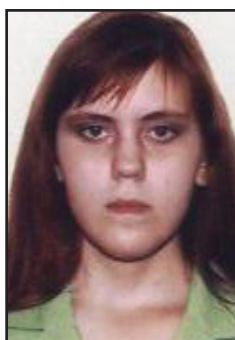


Организация автодорожного движения: пассажиропоток и аварийность



Николай ПЕНЬШИН
Nikolai V. PENSHIN

Александра ТИТОВА
Alexandra A. TITOVA



Пеньшин Николай Васильевич — кандидат экономических наук, доцент, заведующий кафедрой «Организация перевозок и безопасность дорожного движения» Тамбовского государственного технического университета (ТГТУ), Тамбов, Россия.

Титова Александра Александровна — магистрант кафедры «Агроинженерия» ТГТУ, Тамбов, Россия.

Traffic Organization: Passenger Flow and Accident Rate
(текст статьи на англ. яз. – English text of the article – p. 177)

В статье исследуется пассажиропоток по часам суток, по дням недели, по длине маршрута. Данные представлены в виде графиков. Также проведено исследование и составлен график аварийности применительно к одной из центральных улиц Тамбова. Выявлены закономерности и дана оценка мер по повышению безопасности движения.

Ключевые слова: автобус, троллейбус, общественный транспорт, безопасность движения, городской маршрут, пассажиропоток, скорость сообщения.

Всё чаще и настойчивее специалистами выдвигаются обоснованные предложения по решению транспортной проблемы в центральных частях больших и средних городов за счет более широкого использования автобусов и троллейбусов. Отдавая prerogative общественному транспорту, муниципальные власти снижают нагрузку на улично-дорожную сеть, это позволяет вводить ограничения для индивидуальных автомобилей на наиболее загруженных магистралях, особенно в пиковые часы.

На примере среднестатистического города Российской Федерации нами проведено исследование существующей организации дорожного движения [1]. В публикуемой статье даются характеристики пассажиропотока на главной улице Тамбова (Советская) и анализ статистики дорожно-транспортных происшествий, на основе которых ведется оптимизация городских маршрутов общественного транспорта и рассчитывается мощность пассажиропотоков.

Мощностью пассажирских потоков обозначается количество пассажиров, проезжающих в определенное время через

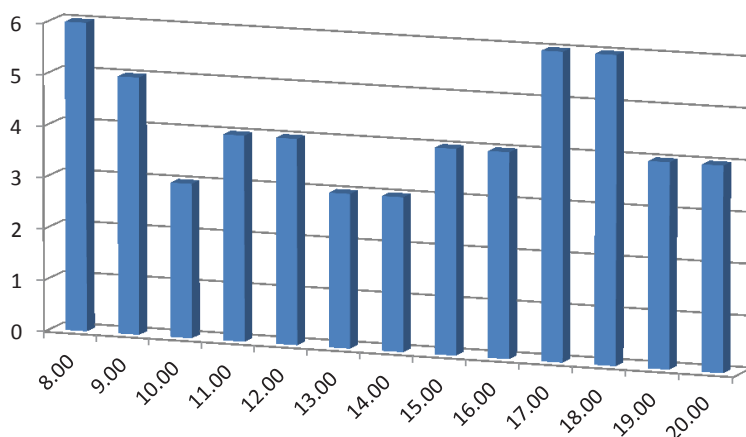


Рис. 1. Изменение пассажиропотоков по часам суток.

