, в частности в зонах перед пешеходными переходами (за исключением перекрестков), например, установка скамеек (стульев) с навесами (рис. 1).

Кроме того, следует учитывать маломобильные группы населения, в том числе людей с ограниченными возможностями, улучшая для них доступность пересечения автомобильных дорог и условия безопасного передвижения [4].

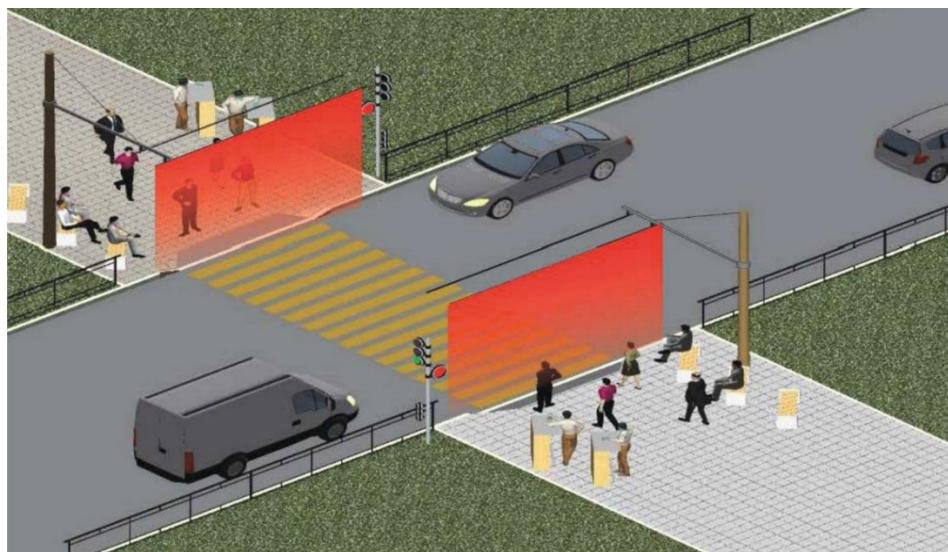


Рис. 1. Обустройство пересечения автомобильной дороги и пешеходного перехода

Светофорное оборудование (светофоры вызывного действия) управляется с помощью вызывного пешеходного табло, позволяющее пешеходам переходить дорогу [1]. Пешеходная фаза вызывается пешеходами по мере необходимости, но не чаще чем запрограммирован светофор на транспортную фазу.

Увеличения пропускной способности автомобильных дорог при подъездах к большим городам можно добиться также при помощи организации канализированных пересечений (в одном уровне) с второстепенными улицами, т.е. выделенными разделительными островками, полосами движения для направлений движения транспортных потоков (полосы разгона и торможения), устройством полноценных заездных карманов для пассажирского транспорта.

Участки дорог, прилегающие к пешеходным переходам, необходимо оборудовать металлическими дорожными пешеходными ограждениями перильного типа, высотой 1,1 м (по ГОСТ 33128-2014), на протяжении 50 м в каждую сторону, что существенно позволит увеличить безопасность дорожного движения [5].

Проведён расчёт функционирования дорожной сети на участке дороги от окончания улицы Блюхера до начала Березовского тракта для оценки эффективности обустройства, в том числе обустройство пешеходных переходов приспособлениями для ожидания окончания транспортной

фазы, путём имитационного моделирования транспортных и пешеходных потоков в программном комплексе PTV Vision VISSIM.

Данный программный комплекс предназначен для имитационного моделирования дорожного движения (автомобильных и пешеходных потоков), создания микро- и мезомоделей движения индивидуального и общественного транспорта, проверки инженерных гипотез.

Для микроскопической транспортной модели по натурным обследованиям были приняты существующие показатели среднегодовой часовой интенсивности автомобильного и пешеходного потоков, а также мероприятия по увеличению продолжительности транспортной фазы, проведена имитация и с помощью PTV Vision рассчитаны транспортные ситуации на основе выданных программой прогнозных данных.

В результате расчётов на рассматриваемом участке (от окончания улицы Блюхера до начала Березовского тракта) пропускная способность дороги значительно увеличивается, время в пути для автомобилистов и пассажиров сокращается, пешеходы комфортно ожидают своей очереди при пересечении дороги, в целом повышается безопасность дорожного движения. При этом необязательно производить расширение дороги и увеличение числа полос движения автомобильного транспорта (т.е. реконструкция необязательна).

