

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОДНОСТОРОННЕГО ДВИЖЕНИЯ НА УЛИЦАХ ГОРОДА

Сидорков Владимир Владимирович

канд. техн. наук, доцент, Тихоокеанский
государственный университет, г. Хабаровск
sidorkov@pnu.edu.ru

EFFICIENCY OF ONE-WAY CITY STREETS TRAFFIC

V. Sidorkov

Summary. Improving the efficiency of traffic in the urban road network is an important, urgent and difficult task. Efficiency can be improved by reducing the number of conflict points at the street road network. This can be achieved by replacing two-way traffic with one-way traffic. To make a decision on switching to one-way traffic, it is necessary to answer the question about the effectiveness of this method of organizing traffic. It is not possible to conduct research in the conditions of a real street road network. The costs of conducting such research can exceed all reasonable limits and bring chaos into the usual life cycles of the street road network of any city. To minimize the costs of a full-scale experiment to change the traffic pattern of road transport in an urban environment, simulation modeling can be used. The development and implementation of a simulation model for the movement of vehicles in a city will make it possible to make a preliminary assessment of the effectiveness of the approach itself to changing the traffic mode from two-way to one-way. In addition, the simulation model will make it possible to determine rational parameters of the traffic mode that ensure high efficiency of traffic flow and ensure the necessary level of safety of the city's street road network.

Keywords: one-way traffic, city's street road network, simulation model, traffic management.

Аннотация. Повышение эффективности дорожного движения в сети городских дорог является важной, актуальной и сложной задачей. Повысить эффективность можно за счет снижения количества конфликтных точек уличной дорожной сети. Этого можно добиться, заменив двустороннее движение на одностороннее. Для принятия решения о переходе на одностороннее движения необходимо ответить на вопрос об эффективности такого способа организации дорожного движения. Проводить исследования в условиях реальной уличной дорожной сети не представляется возможным. Издержки на проведение таких исследований могут превысить все разумные размеры и внести хаос в привычные жизненные циклы уличной дорожной сети любого города. Для минимизации издержек от натурального эксперимента по изменению схемы движения автомобильного транспорта в условиях городской среды можно использовать имитационное моделирование. Разработка и реализация имитационной модели движения автотранспортных средств в условиях населенного пункта позволит произвести предварительную оценку эффективности самого подхода к изменению режима движения с двустороннего на односторонний. Кроме того, имитационная модель позволит определить рациональные параметры режима движения транспорта, при которых обеспечивается высокая эффективность движения транспортного потока и обеспечивается необходимый уровень безопасности уличной дорожной сети города.

Ключевые слова: одностороннее движение, уличная дорожная сеть, имитационная модель, организация дорожного движения.

Одним из отличительных параметров городской транспортной сети (уличной дорожной сети) от дорог, связывающих между собой населенные пункты, является наличие большого количества перекрестков. Этот элемент уличной дорожной сети существенно снижает эффективность работы транспортной системы в целом и является источником повышенной опасности для участников дорожного движения [1, 2, 3].

Поскольку радикально изменить ситуацию невозможно (перекресток — это неотъемлемая часть уличной дорожной сети), задачу по увеличению пропускной способности сети городских дорог, по повышению безопасности дорожного движения в городских условиях, по обеспечению эффективной организации движения транспортных потоков, решают несколькими способами.

Строительство многоуровневых развязок, начиная с запатентованного еще в 1916 году инженером Артуром Хале из Мериленда (США) пересечения в виде клеверного листа, является распространенным и достаточно

эффективным способом трансформации перекрестка в особый элемент дорожной сети — развязку. Современные дорожные развязки радикально сложнее и эффективнее «старого клевера», но выполняют ту же задачу фактически исключая перпендикулярное пересечение двух дорог, двух транспортных потоков.

Однако в условиях городской застройки реализовать строительство многоуровневых развязок зачастую просто невозможно или избыточно затратно из-за отсутствия необходимого пространства между зданиями и сооружениями. Поэтому другим способом исключить из дорожного движения место пересечения автомобильных потоков стало строительство круговых перекрестков. Такой вид организации дорожного движения при пересечении дорог очень распространен в Европе [4, 5]. Круговые перекрестки используют только два вида маневров транспортных средств: слияние и ответвление, исключая самый опасный — пересечение. За счет этого радикально снижается общая конфликтность перекрестка как места пересечения дорог, места пере-

сечения транспортных потоков. При этом интенсивность транспортного потока не снижается, а часто, наоборот, увеличивается по сравнению с регулируемым перекрестком.