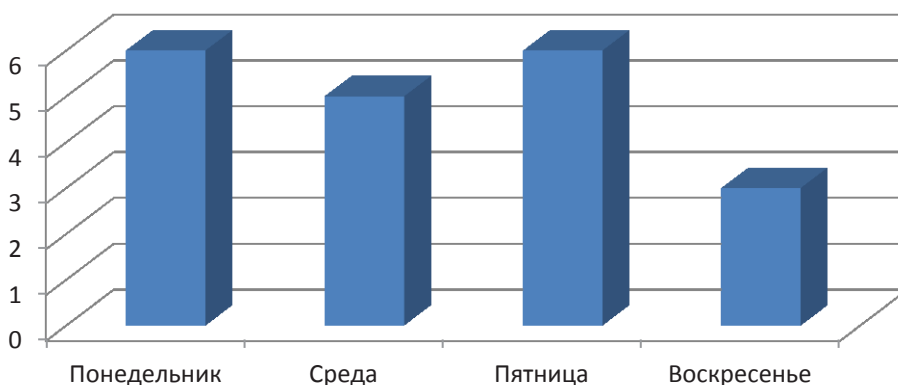


Рис. 2. Изменение пассажиропотоков по дням недели.

конкретное сечение маршрута или всей транспортной сети населенного пункта в одном направлении. Только имея данные о размере, направлении и распределении по территории пассажиропотоков, можно обоснованно выбрать трассу маршрутов, подобрать вид транспорта и тип подвижного состава, а также определить число требуемых транспортных средств.

Пассажиропоток характеризуется:

- мощностью или напряжённостью, т.е. количеством пассажиров, которое проезжает в определённое время на заданном участке маршрута в одном направлении;
- объёмом перевозок пассажиров, т.е. количеством пассажиров, перевозимых автобусами за определённый промежуток времени (час, сутки, месяц, год);
- пассажирооборотом, т.е. транспортными работами, выполняемыми при перевозке пассажиров.

Обременительной особенностью пассажиропотоков является их неравномер-

ность. Они изменяются по времени (часам, суткам, дням недели, периодам года и т.д.), по участкам маршрута (перегонам) и направлениям движения.

С помощью мониторинга пассажиропотока можно корректировать схемы отдельных маршрутов, расписание движения автобусов, назначение остановочных пунктов. Данные регулярных обследований удобны для разработки мер по улучшению обслуживания населения в часы-пик.

В ходе нашего исследования пассажиропотока применялся метод визуального наблюдения за наполнением подвижного состава. Результаты сведены в таблицу 1 и представлены на рис. 1–3.

Анализируя графики, фиксируем, что пиковыми моментами являются 8.00, 17.00 и 18.00. Наибольший пассажиропоток наблюдается в понедельник и пятницу, а в выходные дни он минимален.

При решении задач обеспечения безопасности дорожного движения часто





Таблица 1

Пассажиропоток: визуальные оценки

Дни недели	Время наблюдения	Северное направление улицы	Южное направление улицы
Понедельник	С 8.00 до 9.00	6 баллов	6 баллов
	С 9.00 до 10.00	5 балла	5 балла
	С 10.00 до 11.00	3 балла	3 балла
	С 11.00 до 12.00	4 балла	4 балла
	С 12.00 до 13.00	4 балла	4 балла
	С 13.00 до 14.00	3 балла	3 балла
	С 14.00 до 15.00	3 балла	3 балла
	С 15.00 до 16.00	4 балла	4 балла
	С 16.00 до 17.00	4 балла	4 балла
	С 17.00 до 18.00	6 баллов	6 баллов
	С 18.00 до 19.00	6 баллов	6 баллов
	С 19.00 до 20.00	4 балла	4 балла
Среда	С 8.00 до 9.00	6 баллов	6 баллов
	С 9.00 до 10.00	4 балла	4 балла
	С 10.00 до 11.00	3 балла	3 балла
	С 11.00 до 12.00	3 балла	3 балла
	С 12.00 до 13.00	4 балла	4 балла
	С 13.00 до 14.00	3 балла	3 балла
	С 14.00 до 15.00	3 балла	3 балла
	С 15.00 до 16.00	4 балла	4 балла
	С 16.00 до 17.00	4 балла	4 балла
	С 17.00 до 18.00	6 баллов	6 баллов
	С 18.00 до 19.00	6 баллов	6 баллов
	С 19.00 до 20.00	4 балла	4 балла
Пятница	С 8.00 до 9.00	6 баллов	6 баллов
	С 9.00 до 10.00	5 балла	5 балла
	С 10.00 до 11.00	3 балла	3 балла
	С 11.00 до 12.00	4 балла	4 балла
	С 12.00 до 13.00	4 балла	4 балла
	С 13.00 до 14.00	3 балла	3 балла
	С 14.00 до 15.00	4 балла	4 балла
	С 15.00 до 16.00	4 балла	4 балла
	С 16.00 до 17.00	5 баллов	5 баллов
	С 17.00 до 18.00	6 баллов	6 баллов
	С 18.00 до 19.00	5 баллов	5 баллов
	С 19.00 до 20.00	4 балла	4 балла
Воскресенье	С 8.00 до 9.00	2 балла	2 балла
	С 9.00 до 10.00	2 балла	2 балла
	С 10.00 до 11.00	3 балла	3 балла
	С 11.00 до 12.00	4 балла	4 балла
	С 12.00 до 13.00	4 балла	4 балла
	С 13.00 до 14.00	3 балла	3 балла
	С 14.00 до 15.00	3 балла	3 балла
	С 15.00 до 16.00	3 балла	3 балла
	С 16.00 до 17.00	4 балла	4 балла
	С 17.00 до 18.00	4 балла	4 балла
	С 18.00 до 19.00	3 балла	3 балла
	С 19.00 до 20.00	2 балла	2 балла

