

**ПРОБЛЕМЫ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОГО
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ПЕРЕСЕЧЕНИЙ
МНОГОПОЛОСНЫХ МАГИСТРАЛЕЙ**

Соловьев А.А.^{1,2}, Валуев А.М.¹

¹*Институт машиноведения им. А.А. Благонравова РАН,
Россия, г. Москва, ул. Бардина, д. 4,*

²*Московский физико-технический институт (государственный университет),
Россия, Московская область, г. Долгопрудный, Институтский пер., д. 9
aa.solovjev@yandex.ru, valuev.online@gmail.com*

Аннотация: Обеспечение полноты использования ресурсов транспортной сети требует динамического, адаптивного регулирования, которое может быть не только параметрическим, но и структурным. Рассматриваются вопросы информационного обеспечения такого регулирования на основе обработки данных мониторинга транспортных потоков. Другим важнейшим аспектом является информирование водителей о текущей локальной организации движения и выработка для них рекомендаций по выбору трассы движения в зоне перекрестка.

Ключевые слова: регулируемый перекресток, организация дорожного движения, схема пофазного разъезда, пропускная способность, безопасность дорожного движения, мониторинг, информирование водителей.

В городских дорожных сетях (ГДС) крупных городов выделяются системы многополосных магистралей [1, 2], несущие значительную долю, зачастую основной объем автотранспортного потока. При этом важнейшую роль с точки зрения эффективности ГДС и безопасности движения играют сопряжения этих магистралей. При наличии возможности и экономической целесообразности эти сопряжения выполняются в виде транспортных сооружений, исключающих или минимизирующих пересечения на одном уровне. Однако дороговизна таких сооружений и ограничения для их возведения в городской среде препятствуют всеобщему их распространению. Остальные сопряжения являются регулируемыми перекрестками, на которых поочередно осуществляется проезд транспортных средств (ТС) в различных направлениях.

Существует два уровня управления прохождением транспортных потоков через перекресток — структурный и параметрический [3]. Первый состоит в разделении направлений прохождения перекрестка между фазами светофорного цикла — определении *схемы пофазного разъезда* [4]. В настоящее время схемы пофазного разъезда меняются редко, однако технические средства позволяют изменять их в зависимости от транспортной ситуации. Второй заключается в определении продолжительностей фаз светофорного цикла, которые также могут быть зафиксированы на длительный срок, либо изменяться по определенной программе в зависимости от времени суток, либо определяться адаптивно, по текущей локальной транспортной ситуации. Закономерные изменения интенсивности потоков в зависимости от времени суток, дня недели, сезона определяют лишь тренд, отклонения от которого значительны и определяются неконтролируемыми причинами. В связи с этим для эффективного параметрического управления необходимо оценивать текущее поступление ТС с разных входов и текущее распределение входящих ТС по направлениям прохождения перекрестка, что требует соответствующего информационного обеспечения, объединяющего средства непрерывного мониторинга транспортного потока с обработкой его результатов в текущем времени.

В первом приближении не учитываются индивидуальные размерные и динамические характеристики ТС во входящем потоке, а лишь их количество в единицу времени. Современный опыт показывает, что распознавание событий пересечения транспортными средствами условных границ перекрестка на основе обработки видеопотока в настоящее время является рутинной задачей. При этом можно идентифицировать проезжающие ТС и устанавливать отдельно моменты пересечения рубежей их передними и задними бамперами. На основе объединения этих данных приближенно определяются также скорости движения ТС.

Пропорции, в которых входящие потоки разделяются по направлениям, принципиально могут быть более или менее достоверно определены за промежутки времени, составляющие несколько светофорных циклов. Оптимальный период усреднения может быть найден лишь эмпирически, путем сопоставления относительного отклонения, вызванного случайными факторами, и закономерного изменения во времени. Определение продолжительностей светофорных фаз в соответствии с найденным распределением потоков по направлениям [3] не может совершенно выровнять задержки при прохождении перекрестка (в силу действия многообразных случайных факторов), но, несомненно, должно улучшить ситуацию в этом отношении.

Для дальнейшего совершенствования параметрического управления прохождением перекрестков можно использовать и более детальную информацию, основанную на учете текущего состава входящих потоков, т.е. разделения ТС по категориям. Невозможно точно знать динамические характеристики проезжающих ТС, т.к. они определяются не только их моделями (и тем более не только размерами ТС), но и техническим состоянием и поведенческими характеристиками их водителей. Однако средние значения динамических характеристик для различных (эмпирически выявляемых) типов ТС различны, и, учитывая эти различия в расчетах, можно, с учетом массового характера транспортного процесса, повысить эффективность управления. Возможное решение здесь состоит в том, что при наличии в текущей очереди на конкретном входе преобладания более медленных, менее маневренных машин по сравнению со средним составом потока, целесообразно увеличить длину светофорной фазы для их прохождения, а при преобладании более маневренных машин — наоборот, уменьшить при условии сохранения достаточного уровня безопасности движения.

Эффективность любых мер по регулированию транспортного потока через перекресток, однако, зависит и от того, насколько водители адаптируются к ним. Для начала нужно сказать, что информация для водителей об организации движения через перекрестки, предоставляемая как в печатных изданиях, так и на Интернет-ресурсах, неполна; в особенности для пересечений

многополосных магистралей. Показываются, за редкими исключениями, лишь принципиальные разрешенные направления движения (движение прямо, правый и левый поворот), но не конкретные дорожные полосы, на которых эти направления реализуются. Таким образом, водитель, ошибочно заняв на въезде в перекресток полосу, на которой движение в нужном ему направлении не осуществляется, вынужден будет изменить свой маршрут. Каждая такая ошибка приводит к перепробегу этого конкретного ТС, а для транспортной сети — к дополнительной нагрузке. Но и водитель, знающий, какую полосу ему занять, может не добиться желаемой цели из-за маневров других автомобилей.

