

сервису google-maps, наличие клиентского приложения для Android для сбора данных и поддержка форматов современных GPS-трекеров, а масштабируемость и настраиваемость созданной программной системы. Результаты будут использованы при оптимизации пропускной способности дорожных сетей и транспортных коридоров систем различного уровня. Экономическая эффективность заключается в снижении времени нахождения в пути при перевозке грузов и пассажиров, повышении скорости сообщения, сокращении числа невынужденных простоев, снижении расхода топлива и т.п.

Компьютерная программа позволяет автоматизировать сбор, обработку и визуализацию параметров дорожной сети, что резко снижает трудозатраты и время на оценку эффективности внедряемых мероприятий по организации дорожного движения, и позволяет выбрать лучшее решение с точки зрения минимизации потерь в дорожном движении. Выполнены исследования и разработана программная система, включающая модули сбора навигационных данных о движении дорожных транспортных средств, хранения, верификации данных GPS-треков, управления данными улиц или дорог, расчета показателей модели Хермана-Пригожина для их классификации по экспериментально полученным данным параметров транспортных потоков.

Разработано научно-методическое обеспечение, содержащее рекомендации по транспортному моделированию условий движения дорожных транспортных потоков по транспортным коридорам, а также магистралям и улицам городов и населенных пунктов.

Поступила 31 декабря 2017 г.

УДК 656.14

Исследование временной неравномерности интенсивности движения пешеходов в Екатеринбурге

Цариков А.А., Чайко В.Д., Ершов А.С.

В статье представлены результаты обследования временной неравномерности интенсивности пешеходного движения в городах на примере Екатеринбурга. Полученные данные указывают на необходимость нового подхода к расчету продолжительности разрешающих сигналов светофора.

The article presents the results of a temporal unevenness survey that deals with the pedestrian traffic intensity in the cities on the example of Yekaterin-

burg. The obtained data indicates the need for a new approach to the duration calculation resolving signals of the traffic light.

Город – это место концентрация большого количества людей, производств, учреждений и автомобилей. Наличие огромного количества конфликтных точек между автомобилями и пешеходами способствует росту количества дорожно-транспортных происшествий. В крупных и крупнейших городах доля ДТП с участием пешеходов может достигать 70 %. По этой причине, мероприятия по снижению аварийности и количества пострадавших в городах (особенно крупных) должны быть направлены, в первую очередь, на предотвращение ДТП с участием пешеходов.

Вместе с этим исследования пешеходного движения в городах России практически не проводится. Стоит отметить, что проектирование новых схем организации дорожного движения в городах, зачастую проводится без предварительного обследования интенсивности пешеходного движения. Вместе с этим существующие используемые методики [1, 2] расчета тактов и циклов светофорного регулирования не учитывают значения интенсивности пешеходного движения. В данных методиках проводится только проверка, успеют ли пешеходы пересечь проезжую часть за время разрешающего такта. В этом случае время, необходимое для пропуска пешеходов по определенному направлению, рассчитывается по формуле

$$t_{\text{пш}} = 4 + \frac{B_{\text{пш}}}{V_{\text{пш}}}, \quad (1)$$

где $t_{\text{пш}}$ – время необходимое для перехода проезжей части пешеходами, с;

$B_{\text{пш}}$ – ширина пересекаемой проезжей части, м;

$V_{\text{пш}}$ – скорость перехода проезжей части пешеходом (принимается 1,3 м/с), м/с.

Как видно из формулы (1), в современной методике расчета разрешающего такта для пешеходного движения отсутствуют какие-либо параметры характеризующие интенсивность пешеходного движения. Это значит, что на перекрестках с интенсивностью 50 или 5000 пешеходов в час, будет одинаковое расчетное время перехода проезжей части.

