

К ВОПРОСУ О ЛИКВИДАЦИИ ДОРОЖНЫХ ЗАТОРОВ В ГОРОДЕ

Восканян К.Л., Иванова Т.И., Кузнецов А. Д.

ФГБОУ ВО «Российский государственный гидрометеорологический университет», г. Санкт-Петербург, e-mail: ivanowat04@gmail.com

Аннотация. Решение задачи обеспечения комфортного и безопасного передвижения на дороге, а так же ликвидация преград для движения транспортных средств (далее ТС), актуальны со времен их появления. В современных мегаполисах возникновение заторов на дорогах («пробок») в значительной степени снижают пропускную способность автомагистралей. На их появление влияют различные факторы. Это и дорожно-транспортные происшествия (ДТП), опасные метеорологические явления, ухудшающие видимость на трассе и уменьшение коэффициента сцепления между колесом и дорогой и др. Влияние всех этих факторов на характеристики автомобильного движения является важной практической задачей, поскольку позволяет разрабатывать схемы минимизации такого влияния. В данной работе будут рассмотрено влияние антропогенных факторов и метеорологических явлений на возникновения дорожных заторов, а также предложены возможные способы их минимизации.

Ключевые слова: Интенсивность движения, плотность потока, средняя скорость, метеорологические явления, расчетная скорость, осадки.

TOWARD ELIMINATING TRAFFIC CONGESTION IN THE CITY

Voskanyan K.L., Ivanova T.I., Kuznetsov A.D.

Russian State Hydrometeorological University, St. Petersburg, e-mail: ivanowat04@gmail.com

Annotation. Solving the problem of ensuring comfortable and safe movement on the road, as well as the elimination of obstacles to the movement of vehicles (hereinafter referred to as vehicles), have been relevant since their appearance. In modern megacities, the occurrence of traffic jams ("traffic jams") significantly reduces the capacity of motorways. Their appearance is influenced by various factors. These include traffic accidents, dangerous meteorological phenomena that impair visibility on the highway and reduce the coefficient of adhesion between the wheel and the road, etc. The influence of all these factors on the characteristics of automobile traffic is an important practical task, since it allows us to develop schemes to minimize such an impact. In this paper, the influence of anthropogenic factors and meteorological phenomena on the occurrence of traffic jams will be considered, as well as possible ways to minimize them.

Keywords. Traffic intensity, flow density, average speed, meteorological phenomena, estimated speed, precipitation.

Основные понятия и определения

Для более точной формулировки причин возникновения преград вызванных антропогенными факторами, ознакомимся с основными терминами, характеризующие дорожное движение.

- Интенсивность дорожного движения – это количество ТС, проходящих через сечение дороги в единицу времени в обоих направлениях.
- Плотность потока – является пространственной характеристикой, определяющей степень стесненности движения (загрузки полосы дороги).
- Дорожный затор – скопление на дороге ТС, движущихся со средней скоростью, значительно меньшей, чем нормальная скорость для данного участка дороги.
- Максимально разрешённая скорость – максимально разрешенная скорость ТС, которую можно развивать на определенном участке дороги.

- Пропускная способность дороги – максимальное количество автомобилей, которое может пропустить дорога в оба направления без затруднения движения.
- Стоп-волна – движущееся возмущение в распределении автомобилей на участке дороги.
- Метеорологические явления – природные явления, связанные с погодой и климатом (в том числе атмосферные осадки – это вода в твёрдом, жидком или газообразном состоянии, выпавшая на земную поверхность из атмосферы).

Постановка задачи

В первую очередь рассмотрим исследуемый участок дороги от Дальневосточного проспекта до Октябрьской набережной город Санкт-Петербург (рис. 1).