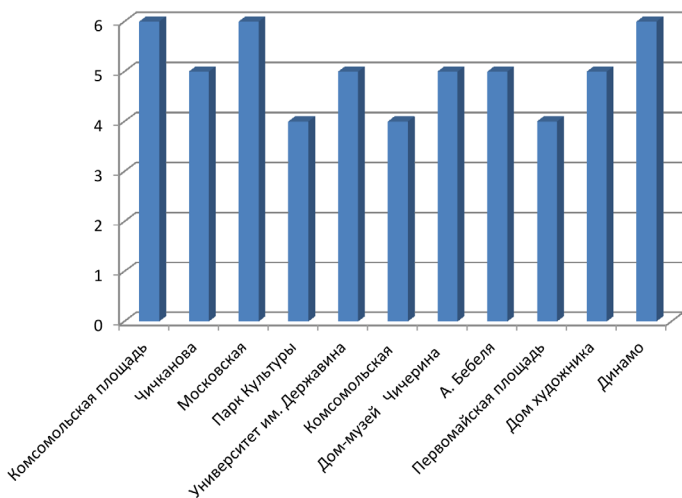


Рис. 3. Изменение пассажиропотоков по длине маршрута.

приходится сталкиваться с многоплановыми проблемами, которые должны быть приняты к рассмотрению для предотвращения дорожно-транспортных происшествий и их последствий.

Использование транспортных средств для перевозки пассажиров, грузов и выполнения других работ создает определенный риск для человека, и пока существует автомобиль, невозможно полностью исключить вероятность дорожно-транспортного происшествия. Следовательно, задача состоит в том, чтобы свести вероятность дорожно-транспортного происшествия к минимуму [2, с. 74–75]. А чтобы решить саму задачу, надо исследовать очаги дорожно-транспортных происшествий, выявить количество и наиболее распространенные виды ДТП.

Как правило, обстоятельства возникновения аварийных случаев на городских трассах чрезвычайно разнообразны. Однако анализ этих обстоятельств позволил найти некоторые общие их черты, что дало возможность разработать классификацию дорожно-транспортных происшествий [2, с. 75].

Анализ аварийности на выбранной для этого улице представлен в таблице 2 и на рис. 4.

Из полученных данных следует, что наиболее частым видом дорожно-транспортных происшествий является столкновение, из-за чего возникают значительные затруднения в движении по городским улицам, в том числе и для маршрутного пассажирского транспорта.

Если учесть, что в 2013 году в Тамбове было совершено 613 ДТП, в которых погибло 30 человек и 814 получили ранения [3], то доля аварий на Советской улице составила 13% от всех происшествий по городу, а из общего числа пострадавших погибло 10%, 13,4% получили ранения.