В целом можно отметить, что не все методы и способы комплексного обустройства автомобильных дорог направлены на увеличение их пропускной способности, значительная доля приходится на методы и способы, увеличивающие безопасность дорожного движения пешеходов как менее защищённых участников движения и комфортность их передвижения. К таким методам и способам относятся устройства воздействия на транспортные средства (искусственные неровности, шумовые полосы), средства организации движения пешеходов (тротуары, расположенные вплотную к проезжей части дорог, пешеходные и велосипедные дорожки, нерегулируемые пешеходные переходы), сооружения обслуживания движения (площадки для кратковременной остановки и стоянки для автомобилей).

Выбирая определённый комплекс мер по обустройству конкретной дороги, а не применяя все меры одновременно, легче добиться поставленной цели.

В заключение ниже приведены рекомендуемые меры по обустройству дороги, направленные на повышение ее пропускной способности без проведения реконструкции и при условии обеспечения необходимого качества дорожного покрытия, например, на автомобильной дороге, между г. Екатеринбург и г. Берёзовский (от окончания улицы Блюхера до начала Березовского тракта):

- проведение оценки эффективности взаимодействия транспортных и пешеходных потоков путём имитационного моделирования в программе PTV Vision VISSIM и определение (проверка) набора исключительных макропоказателей для каждой конкретной дороги;
- полное исключение нерегулируемых пешеходных переходов путём переустройства их в регулируемые (по ГОСТ 32944-2014);
- светофорное регулирование в «часы пиковой нагрузки», увеличивая транспортную фазу, а также организация «зелёной волны» автотранспорту, обеспечивающая безостановочный проезд несколько последовательно расположенных перекрёстков;
- обустройство пешеходных переходов только в «продуманных» местах (расчётных, согласно проекту пересечения) и координация пешеходных потоков путём их придерживания и группирования с целью построения перед переходом автомобильной дороги. При этом необходимо обустройство мест пересечения пешеходами автомобильной дороги приспособлениями позволяющими комфортно претерпеть ожидание транспортной фазы, что уменьшит количество взаимодействий «пешеход – автомобиль» и снизит количество ДТП;
- регулирование скорости движения автомобильного потока с учётом загрузки дороги, особенно в «часы пик» [1];
- организация полноценных заездных карманов для пассажирского транспорта, а также обустройство остановочных пунктов мобильными павильонами, осуществляющими продажу социального пакета продуктов питания, чтобы у пешеходов не было необходимости пересекать автомобильную дорогу;
- частичная модернизация пересечений в одном уровне с целью организации канализированных типов пересечений на боковые проезды для обслуживания прилегающей застройки;
- введение реверсивного движения транспортных потоков, т.е. распределение транспортных потоков по определённым полосам, например, в зависимости от времени суток, и изменение одного направления на противоположное [6].
- обеспечение водителей ТС полной информацией об условиях движения по маршруту;
- улучшение работы дорожно-эксплуатационной службы, особенно в зимний период.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шаров А.Ю. Интеллектуальная транспортная система - эффективный метод интеграции современных информационных и телематических технологий в управлении дорожным движением и эксплуатации дорог = *Intelligent transportation system-effective method of integration of modern information and telematic technologies in traffic management and road operation* / А. Ю. Шаров, Н. В. Ладейщиков / Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий: социально-экономические и экологические проблемы лесного комплекса : материалы XIII Международной научно-технической конференции / Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Уральский государственный лесотехнический университет. – Екатеринбург, 2021. – С. 482–487.
2. Скульбеденко Н.А. Обзор методов расчета задержек пешеходов на регулируемых пешеходных переходах / Н.А. Скульбеденко, А.А. Антонова // Вестник ИрГТУ. – 2009. № 3(39). – С. 76-79.
3. Светофоры с лазерным лучом помогут защитить пешеходов - АВТО ТОМСК - автомобильный портал г. Томска. [Электронный ресурс]. URL: <http://autotom.ru/news/read.php?id=7956> (дата обращения: 09.09.2021).
4. Гаев В. С. Обеспечение доступной среды при организации пешеходных зон населенных пунктов / В. С. Гаев, М. В. Савсюк // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России: материалы XV Всероссийской научно-технической конференции / Минобрнауки России, Уральский государственный лесотехнический университет ; Уральское отделение секции наук о лесе РАЕН, Ботанический сад УРО РАН ; Уральский лесной технопарк. – Екатеринбург, 2019. – С. 176–179.
5. Шаров А.Ю. Дорожные условия и безопасность дорожного движения: учеб. пособие / А.Ю. Шаров, А.А. Чижов – Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т., 2012. – 236 с.
6. Шаров, А. Ю. Современный подход к технологическому процессу реконструкции дорог – эффективный ответ на проблемы современности при решении вопроса пропускной способности автомобильных дорог (*A modern approach to the technological process of road reconstruction - effective response to the contemporary problems in solving the issue of road capacity*) / А. Ю. Шаров,

К. В. Ладейщиков / Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий: социально-экономические и экологические проблемы лесного комплекса : материалы XIII Международной научно-технической конференции / Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Уральский государственный лесотехнический университет. – Екатеринбург, 2021. – С. 477–482.