Однако, круговые перекрестки, как и развязки, тоже требуют дополнительного места для проезжей части дороги, которого в условиях существующей городской застройки, как правило, не хватает.

Вариантом решения задачи увеличения пропускной способности сети городских дорог является использование существующих дорог (улиц) исключительно в режиме одностороннего движения [6, 7, 8]. В этом случае любое пересечение двух улиц будет иметь одну конфликтную точку «пересечение», по две конфликтных точек «слияние» и «ответвление», а сумма баллов при пятибалльной системе оценки конфликтности составит для такого перекрестка 13 баллов. Это меньше, чем для перекрестка с круговым движением, у которого общая конфликтность составляет 16 баллов (по четыре точки «ответвления» и «слияния»). Выигрыш не велик, но у простого пересечения улиц с односторонним движением есть ощутимое преимущество по сравнению с круговым перекрестком — не нужны дополнительные площади для организации движения по кольцу и не нужно ничего перестраивать. Нужно лишь правильно организовать и взаимно увязать интересы, требования, параметры и характеристики всех участников движения. Такая задача, очевидно, содержит слишком большое количество переменных, а математическое описание взаимосвязей между ними уходит далеко за рамки линейного модели-

рования и скорее относится к классу задач, решаемых способом «пока не попробуешь — не узнаешь» (натурный эксперимент). Но экспериментировать с изменениями дорожной ситуации в натуральных условиях, в реальной уличной дорожной сети, не всегда представляется возможным. Такие эксперименты слишком дороги и в экономическом, и в социальном плане [9]. Например, замена двустороннего движения на одной из улиц города на одностороннее вызовет необходимость реорганизовать ряд смежных узлов уличной дорожной сети, элементов систем управления движением, транспортной инфраструктуры, потребует изменений транспортных и пешеходных потоков.

Имитационное моделирование дорожного движения является хорошим инструментом для оценки вариантов организации дорожного движения. Системы имитационного моделирования достаточно хорошо генерируют условно случайные события в моделируемой системе и позволяют проверять эффективность управленческих, технологических и организационных изменений, например, в транспортной инфраструктуре города.

Для сравнения транспортной системы условного города при двустороннем и одностороннем движении по улицам была составлена геометрически равноугольная схема улично-дорожной сети (рис. 1).

Точкой начала движения транспортных средств является левый верхний «угол» города. Ширина одной полосы проезжей части установлена 3,5 м. Расстояние между всеми соседними перекрестками установлено 100 м

