

УДК 519.872.6: 656.021.2: 656.072-05: 656.11: 656.13

Брехман А.И. – доктор технических наук, профессор

Мусин В.И. – аспирант

E-mail: V.I.Musin@mail.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Исследование транспортно-эксплуатационных показателей и определение их закономерностей на обходных автомобильных дорогах вокруг средних и малых городов Республики Татарстан

Аннотация

Немаловажную роль в повышении уровня экологии и безопасности в городах и населенных пунктах решает вынос транзитного движения автотранспорта за их пределы. Особенно интенсивной транспортной нагрузке подвергаются городские участки магистральных дорог. Для развязки движения на подходах к городам, с целью исключения проезда через него транзитного транспорта, строятся обходные и объездные автомобильные дороги.

Целью данной работы является определение закономерности изменения интенсивности и состава движения, средней скорости движения при различных дорожных условиях на обходных автомобильных дорогах вокруг средних и малых городов Республики Татарстан для определения их пропускной способности, выбора числа полос движения, а также оценки безопасности дорожного движения, установления закономерности режима движения транспортных потоков и расхода топлива транспортных средств в конкретных дорожных условиях.

Ключевые слова: интенсивность движения, состав транспортного потока, скорость движения, плотность движения, обходные дороги.

Важнейшей характеристикой транспортного потока являются интенсивность и состав движения. Интенсивность и состав движения определяют значимость дороги, геометрические элементы, требуемый уровень организации движения, финансирование службы эксплуатации дороги и т.д.

Наблюдения за движением на обходных автомобильных дорогах вокруг средних и малых городов Республики Татарстан проводились с 2008 по 2013 годы.

Определение закономерности изменения интенсивности и состава движения проводилось на автодороге «Обход городов Зеленодольска и Волжска» как одной из характерных обходных автодорог в Республике Татарстан на основе учета интенсивности и состава движения.

В ходе наблюдений выявлено, что существенное изменение интенсивности движения на обходных автодорогах Республики Татарстан происходит с середины мая до середины октября с пиком в июле-августе-сентябре (рис. 1). Эти факты можно объяснить тем, что в эти периоды происходит усиленное массовое перемещение населения в связи с изменениями хозяйственной деятельности, проведением посевных кампаний и сбором урожая, неравномерным использованием личных автомобилей, наличием массовых отпусков. В мае происходит снижение интенсивности движения из-за ежегодного введения ограничения движения грузовых автомобилей с нагрузкой на ось более 6 тонн на период весенней распутицы на региональных дорогах Республики Татарстан и 7-8 тонн на ось на автодорогах федерального значения. В течение года интенсивность движения резко уменьшается в зимние месяцы. Этот период характеризуется низкими температурами воздуха и отсутствием массовых сельскохозяйственных работ.



Рис. 1. Изменение среднемесячной суточной интенсивности движения на автомобильной дороге «Обход городов Зеленодольска и Волжска»

Анализ изменения интенсивности движения в течение недели показывает, что наибольшая ее величина приходится на субботу и составляет около 16 % от суммарной интенсивности за неделю. Наибольшая интенсивность движения (с преобладанием легковых автомобилей) наблюдается в пятницу и субботу. В течение недели, кривая распределения интенсивности движения медленно растет с резким увеличением в пятницу и субботу (рис. 2).



Рис. 2. Изменение средненедельной суточной интенсивности движения на автомобильной дороге «Обход городов Зеленодольска и Волжска» в феврале-марте 2013 года

В понедельник интенсивность движения начинает увеличиваться и составляет более 12 % средненедельной суточной интенсивности движения. Во вторник, среду и четверг интенсивность движения сильно не меняется и составляет около 15 % средненедельной суточной интенсивности движения. В середине недели интенсивность движения приблизительно равна среднесуточной интенсивности движения в течение недели.

Интенсивность движения в течение суток меняется крайне неравномерно. Период наибольшей интенсивности наблюдается с 11 часов утра до 17 часов вечера. В среднем имеют место два «пиковых» периода с 10 до 12 часов дня и с 14 часов дня до 16 часов вечера. В период с 0 до 7 часов утра кривая распределения колеблется относительно в небольших пределах (рис. 3).