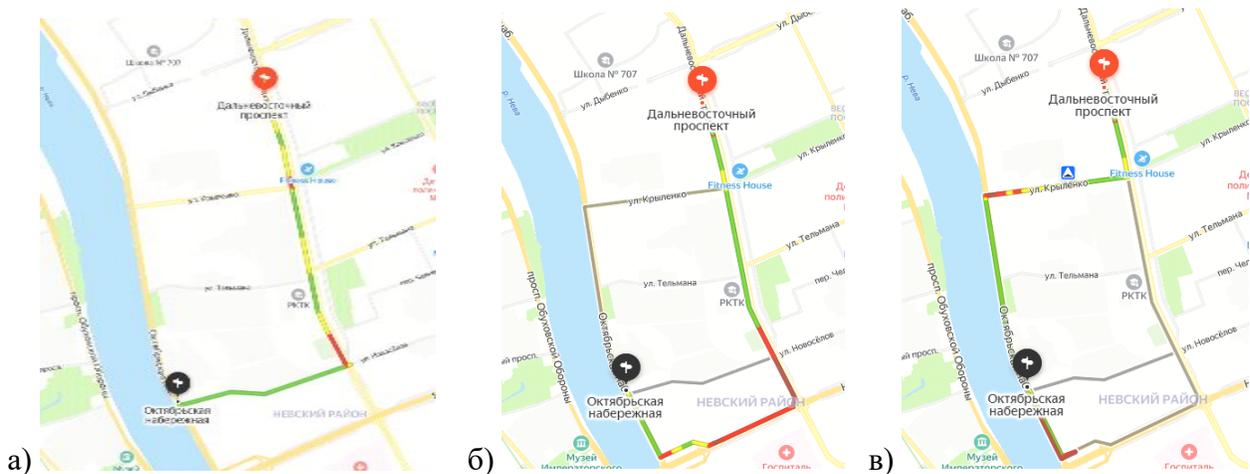


Рисунок 1. Варианты проезда на выбранном участке [5]

При изучении данного участка дороги, воспользуемся информацией от сервиса «Яндекс карты», который предлагает три способа добраться из пункта А в пункт Б.

- вариант а: длина маршрута составляет 2,6 км, время в дороге 8 минут (рис. 1а);
- вариант б: длина маршрута составляет 3,3 км, время в дороге 22 минуты (рис. 1б).
- вариант в: длина маршрута составляет 3,7 км, время в дороге 17 минут (рис. 1в).[5]

Из трех предложенных вариантов, рассмотрим самый короткий (вариант а). На выбранном участке дороги в 10.00 дорожная обстановка следующая: видны участки с небольшим уплотнением движения ТС, а также один небольшой затор, перед светофором.

Определение интенсивности дорожного движения и направления движения транспортных средств

На данный момент оценка показателей транспортных потоков основана на эксплуатации различных датчиков, видеокамер и ручного подсчета, что требует использования больших материальных и человеческих ресурсов [1,2].

Существует перспективный способ определения направления движения ТС с помощью спутниковых изображений, который проходит поэтапно: вычисляются координаты центральной точки ТС, определяются координаты пересечения между центральной точкой автомобиля и ломаной осевой линией дороги, движение ТС определяется исходя из ранее полученных координат (рис. 2). Алгоритм является составным компонентом специального программного обеспечения. На вход подаются данные об участке дороги и о местоположении и размерах каждого ТС на участке. На выходе – для каждого транспортного средства определяется направление движения: прямое или обратное. [1,2]



Рисунок 2. Определение принадлежности ТС к одному из направлений дорожного полотна

В данной работе будем использовать традиционный подход. Определим интенсивность транспортного потока проведя серию расчетов. Сперва определим, как влияют различные факторы на интенсивность движения. Для этого воспользуемся формулой 1:

$$N_{ij} = \frac{P_p * K_c * V_l * Q_l * \tau_l * K_l}{1000 * L_{пр}^2} + \frac{P_p * K_c * V_a * Q_a * \tau_a * K_a}{1000 * L_{пр}^2} + \frac{P_p * K_c * V_r * Q_r * \tau_r * K_r}{1000 * L_{пр}^a} \quad (1)$$

где N_{ij} – ожидаемая среднегодовая суточная интенсивность движения на участке дороги

между двумя точками (i и j), авт./сут.;

P_p – суммарная приведенная численность населения на участке между двумя точками, (жит.);

K_c – коэффициент связанности точек i и j , определяемый в зависимости от их административной значимости и подчиненности;

V_l, V_a, V_r – средняя скорость движения легковых автомобилей, автобусов и грузовых ТС в эталонных условиях, соответственно (км/ч);

Q_l, Q_a, Q_r – существующий или перспективный уровень насыщения территории легковыми автомобилями, автобусами и грузовыми ТС, соответственно (авт./1000 жит.);

τ_l, τ_a, τ_r – средняя продолжительность рабочего дня в сутки для легковых ТС, автобусов и грузовиков (ч/сут);

K_l, K_a, K_r – коэффициент, характеризующий эксплуатацию легковых ТС, автобусов и грузовых ТС;

$L_{пр}$ – приведенное расстояние между двумя точками, (км);

a – показатель степени, используемый при расчете интенсивности движения грузовых автотранспортных средств.

Все значения параметров (табл. 1), входящих в формулу 1 рассчитывались согласно методике, приведенной в руководстве [3].

Таблица 1

Численные значения параметров, входящих в формулу (1)

Величина	Значение
P_p	70000 чел.
K_c	1
Q_l	47 авт./1000 жит
V_l	50 км/ч
τ_l	1 ч/сут
K_l	0,75
Q_a	0,043 авт./1000 жит
V_a	50 км/ч
K_a	0,6
Q_r	0,022 авт./1000 жит
τ_a	5 ч/сут
V_r	40 км/ч
τ_r	9,5 ч/сут
K_r	0,525
a	0,25
$L_{пр}$	2,6 км

Используя полученные значения, найдем интенсивность движения на выбранном участке (табл. 2).