В условиях постоянства схемы пофазного разъезда на конкретном перекрестке преимущества в выборе правильных маршрутов, обеспечивающих достижения их целей, имеют водители, регулярно проезжающие через него. То же самое относится и к случаю, когда организация дорожного движения (ОДД) через перекресток изменяется закономерно, в зависимости от времени суток. Прочие водители, для того, чтобы их водительское поведение было целенаправленным, должны быть проинформированы на подъезде к перекрестку, поскольку смена полос требует заблаговременной готовности к ней, особенно в условиях достаточно плотного потока. В современных условиях массовое информирование о локальной организации движения с помощью программируемых световых табло является достаточно просто организуемой возможностью, не требующей значительных финансовых вложений. Вместе с тем, учитывая невнимательность части водителей, подобное информирование должно быть продублировано на специализированных Интернет-ресурсах, обеспечивающих навигацию в ГДС.

Определенную проблему вызывает отсутствие однозначного соответствия между направлениями движения на перекрестке и входными полосами, обычное для пересечений многополосных магистралей. Для Москвы количество входных полос на таких пересечениях может быть от 3 до 5, количество же направлений 2 или 3. При этом некоторые направления реализуются для нескольких входных полос и некоторые входные полосы в области перекрестка расщепляются на две, обеспечивая тем самым прохождение ТС в двух направлениях. Кроме того, и на подъезде к перекрестку количество полос может увеличиваться. Так, для участка Нахимовского проспекта между Новочеремушкинской и Профсоюзной улицей первоначальное количество полос с трех (одна из которых — выделенная) увеличивается сначала до четырех, а перед самым пересечением с магистралью — до пяти.

В связи с этим для эффективной работы перекрестка требуется определенное распределение (перераспределение) въезжающих автомобилей между полосами, которое не может быть обеспечено лишь за счет самоорганизации входного потока. Здесь возможны разные подходы для поддержания желательного распределения.

Первый состоит в информировании всех водителей подъезжающих ТС о перспективах того или иного выбора. В организациях, ведущих массовое обслуживание посетителей, в т.ч. и с набором разных услуг (например, в отделениях банков) системы электронной очереди обычно не только присваивают клиенту номер в очереди, но и сообщают ожидаемое время получения услуги. На этой основе посетитель может принять решение о целесообразности ожидания. Аналогичное решение может быть предложено и в данном случае. А именно, на определенном рубеже сообщается ожидаемое время проезда в разрешенном направлении для транспортных средств, подъезжающих по определенной въездной полосе. Такая рекомендация должна побудить часть водителей к маневрам по смене полосы. Что же касается системы ОДД, для нее такая адаптация водителей к ситуации полезна для более эффективного использования пропускной способности перекрестка, независимо от того, кто именно воспользуется предлагаемыми рекомендациями. Кроме того, в перспективе возможно вычислять и сообщать водителям показатели безопасности прохождения определенной трассы [5, 6, 7] и «надежности» данного выбора. Под последним мы понимаем вероятность осуществления водителем маневров, обеспечивающих необходимые для этого безопасные переходы между полосами, если они требуются.

Во-вторых, в перспективе может идти речь об индивидуальной навигации для участников дорожного движения. При этом рекомендации, вырабатываемые соответствующей информационной системой для обеспечения нужного распределения ТС с определенным направлением прохождения перекрестка между входными полосами, не должны быть для всех водителей одинаковыми — они должны распределяться между предлагаемыми вариантами случайным образом в требуемых пропорциях.

Литература

1. Europe: Atlas routier et touristique. Paris: Michelin – Editions des Voyages, 2006. - 234 p. ISBN 978-2-06-711233-9.
2. Москва сегодня: Атлас города. Минск: Тривиум, 2002. – 72 с. ISBN 985-409-042-6.
3. *Валуев А.М., Соловьев А.А.* Оптимизация структуры и параметров светофорного цикла в целях повышения безопасности // Управление развитием крупномасштабных систем (MLSD'2018): труды Одиннадцатой междунар. конфер., 1–3 окт. 2018 г., Москва: в 3 т. / Ин-т проблем упр. им. В.А. Трапезникова Рос. акад. наук; под общ. ред. С.Н. Васильева, А.Д. Цвиркуна. – Т. 2. — С. 143–148.
4. Методические рекомендации по проектированию светофорных объектов на автомобильных дорогах. М.: Федеральное дорожное агентство (Росавтодор), 2013. – 69 с.
5. *Vasconcelos L., Neto L., Seco A., Silva, A.* Validation of the Surrogate Safety Assessment Model for Assessment of Intersection // Safety. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board. 2014, № 2432. – P. 1–9.
6. *Эртман С.А., Эртман Ю.А.* Надежность и обоснованность оценки опасности перекрестка, полученной в результате камерального анализа данных // Перспективы науки. 2015, № 10 (73). – С. 64–71.
7. Вибрационные процессы, виброзащита в машиноведении. Отчет о НИР за 2018г. по теме 6-13 (промежуточный). Часть 2. Динамика мехатронных робототехнических комплексов, динамика транспортных потоков. /Перминов М.Д., Соловьев В.О., Овчинников Н.М. и др. – М.: Институт машиноведения им. А.А. Благонравова РАН, 2018. – 126 с.