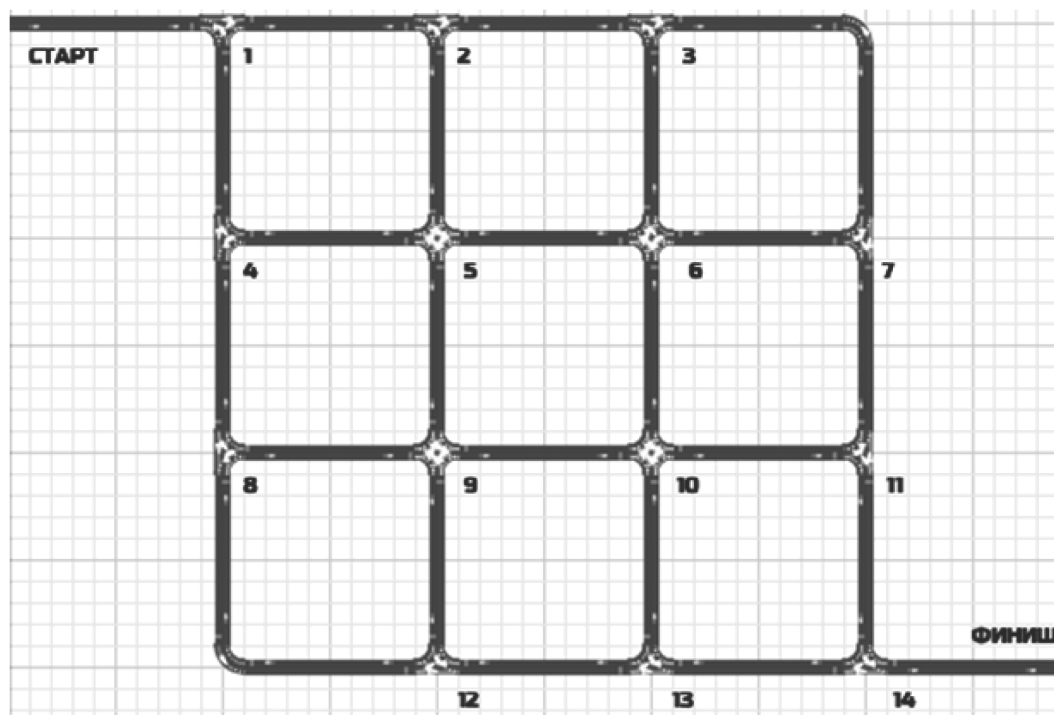


Рис. 1. Геометрическая схема улично-дорожной сети города

(по осям дорог). Точкой окончания движения транспортного средства является правый нижний «угол» города. Задача транспортного средства: проехать весь город от точки старта до точки финиша.

В модели с односторонним движением геометрия условного города сохранена прежней, но в каждом направлении движения теперь используется две полосы. Транспортные средства по «внешнему кольцу» города двигаются по часовой стрелке, а по «внутреннему кольцу» — против часовой стрелки. Соответственно магистрали 8-4-1 и 13-10-6-3 (рис. 1) обеспечивают движение транспортного потока с юга на север, а магистрали 2-5-9-12 и 7-11-14 с севера на юг. Магистрали 1-2-3 и 8-9-10-11 обеспечивают движение с запада на восток, а магистрали 7-6-5-4 и 14-13-12 с востока на запад (рис. 1).

Все перекрестки нерегулируемые и на них запрещены развороты. Более того, для исключения ситуации, когда все транспортные средства будут двигаться по кратчайшему пути к точке финиша, моделью предусмотрена рандомизация выбора направления движения на каждом из перекрестков по пути следования.

Очевидно, что для города с двусторонним движением время в пути на любом маршруте должно быть меньше, чем в городе с односторонним движением, поскольку длина маршрута в городе с односторонним движением будет больше, чем длина маршрута в городе с двусторонним движением. С другой стороны — в городе с односторонним движением на дорогах больше свободного места (по две полосы), а значит пропускная способность таких дорог выше, чем в городе с двусторонним движением. Перекрестки в городе с односторонним движением являются более простыми с минимальным количеством конфликтных точек. Такие условия движения способствуют более быстрому прохождению маршрута от точки старта к точке финиша.

Серия экспериментов имитационного моделирования в среде Anylogic (c) (the.anylogic.com) выявило ряд интересных закономерностей. Например, максимальное время проезда города от точки старта до точки финиша в городе с двусторонним движением составило 134,774 с, а при одностороннем движении — 175,418 с. Общее количество автомобилей, которые за 1 час успели добраться до точки финиша при двустороннем движении составило 354 шт, а при одностороннем 352 шт. На основании сравнения данных о движении машин можно сделать вывод, что замена двустороннего режима движения на односторонний не приводит к радикальному ухудшению дорожной ситуации. Время в пути при одностороннем движении ожидаемо увеличивается на небольшую величину, но общее количество машин, достигших финишной точки, не меняется. То есть, введение одностороннего режима движения при всех про-

чих условиях, равных двустороннему режиму движения, не ведет к существенному ухудшению ситуации на дорогах города [10]. Замена двустороннего дорожного движения на одностороннее, без изменения геометрии проезжей части дает положительный эффект и с точки зрения увеличения объемов перевозок, и с точки зрения количественных параметров транспортного потока, и с точки зрения повышения безопасности дорожного движения за счет радикального снижения количества конфликтных точек на перекрестках и снижения средней скорости движения транспортных средств.

Если рассмотреть изменения характеристик транспортного потока при двустороннем и одностороннем движении с точки зрения затрат времени, то результаты моделирования также не показывают радикального и безоговорочного ухудшения дорожной обстановки для условного города с односторонним движением.