Из отечественной литературы стоит отметить научные исследования Ермакова Ф.Х. [3], направленные на решения проблемы безопасности пешеходного движения в городах. Ермаковым в соответствии с проведенными им обследованиями, предложена формула расчета времени разрешающего сигнала для пешеходов с учетом интенсивности их движения:

$$t_{зп} = \frac{N_{п}(t_{жз} + t_{кп} + t_{жк}) + 1000 * b_{п} * D_{п} * (3,6B + V_{п}(t_{рп} + t_{\Delta}))}{1000 * V_{п} * b_{п} * D_{п} - N_{п}}, \quad (2)$$

где $t_{зп}$ – продолжительность зеленого сигнала светофора по пешеходному движению на перекрестке или перегоне, с;

$N_{п}$ – фактическая интенсивность пешеходного движения, пеш./ч;

$t_{жз}$ – продолжительность желтой фазы светофора после зеленого сигнала, с;

$t_{кп}$ – продолжительность красного сигнала светофора по пешеходному движению на перекрестке или перегоне, с;

$t_{жк}$ – продолжительность желтой фазы светофора после красного сигнала, с;

$b_{п}$ – ширина пешеходного перехода, м;

$D_{п}$ – плотность пешеходного движения, пеш./м²;

B – ширина проезжей части, м;

$V_{п}$ – скорость пешеходов, км/ч;

$t_{рп}$ – время реакции и решения пешехода перейти проезжую часть и трогания с места, с;

t_{Δ} – время задержки пешеходов, вызываемой поворотным движением транспортных средств, с.

Как видно из формулы (2), Ермаковым учтена не только интенсивность пешеходного движения, но и ширина пешеходного перехода, а также плотность движения пешеходов. Стоит отметить, что уточненная формула (2) для расчета пешеходных фаз, в практике организации дорожного движения не получила распространения.

В этой связи в Екатеринбурге были проведены обследования пешеходного движения, направленные на выявления изменения их закономерностей во времени. Первоначально обследования были проведены на трех узлах в течение рабочих суток. Для обследования специально выбиралось три отдельных точки расположенных в центре города, в промышленной зоне и в спальном районе.

Как видно из рисунка 1, разные узлы при обследовании показали разные данные по интенсивности движения пешеходов в течение суток.

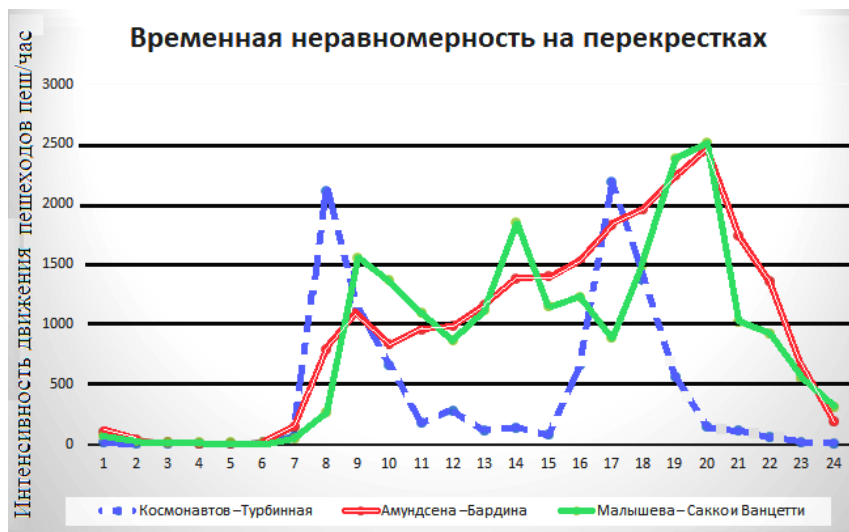


Рисунок 1 – Картограмма интенсивности пешеходного движения в городе Екатеринбурге в течение суток (рабочий день)