Таблица 2

Численные значения интенсивности

Наименование	Значение в сутки, авт/сут	Значение в час, авт/ч
N_{ij}	18374,3	765,6

Вычислим плотность дорожного потока, используя формулу 2.

$$\rho = \frac{Q}{V} \quad (2)$$

где, Q – интенсивность движения (авт/ч);

V – скорость движения ТС (км/ч);

ρ – плотность потока (авт/км).

Согласно расчетам, плотность потока при интенсивности, представленной в таблице 3, составляет 15,3 атм/км за один час времени. Как известно [4], для полосы движения при значении плотности дорожного потока в диапазоне $\rho=8-15$ авт/км – образуются очереди ТС, а для полосы движения при $\rho=15-25$ авт/км формируется плотный поток, но без очередей, или стоп-волн. Хорошо видно, что даже при отсутствии метеорологических явлений дорога на выбранном участке не справляется с такой интенсивностью ТС.

Посмотрим, как изменится плотность потока при наличии метеорологических явлений (дождь, снегопад, гололед и туман).

Таблица 3

Численные значения расчетной скорости и плотности потока при различных метеорологических явлениях

	Метеорологические явления				
	ясно	дождь	снегопад	гололед	туман
Расчетная скорость ТС, км/ч	60	45	30	12	36
Интенсивность движения авт/ч	765,6	765,6	765,6	765,6	765,6
Плотность потока, атм/км	15,3	17	25,5	63,75	21,25

Анализ данных, представленных в таблице 3 показывает, что при рассчитанной ранее интенсивности движения 765,6 авт/ч, наибольшее влияние на увеличение плотности потока оказал гололед (63,75 авт/км), расчетная скорость при котором составила 12 км/ч. Это приведет к появлению участков дороги со стоящим трафиком.

Расчетная скорость при таких явлениях, как туман и снегопад отличается всего на 6 км/ч, а плотность потока составляет при тумане 20,25 атм/км, при снегопаде 25,5 авт/км, что характерно для возникновения стоп-волн.

Самая высокая расчетная скорость получилась при таком атмосферном явлении как дождь (45 км/ч), а плотность потока при дожде составила 17 атм/км, что приводит к формированию плотного потока.

Заключение

В результате проведенных расчетов была найдена интенсивность дорожного движения на выбранном участке дороги (765,6 авт/ч), при рассмотрении антропогенных факторов.

Плотность потока на выбранном участке в ясную погоду имеет значение 15,3 авт/км, что характерно для формирования плотного потока, что скорее всего связано с большим обилием светофоров.

В качестве методов ликвидации заторов можно предложить несколько способов:

- снизить необходимость использования ТС (увеличить количество школ и рабочих мест в районе, ввести перехватывающие парковки);
- более корректно отрегулировать режимы работы светофоров на перекрестках, учитывая количество пешеходов и ТС;
- ограничить парковку ТС в правых полосах проезжей части, при наличии дублеров, бесплатной стоянки во дворах или специально отведенных местах.

Однако при рассмотрении этого же участка во время различных метеорологических явлений, можно сказать, что плотность потока начинает увеличиваться, самое свободное движение будет наблюдаться при дожде, а самое плотное при гололеде. Ликвидировать данные факторы возникновения заторов можно с помощью:

- быстрого и своевременного реагирования коммунальных служб на прогноз погоды;
- тщательной работы коммунальных служб при возникновении снежного покрова на дорогах и образования гололеда;
- усовершенствования ливневой канализации для лучшего оттока воды, особенно в переходные периоды года.

Литература

1. Тормозов В.С. Подсчет и распознавание автомобилей на спутниковых снимках // Ученые заметки

ТОГУ. 2017. Т. 8. № 3. С. 126–134.

2. В.С. Тормозов, А.Л. Золкин, А.У. Менциев Алгоритм определения направления движения локализованных объектов транспортных потоков на цифровых космических снимках. Программные продукты и системы, 2021. Т. 34. № 2. С. 289–294
3. Руководство по прогнозированию интенсивности движения на автомобильных дорогах. Отраслевой дорожный методический документ. Министерство транспорта российской федерации государственная служба дорожного хозяйства. Москва 2003 г., 69 стр.
4. Наука и техника в дорожной отрасли «Advanced science and technology for highways»: международный научно-технический журнал. Москва, 2024, № 2 (15-20).
5. Яндекс карты (Электронный ресурс). Режим доступа: <https://yandex.ru>