На рис. 2 (двустороннее движение) хорошо видно, что по длительности прохождения маршрута от старта до финиша все автомобили условно «разделились» на две группы. Самая многочисленная из них — это группа, автомобили которой потратили на преодоление маршрута от 50 до 80 с. Таких автомобилей оказалось 295 шт. Вторая группа — это автомобили, которые потратили на проезд через город больше 80 с, их оказалось 59 шт. То есть 80 % автомобилей передвигаются по городу с двусторонним движением достаточно быстро, а 20 % вынуждены «задерживаются» на дорогах, тратя время на перекрестках или осуществляя дополнительное маневрирование, объезжая квартал за кварталом на пути к точке «финиша».

На рис. 3 (одностороннее движение) хорошо видно, что все автомобили условно «разделились» на три группы. Самая многочисленная из них — это группа, автомобили которой потратили на преодоление маршрута также, как и при двустороннем движении, от 50 до 80 с. Таких автомобилей при одностороннем движении оказалось 221 шт. Это не на много меньше, чем при двустороннем движении (295 шт). Вторая группа — это автомобили, которые потратили на проезд через город больше 80 с, но меньше 140 с. Их оказалось 110 шт — фактически половина от «нормально едущих» автомобилей первой группы. Третья группа — это автомобили, которые дольше всех ездил по городу (их оказалось 21 шт.) и потратили на это от 160 до 180 с.

Таким образом, введение одностороннего движения, как и предполагалось, неизменно ведет к увеличению длительности пребывания транспортного средства на маршруте. Однако, это увеличение не носит кратного характера. И при двустороннем движении, и при одностороннем, большая часть автомобилей одинаково быстро проезжает через исследуемый участок улично-до-