L I T E R A T U R A

1. Sharov A.Yu. *Intellektual'naya transportnaya sistema - effektivnyj metod integracii sovremennyh informacionnyh i telematicheskikh tekhnologij v upravlenii dorozhnym dvizheniem i ekspluatacii dorog = Intelligent transportation system-effective method of integration of modern information and telematic technologies in traffic management and road operation* / A.Yu. Sharov, N.V. Ladejshchikov / *Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий: социально-экономические и экологические проблемы лесного комплекса: материалы XIII Международной научно-технической конференции* / Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Уральский государственный лесотехнический университет. – Екатеринбург, 2021. – С. 482–487.
2. Skul'bedenko N.A. *Obzor metodov rascheta zaderzhek peshekhodov na reguliruemym peshekhodnyh perekhodah* / N.A. Skul'bedenko, A.A. Antonova // *Vestnik IrGTU*. – 2009. № 3(39). – С. 76-79.
3. *Svetofory s lazernym luchom pomogut zashchitit' peshekhodov - AVTO TOMSK - avtomobil'nyj portal g. Tomska. [Elektron-nyj resurs]. URL: <http://autotom.ru/news/read.php?id=7956> (data obrashcheniya: 09.09.2021).*
4. Gaev V. S. *Obespechenie dostupnoj sredy pri organizacii peshekhodnyh zon naselennyh punktov* / V. S. Gaev, M. V. Savsyuk // *Nauchnoe tvorchestvo molodezhi – lesnomu kompleksu Rossii: materialy XV Vserossijskoj nauchno-tekhnicheskoy konferencii* / Minobrnauki Rossii, Уральский государственный лесотехнический университет; Уральское отделение секции наук о лесе РАЕН, Ботанический сад УРО РАН; Уральский лесной технопарк. – Екатеринбург, 2019. – С. 176–179.
5. Sharov A.Yu. *Dorozhnye usloviya i bezopasnost' dorozhnogo dvizheniya: ucheb. posobie* / A.Yu. Sharov, A.A.Chizhov. – Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. un-t., 2012. – 236 s.

6. *Sharov, A. Yu. Sovremennyy podhod k tekhnologicheskomu processu rekonstrukcii dorog – effektivnyj otvet na problemy sovremennosti pri reshenii voprosa propusknoj sposobnosti avtomobil'nyh dorog = A modern approach to the technological process of road reconstruction - effective response to the contemporary problems in solving the issue of road capacity / A.Yu. Sharov, K.V. Ladejshchikov / Effektivnyj otvet na sovremennye vyzovy s uchetom vzaimodejstviya cheloveka i prirody, cheloveka i tekhnologij: social'no-ekonomicheskie i ekologicheskie problemy lesnogo kompleksa: materialy XIII Mezhdunarodnoj nauchno-tekhnicheskoy konferencii / Ministerstvo nauki i vysshego obrazovaniya Rossijskoj Federacii, Ural'skij gosudarstvennyj lesotekhnicheskij universitet. – Ekaterinburg, 2021. – S. 477–482.*

.....
**COMPLEX OF MEASURES FOR INCREASING TRAFFIC CAPACITY
OF ROAD SECTIONS WHEN APPROACHING CITIES**

*Ph. D. (Tech.) A.U. Sharov,
Ph. D. (Tech.) M.V. Savsiuk,
Master degree K.V. Ladeyschikov,
Master degree N.V. Ladeyschikov
(Ural State Forest Engineering University (USLTU))
Contact information: uralberg@yandex.ru*

The article discusses the measures concerning road equipment to increase traffic capacity by coordinating traffic flow and pedestrian flow.

Key words: *road, traffic capacity, pedestrian flow, traffic flow, equipment, settlement.*

Рецензент: главный специалист отдела безопасности дорожного движения В.В. Елизаров (ФАУ «РОСДОРНИИ»).

Статья поступила в редакцию: 15.10.2021 г.