Рис. 3. Изменение среднесуточной часовой интенсивности движения на автомобильной дороге «Обход городов Зеленодольска и Волжска» в феврале-марте 2013 года

При оценке колебаний значений интенсивности движения по месяцам наиболее целесообразным представляется применение коэффициентов неравномерности. Наиболее существенные колебания интенсивности наблюдаются по сезонам года. Эти колебания вызваны изменением хозяйственной деятельности, проведением посевных кампаний и сбором урожая, неравномерным использованием частных автомобилей, наличием периода массовых отпусков. Особенным и характерным периодом для Республики Татарстан является период весенней распутицы. Для сохранности сети региональных дорог правительство Республики Татарстан своим постановлением ежегодно вводит ограничение движения грузовых автомобилей с нагрузкой на ось до 6 т на дорогах регионального значения. Данный период длится до 45 дней в зависимости от погодных-климатических условий, в основном проходит в период с 1 апреля по 10 мая и составляет не более 30 дней [1].

С использованием статистических данных учета интенсивности движения определены на двухполосных объездных и обходных автомобильных дорогах вокруг средних и малых городов коэффициенты месячной неравномерности интенсивности движения в условиях Республики Татарстан на примере автодороги «Обход городов Зеленодольска и Волжска» [2]:

– для летнего сезона года:

$$N_{лет.сут} = (0,96 - 1,67)N_{год.сут}, \quad (1)$$

где $N_{лет.сут}$ – среднесуточная интенсивность движения в период летнего сезона, тр.ед./сут.; $N_{год.сут}$ – среднегодовая суточная интенсивность движения, тр.ед./сут.;

– для зимнего сезона года:

$$N_{зим.сут} = (0,61 - 0,76)N_{год.сут}, \quad (2)$$

где $N_{зим.сут}$ – среднесуточная интенсивность движения в период зимнего сезона, тр.ед./сут.; $N_{год.сут}$ – среднегодовая суточная интенсивность движения, тр.ед./сут.;

– для месяцев года:

$$N_{мес.сут} = (0,53 - 1,67)N_{год.сут}, \quad (3)$$

где $N_{мес.сут}$ – среднемесячная суточная интенсивность движения, тр.ед./сут.; $N_{год.сут}$ – среднегодовая суточная интенсивность движения, тр.ед./сут.;

– для суток недели:

$$N_{сут} = (0,89 - 1,1)N_{нед.сут}, \quad (4)$$

где $N_{сут}$ – суточная интенсивность движения, тр.ед./сут.; $N_{нед.сут}$ – средненедельная суточная интенсивность движения, тр.ед./сут.;

– для дневных часов суток:

$$N_{днев.ч} = (0,56 - 0,92)N_{сут/ч}, \quad (5)$$

где $N_{\text{днев.ч}}$ – среднечасовая интенсивность движения в светлый период, тр.ед./ч; $N_{\text{сут.ч}}$ – среднесуточная часовая интенсивность движения, тр.ед./ч;

– для ночных часов суток:

$$N_{\text{ноч.ч}} = (0,28 - 0,36)N_{\text{сут.ч}}, \quad (6)$$

где $N_{\text{ноч.ч}}$ – среднечасовая интенсивность движения в ночной период, тр.ед./ч; $N_{\text{сут.ч}}$ – среднесуточная часовая интенсивность движения, тр.ед./ч;

– для часа «пик» дня:

$$N_{\text{час.пик}} = (0,068 - 0,11)N_{\text{сут.ч}}, \quad (7)$$

где $N_{\text{пик.ч}}$ – часовая интенсивность движения в часы «пик», тр.ед./ч; $N_{\text{сут}}$ – суточная интенсивность движения, тр.ед./сут.

Транспортный состав движения также меняется по годам. Наблюдения с января по декабрь 2013 года на автодороге «Обход городов Зеленодольска и Волжска» показывают, что состав движения по часам суток и дням недели меняется в больших пределах и в среднем составляет: 64 % – легковых автомобилей; 32 % – грузовых автомобилей (всех типов грузовых автомобилей) и 4 % – автобусов.