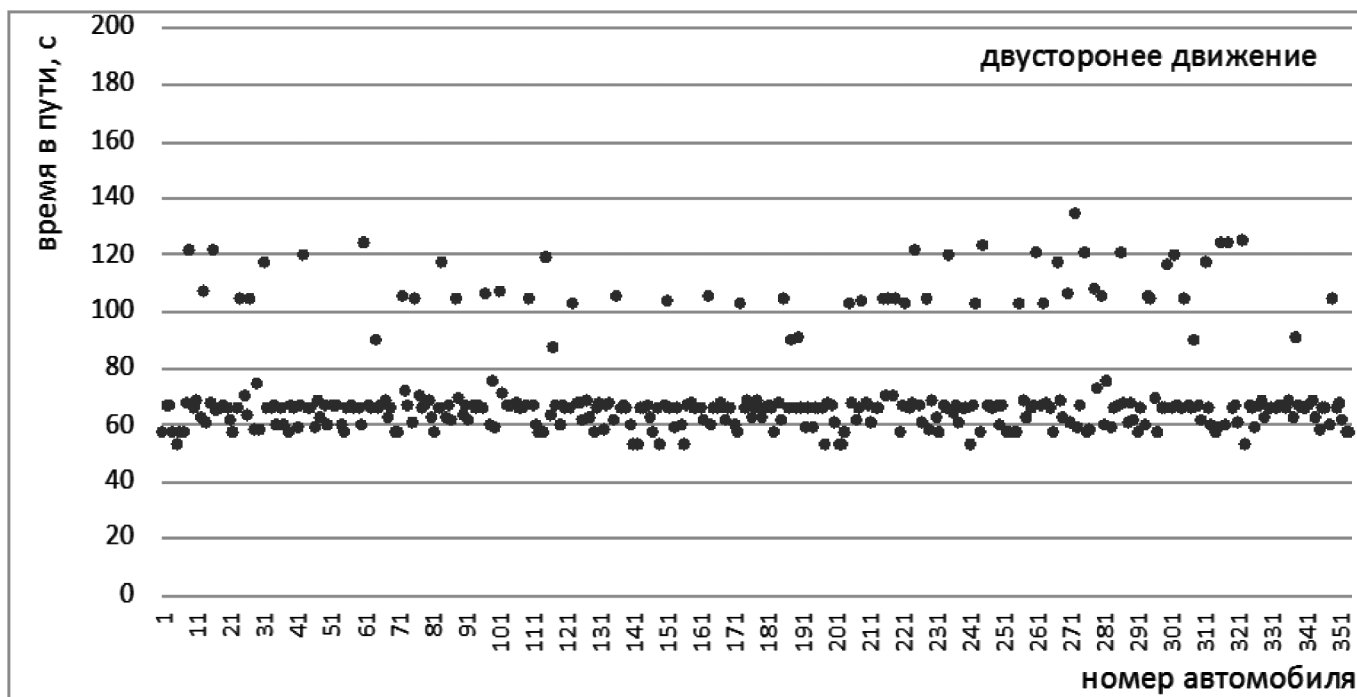


Рис. 2. Время в пути автомобилей в городе с двусторонним движением

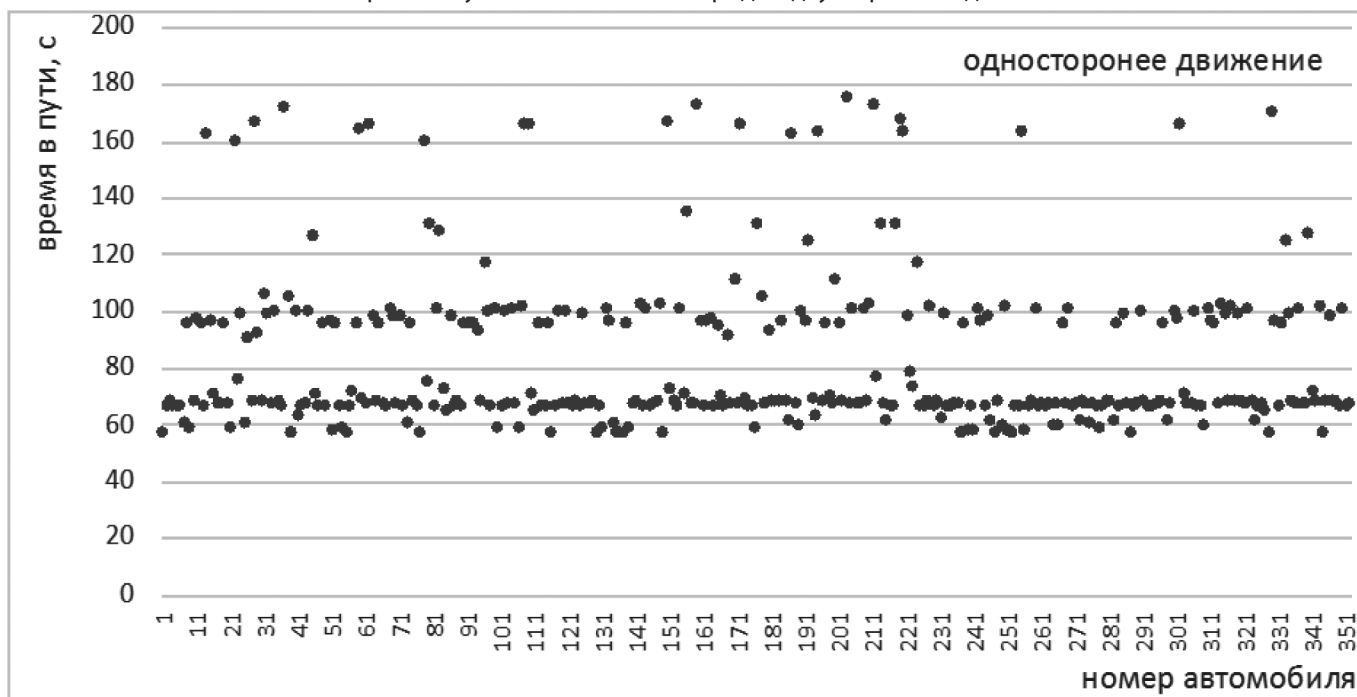


Рис. 3. Время в пути автомобилей в городе с односторонним движением

рожной сети. Введение одностороннего движения дает снижение количества общей массы быстро передвигающихся автомобилей всего на четверть.