Первый обследуемый узел находится в промышленной зоне, рядом с которым расположено несколько производственных предприятий и фактически нет жилой недвижимости. Как видно из рисунка 2, данный узел имеет два ярко выраженных пика пешеходного движения. В утренний и вечерний час пик интенсивность пешеходного движения на данном пересечении достигает значения 2200 пешеходов в час. При этом в межпиковый период объем пешеходного движения падает в несколько десятков раз по сравнению с пиковыми часами. Полученные данные логичны, работники предприятия приходят утром на работу, а вечером уходят с нее. В течение рабочей смены на таких предприятиях объем перемещения за границу территории завода минимальны, поэтому нами и были выявлены два ярко выраженных пика пешеходного движения.

Второй обследуемый узел находится в центральной деловой части города. Как видно из рисунка 2, интенсивность движения на данном пересечении меняется в течении суток по несколько иной закономерности. Если рядом с промышленными предприятиями пиковые периоды движения пешеходов зафиксированы в 8.00 и 17.00, то в центральной части – часы пик выявлены в 9.00 и 20.00. Кроме утреннего и вечернего часов пик, присутствует также и обеденный час пик. Отличительной чертой межпикового периода центральной зоны является минимальное снижение интенсивности движения пешеходов. Это значит, что в межпиковый период (за исключением времени после 22.00 и до 8.00) в центральной части города присутствует достаточно большой объем пешеходного движения.

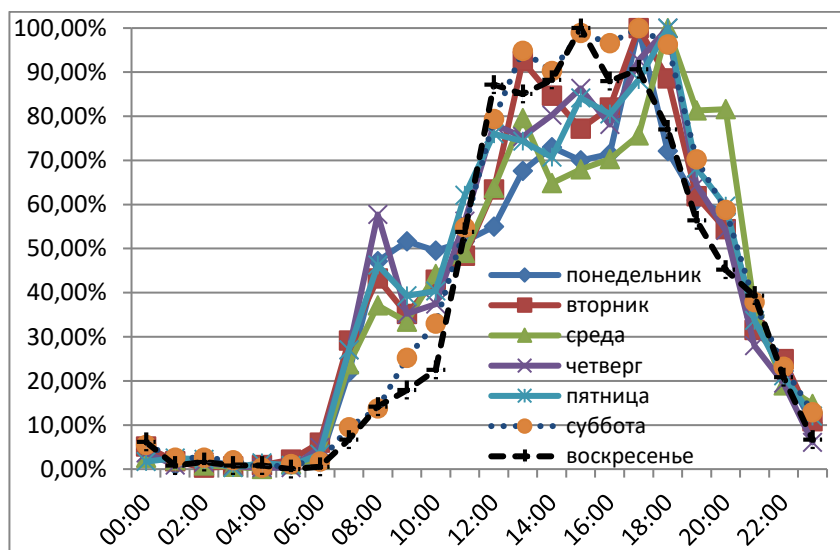


Рисунок 2 – Суточные изменения интенсивности движения пешеходов в течение суток на пересечении улиц Бардина-Амундсена

Это связано с тем, что после утреннего часа пик, когда работники приехали на работу, в центральную часть города осуществляются деловые поездки, а также перемещений самих работников этих предприятий по рабочим вопросам за пределы учреждения. Наличие в центральной части города огромного количества заведений торгово-

развлекательного направления накладывает отпечаток на объем пешеходного движения в вечерний час пик и его продолжительность.

Третий обследуемый узел представляет собой перекресток в спальном районе. Как видно из рисунка 2, в спальном районе интенсивность движения пешеходов резко увеличивается к 8.00 и растет до 9.00. После утреннего часа пик наблюдается некоторый спад интенсивности движения, после которого начинается его постепенный рост до 20.00. После вечернего часа пик, интенсивность пешеходного движения резко снижается вплоть до 24.00.