Существенных колебаний интенсивности движения в течение месяца не отмечается. Наиболее заметные колебания интенсивности наблюдаются по сезонам года под влиянием метеорологических, погодных-климатических условий и введением временного ограничения грузового движения в период весенней распутицы.

Постоянные колебания интенсивности движения на автомобильных дорогах приводят к изменению условий движения и состояния транспортного потока и, следовательно, изменяют потребительские свойства дороги, уровень аварийности, эмоциональную напряженность водителей и удобства движения по дороге.

Для расчета перспективной интенсивности на период до 2020 года и последующие годы в Республике Татарстан принят ежегодный прирост в размере 5 % [3-5]. Данный показатель (процент) определен на основании анализа роста интенсивности с 2000 года, когда стала наблюдаться некоторая стабилизация роста транспортного потока после лавинообразного всплеска интенсивности в 90-х годах XX столетия (прогноз интенсивности движения).

Прогнозируемый состав движения на 2033 год на исследуемой автомобильной дороге будет составлять: 67,1 % – легковые автомобили, 28,9 % – грузовые автомобили и 4 % – автобусы [6].

По сравнению с 2013 годом в 2023 году среднегодовая среднесуточная интенсивность увеличится в 2,65 раза.

Таким образом, можно предположить, что в ближайшее десятилетие будет продолжаться рост доли легковых автомобилей в транспортном потоке.

Скорость движения занимает важное место в проектировании автомобильных дорог, так как скорость является важнейшей характеристикой транспортно-эксплуатационных качеств автомобильных дорог [7].

Исследование закономерности изменения средней скорости движения транспортных средств на обходных автомобильных дорогах вокруг средних и малых городов республики имеет большое значение для определения их пропускной способности и выбора числа полос движения, а также оценки безопасности дорожного движения, установления закономерности режима движения транспортных потоков и расхода топлива транспортных средств в конкретных дорожных условиях.

Скорость движения как отдельных автомобилей, так и средняя скорость всего транспортного потока зависит от интенсивности, плотности и состава движения транспортного потока [7]. Результаты проведенных наблюдений показали, что с увеличением интенсивности и скорости движения интервал между движущимися друг за другом автомобилями уменьшается, они начинают сближаться.

При увеличении средней часовой интенсивности движения от 50 авт./час до 300 авт./час меняется состояние транспортного потока и снижается количество обгонов в связи с уменьшением числа интервалов во времени, достаточных для обгона. Все это

приводит к снижению величины средней скорости транспортных средств (на 20 км/ч для легковых автомобилей, на 4 км/ч для грузовых автомобилей, на 4,5 км/ч для автобусов и на 2,5 км/ч для автопоездов).

Наблюдения за средними скоростями движения транспортных средств на экспериментальной автодороге показали, что чем больше доля грузовых автомобилей, тем меньше средняя скорость транспортных средств.

При изменении доли грузовых автомобилей большой грузоподъемности в потоке (с 19 % до 32 %) разность средней скорости составляет для легковых автомобилей 3 км/ч и автопоездов – 4 км/ч. При увеличении доли вышеуказанных автомобилей разность средней скорости транспортных средств увеличивается.

Обобщенные результаты исследований средней скорости движения транспортных средств на автомобильной дороге «Обход городов Зеленодольска и Волжска» в целях выявления закономерностей их изменения с учетом влияния изменений дорожных условий путем обработки данных наблюдений с помощью метода наименьших квадратов позволили получить следующие уравнения:

1. Зависимость средней скорости движения транспортных средств (v , км/ч) от средней часовой интенсивности движения на полосе (N , авт./ч) при $100 \leq N \leq 900$ авт./час:

– для легковых автомобилей:

$$v = -0,814N^2 + 7,1338N + 61,98; R^2 = 0,7351; \quad (8)$$

– для грузовых автомобилей:

$$v = -0,2215N^2 + 1,6749N + 66,16; R^2 = 0,5993, \quad (9)$$

где R^2 – коэффициент детерминации.