Переход от двусторонней схемы движения к односторонней не приводит к радикальному увеличению времени движения автомобилей. Основная масса транспортных средств продолжает быстро и эффективно перемещаться по улицам города, перевозя пассажиров и грузы. При этом, на всех перекрестках в городе с одно-

сторонним движением радикально снижена конфликтность. Для уличной дорожной сети города с двусторонним движением суммарная конфликтность составляет 718 баллов. Для такой же улично-дорожной сети с односторонним движением суммарная конфликтность составляет 134 балла. Это в 5 раз меньше. Потенциальная опасность дорог в городе с односторонним движением в 5 раз меньше, чем опасность в городе с «удобным» двусторонним движением.

Более того, на дорогах с односторонним движением отсутствует встречное движение как таковое, а значит существенно повышена безопасность дорожного движения. У участников движения нет возможности «встретиться в лобовую», а значит тяжесть и ущерб от дорожно-транспортных происшествий радикально снижается.

Все это дает основание утверждать, что вопрос об замене двусторонней организации дорожного движения в пользу одностороннего при всей затратности и «непривычности» можно и нужно рассматривать как один из важнейших вопросов обеспечения эффективности дорожного движения в городских условиях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Капский Д.В. Методика прогнозирования аварийности по методу конфликтных зон в конфликте «транзитный транспорт — пешеход» на основе моделей движения на регулируемом перекрестке / Д.В. Капский, П.А. Пегин // Наука и техника. — 2015. — 5. — с. 46–52.
2. Худяков В.А. Повышение безопасности дорожного движения на перекрестках с учётом опасности конфликтных точек / В.А. Худяков, М.Р. Янучков, О.А. Сучкова // Прогрессивные технологии в транспортных системах: Евразийское сотрудничество: Сборник материалов XV международной научно-практической конференции, Оренбург, 09–11 декабря 2020 года. — Оренбург: Оренбургский государственный университет, 2020. — с. 655–662.
3. Буйлова М.В. Организация дорожного движения правоповоротных потоков на регулируемом перекрестке / М.В. Буйлова, А.И. Когтева // Прогрессивные технологии в транспортных системах: Материалы XVII международной научно-практической конференции, Оренбург, 17–18 ноября 2022 года; — Оренбург: Оренбургский государственный университет, 2022. — с. 52–57.
4. Добрынин А.О. Строительство объектов транспортной инфраструктуры в Европе и Российской Федерации с привлечением частных инвестиций / А.О. Добрынин, А.Ю. Полевая // Химия. Экология. Урбанистика. — 2021. — 5. — с. 18–22.
5. Петрищев Ю.Р. Проектирование дорог в жилой зоне на примере европейских стран / Ю.Р. Петрищев // Инновации и долговечность объектов транспортной инфраструктуры (материалы, конструкции, технологии): Материалы II Всероссийской научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 14 ноября 2019 года; под ред. Клевкиной М.П. — СПб: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, 2020. — с. 59–62.
6. Анисимов И.А. К вопросу об актуальности введения одностороннего движения на отдельных улицах г. Тюмени / И.А. Анисимов, Л.В. Чернышова, Т.А. Бережная // Транспортные и транспортно-технологические системы. Материалы Международной научно-технической конференции; — Тюмень: ТИУ, 2010. — с. 12–17.
7. Ахмедиярова А.Т. О влиянии одностороннего движения на величину потока / А.Т. Ахмедиярова, Н.И. Иванов // Проблемы информатики. — 2014. — 2 (23). — с. 59–65.
8. Аршанов В.И. Новые подходы к организации одностороннего движения / В.И. Аршанов // Вопросы проектирования и эксплуатации наземного колесного транспорта сборник статей и тезисов докладов Всероссийской заочной научно-практической конференции; — Тверь: Тверской государственный технический университет, 2016. — с. 60–67.
9. Зимоздра О. Неделя — Урал / О. Зимоздра // Российская газета. — 2022. — №259. — URL: <https://rg.ru/2022/11/16/reg-urfo/doroga-vedet-v-tupik.html>. (дата обращения: 10.04.24)
10. Сидорков В.В. Однонаправленный город / В.В. Сидорков, Муянь Лян // Автомобильный транспорт Дальнего Востока — 2023: материалы XI Международной научно-практической конференции, Хабаровск, 22 сентября 2023 г.; под ред. Володькина П.П. — Хабаровск: Издательство ТОГУ, 2023. — с. 205–212.

© Сидорков Владимир Владимирович (sidorkov@pnu.edu.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»