В спальном районе утренний час пик, примерно в два раза менее интенсивный, чем вечерний. Безусловно, жизнь спальных районов протекает несколько иным способом, чем в деловых и промышленных зонах. Утром взрослое население отправляется на работу, дети идут в учебные заведения. После обеда школьники возвращаются домой, а в вечерний час пик их родители по ходу движения с работы – домой, заходят в магазины, учреждения финансовой и коммунальной сферы, создавая тем самым большой объем пешеходного движения в вечерний час пик.

После проведения суточных обследований, авторами статьи была предпринята попытка провести недельное обследование интенсивности пешеходного движения. Как видно из рисунка 2, в течение недели интенсивность движения пешеходов также меняется в значительных пределах. Если отдельно выделить рабочие и выходные дни, то видно, что у них различные закономерности изменения интенсивности движения в течение суток. В рабочие дни (в спальном районе) пиковый период движения наступает в вечерний час пик. Несколько иная ситуация наблюдается в выходные дни. Во-первых, пик пешеходного движения приходится на обеденный период времени. Во вторых в выходные дни нет утреннего часа пик.

Анализ общего объема перемещений пешеходов за сутки, позволил выявить закономерности изменения движения в течение недели. Как видно из рисунка 3, спальные и промышленные районы имеют значительные отличия в пешеходном движении в течение недели. Если в спальном районе суточная интенсивность движения пешеходов меняется незначительно, то в промышленном районе выходные дни в несколько раз менее загружены пешеходами, чем в рабочие. Таким образом, видно, что промышленные районы имеют

не только ярко выраженные пик пешеходного движения в рабочие дни, но и ярко выраженные объемы суточных перемещений.

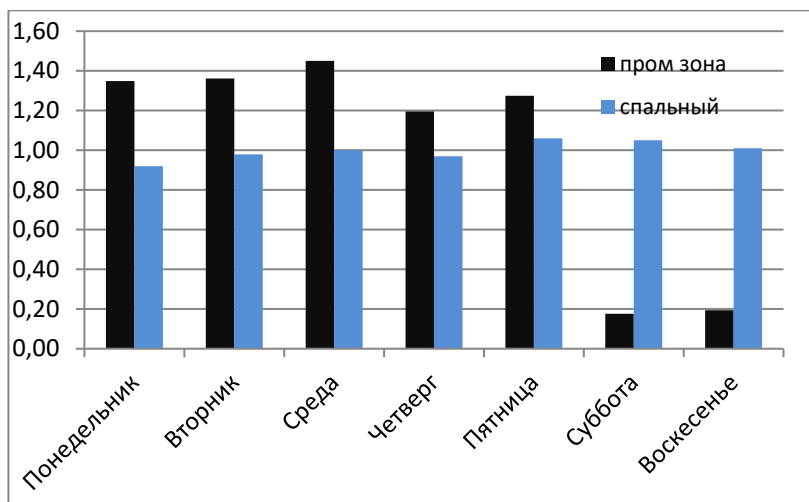


Рисунок 3 – Суточные колебания интенсивности пешеходного движения в течение недели

В заключение необходимо отметить, что исследования Ф.Х. Ермакова [3] актуальны на современном этапе управления дорожным движением. Как справедливо указывал Ермаков, к организации пешеходного движения на регулируемых объектах необходим дифференцированный подход. Особенно это касается мест массового скопления пешеходов, которые не успевают перейти проезжую часть.

Литература

1. Кременец, Ю.А. Технические средства организации дорожного движения: учеб. для вузов / Ю.А. Кременец. – М.: Транспорт, 1990. – 255 с.
2. Методические рекомендации по проектированию светофорных объектов на автомобильных дорогах: ОДМ 218.6.003-2011.
3. Ермаков, Ф.Х. Исследование некоторых вопросов организации и безопасности пешеходного движения: автореферат диссертации на соискание степени канд. техн. наук / Ф.Х. Ермаков. – Москва: МАДИ, 1969. – 36 с.

Окончательно поступила 8 февраля 2018 г.