2. Зависимость средней скорости движения транспортных средств (v , км/ч) от средней часовой плотности движения на полосе (q , авт./ч) при $125 \leq q \leq 265$ авт./полос/ч:

– легковых автомобилей:

$$v = -0,0246q^2 + 0,4478q + 73,474; R^2 = 0,1804; \quad (10)$$

– для грузовых автомобилей:

$$v = -0,0108q^2 + 0,3552q + 67,733; R^2 = 0,2872, \quad (11)$$

где R^2 – коэффициент детерминации.

3. Зависимость средней скорости движения транспортных средств (v , км/ч) от ширины проезжей части (B , м) при $6 \leq B \leq 9$:

– для легковых автомобилей:

$$v = 0,25x^2 + 1,25x + 72,75; R^2 = 0,951; \quad (12)$$

– для грузовых автомобилей:

$$v = 6E - 14x^2 + 3,2x + 59; R^2 = 0,984, \quad (13)$$

где R^2 – коэффициент детерминации.

4. Зависимость средней скорости движения транспортных средств (v , км/ч) от ширины обочины (b , м) при $1,0 \leq b \leq 2,5$ м:

– легковых автомобилей:

$$v = 9E - 14N^2 + 2,45N + 66,15; R^2 = 0,943; \quad (14)$$

– для транспортного потока:

$$v = 0,1N^2 + 2,74N + 63,2; R^2 = 0,978. \quad (15)$$

5. Зависимость средней скорости движения транспортных средств (v , км/ч) от ровности покрытия (s , м/км) при $2,7 \leq s \leq 5,45$ м/км:

– легковых автомобилей:

$$v = -0,009s^2 + 0,04s + 67,71; R^2 = 0,071; \quad (16)$$

– для грузовых автомобилей:

$$v = -0,05s^2 + 0,704s + 62,22; R^2 = 0,169, \quad (17)$$

где R^2 – коэффициент детерминации.

Полученные закономерности средней скорости движения транспортных средств в зависимости от состояния автомобильных дорог позволяют оценить характер движения транспортного потока при различных дорожных условиях.

Согласно проведенному анализу состояния аварийности на основных обходных автодорогах Республики Татарстан, количество ДТП из года в год увеличивается средними темпами несмотря на реализацию на территории Республики Татарстан республиканских целевых программ по повышению безопасности дорожного движения с 2008 по 2013 и последующие годы до 2020 года, соответственно в среднем на 7-10 % в год.

Обработка информации ДТП за последние 15 лет показывает, что до 6 % всех ДТП, произошедших вне городов и населенных пунктов городов, концентрируется на основных обходных автомобильных дорогах Республики Татарстан и составляет 0,55 ДТП на 1 км в год, что в 3-3,5 раза выше, чем на остальных автомобильных дорогах республики [8-10].

Таким образом, существующая сеть обходных автомобильных дорог вокруг средних и малых городов Республики Татарстан требует ее модернизации в соответствии с ежегодной возрастающей интенсивности движения, в том числе большегрузного автомобильного транспорта и осевой нагрузки, а также высокой плотности дорожно-транспортных происшествий, приходящихся на 1 км обходных автомобильных дорог Республики Татарстан.

Список библиографических ссылок

1. Закон Республики Татарстан от 3 августа 2009 года № 43-ЗРТ «Об автомобильных дорогах и о дорожной деятельности на территории Республики Татарстан». – Режим доступа: garant.ru Республика Татарстан 203822
2. Сильянов В.В. Теория транспортных потоков в проектировании дорог и организации движения. – М.: Транспорт, 1977. – 303 с.
3. Республиканская целевая программа «Развитие транспортного комплекса Республики Татарстан на 2006-2010 годы». Закон РТ № 64 ЗРТ от 03.08.2006 г. – Режим доступа: base.garant.ru.
4. Долгосрочная целевая программа «Развитие транспортного комплекса Республики Татарстан на 2011-2015 годы». Постановление КМ РТ от 1.12.2011 г. № 983. – Режим доступа: garant.ru Республика Татарстан 368737.
5. Республиканская целевая программа «Развитие транспортной системы Республики Татарстан на 2014-2020 годы». Постановление КМ РТ № 1012 от 20.12.13 г. Режим доступа: garant.ru Республика Татарстан 517348.
6. Каганович В.Е., Пашкин В.К. Прогнозирование интенсивности движения методами математической статистики. – Алма-Ата, ЦБНТИ Минавтодора КазССР, 1971. – С. 67-91.
7. Бабков В.Ф., Афанасьев М.Б., Васильев А.П. и др. Дорожные условия и режимы движения. – М.: Транспорт, 1967. – 189 с.
8. URL: www.gibdd.ru (дата обращения: 22.02.2013 г.).
9. URL: www.gibdd.tatarstan.ru (дата обращения: 12.10.2014 г.).
10. URL: www.rpolice.ru (дата обращения: 12.10.2014 г.).

Brehman A.I. – doctor of technical sciences, professor

Musin V.I. – post-graduate student

E-mail: V.I.Musin@mail.ru

Kazan State University of Architecture and Civil Engineering

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

The study of transport-operational characteristics and determination of their laws on bypass roads around the middle and small cities of the Republic of Tatarstan

Resume

Export of overflying traffic of vehicle outward plays an important role in ecology and safety level increasing in cities and towns. Especially urban areas of trunk-roads are exposed to

intense traffic load. For junction of the traffic on the way to the cities in an effort to exclude of transit traffic passing across it bypasses and lateral road are built.

Analysis of accidents in the Republic of Tatarstan, shows that high accident risk is observed on both bypasses and lateral roads. Traffic accidents density per 1 km of roads on bypasses and lateral roads around cities and towns is 0,55, that 3-3,5 times higher than on other roads of the Republic of Tatarstan (0,16). More than 90 % of all accidents in the areas of the Republic of Tatarstan in 2013 were committed by drivers of transit transport. Only in this century in the country the building of bypasses and lateral roads is started to give weight to in an effort to low accident risk and improve the ecology in the cities and towns.

The aim of this work is to determine the patterns of change in the intensity and composition of motion, average speed under different road conditions on bypass roads around the middle and small cities of the Republic of Tatarstan for the determination of their carrying capacity, select the number of lanes as well as the assessment of road safety, to establish laws regime traffic flow and fuel consumption of vehicles in specific road conditions.

Keywords: traffic, traffic composition, speed, traffic density, bypass.

Reference list

1. Law of the Republic of Tatarstan, August 3, 2009 № 43-LRT «About roads and its activities in the territory of the Republic of Tatarstan». – Mode of access: garant.ru Republic of Tatarstan 203822.
2. Silyanov V.V. Theory of traffic flow in road design and traffic management. – M.: Transport, 1977. – 303 p.
3. Republican target program «Development of transport complex of the Republic of Tatarstan for 2006-2010». RT Law № 64 LRT from 03.08.2006. Mode of access: base.garant.ru.
4. The long-term target program «Transport complex development of the Republic of Tatarstan for 2011-2015». Resolution of the Ministry Cabinet of the Republic of Tatarstan from 01.12.2011 № 983. Mode of access: garant.ru Republic of Tatarstan 368737.
5. Republican target program «Development of Transport System of the Republic of Tatarstan for 2014-2020». Resolution of the Ministry Cabinet of the Republic of Tatarstan № 1012 20.12.13. Mode of access: garant.ru Republic of Tatarstan 517348.
6. Kaganovich V.E., Pashkin V.R. Traffic intensity forecasting with the methods of mathematical statistics. – Alma-Ata, Kazakh SSR TSBNTI Minavtodora, 1971. – P. 67-91.
7. Babkov V.F., Afanasyev M.B., Vasiliev A.P. and others. Road conditions and driving modes. – M.: Transport, 1967. – 189 p.
8. URL: www.gibdd.ru (reference date: 22.02.2013).
9. URL: www.gibdd.tatarstan.ru (reference date: 12.10.2014).
10. URL: www.rpolice.ru (reference date: 12.10.2014).