Для оценки степени аварийности на отдельных дорогах или дорожной сети в целом пользуются системой показателей, основанных на анализе количества и тяжести дорожно-транспортных происшествий с учетом пробега автомобилей, состояния автомобильного парка и других факторов.

Коэффициент относительной аварийности показывает число ДТП по отношению к пробегу автомобилей или к числу проездов автомобилей. В первом случае коэффициент характеризует степень аварийности на длинных и однородных по геометрическим параметрам участках дорог, во втором случае – на коротких участках (пересечения и примыкания, небольшие мосты, путепроводы и т.д.) [4].

$$U = \frac{z \cdot 10^6}{TLN}, \text{ ДТП на 1 млн автомобиле-километров; } (1)$$

$$U = \frac{z \cdot 10^6}{TN}, \text{ ДТП на 1 млн автомобилей, } (2)$$

где z – количество происшествий за период времени T ; T – период времени, сут.; N – среднегодовая интенсивность движения (средняя за период T), авт./сут.; L – длина участка дороги, км.

Для получения надежных значений коэффициентов относительной аварийно-



Таблица 2

Сводная таблица статистики ДТП

Вид ДТП	Количество ДТП данного вида	Количество погибших	Количество раненых
Наезд на пешехода	20	1	20
Столкновение ТС	40	1	66
Наезд на препятствие	4	-	6
Падение пассажира	6	-	9
Наезд на стоящее ТС	5	-	5
Наезд на велосипедиста	4	1	2
Иной вид ДТП	1	-	1
Всего	80	3	109

Таблица 3

Допустимые значения коэффициента безопасности

Степень опасности участка дороги	Коэффициент безопасности при отрицательных ускорениях, м/с²	
	0,5...1,5	1,5...2,5
Начальная скорость движения 60...80 км/ч		
Неопасный	более 0,6	более 0,65
Опасный	0,45...0,6	0,55...0,65
Очень опасный	менее 0,45	менее 0,5
Начальная скорость движения 85...100 км/ч		
Неопасный	более 0,7	более 0,75
Опасный	0,55...0,7	0,6...0,75
Очень опасный	менее 0,55	менее 0,6
Начальная скорость движения 105...140 км/ч		
Неопасный	более 0,8	более 0,85
Опасный	0,65...0,8	0,75...0,85
Очень опасный	менее 0,65	менее 0,7

сти следует располагать данными о ДТП за период времени, равный трем-пяти годам.

$$U = \frac{z \cdot 10^6}{TLN} = \frac{36 \cdot 10^6}{365 \cdot 5 \cdot 72000} = 0,27.$$

Показатель относительной тяжести характеризует число погибших в расчете на 100 млн авт.-км и определяется так же, как коэффициент относительной аварийности с заменой числа ДТП на число погибших в них:

$$U = \frac{z \cdot 10^6}{TN} \cdot \frac{5 \cdot 10^6}{365 \cdot 72000} = 0,19.$$

Для выявления опасных участков, в пределах которых следует в первую очередь предусматривать мероприятия по обеспечению безопасности движения, могут быть использованы следующие методы:

- метод коэффициентов аварийности;
- метод коэффициентов безопасности [4].

Возможность применения того или иного метода зависит от стадии разработки мероприятий (их обоснование для существующей дороги, проектирование реконструкции или нового строительства), а также от наличия и полноты данных о ДТП на существующей дороге. Методы выявления опасных участков на основе данных о ДТП используют для оценки безопасности движения на существующих дорогах при наличии достаточно полной и достоверной информации за период не менее 3—5 лет. При отсутствии таких данных, а также для оценки проектных решений при проектировании новых и реконструкции действующих дорог в расчет берется метод коэффициентов аварийности, основанный на анализе и обобщении данных статистики ДТП, и метод коэффициентов безопасности, основанный на анализе графиков изменения скоростей движения на дороге. С их помощью опре-

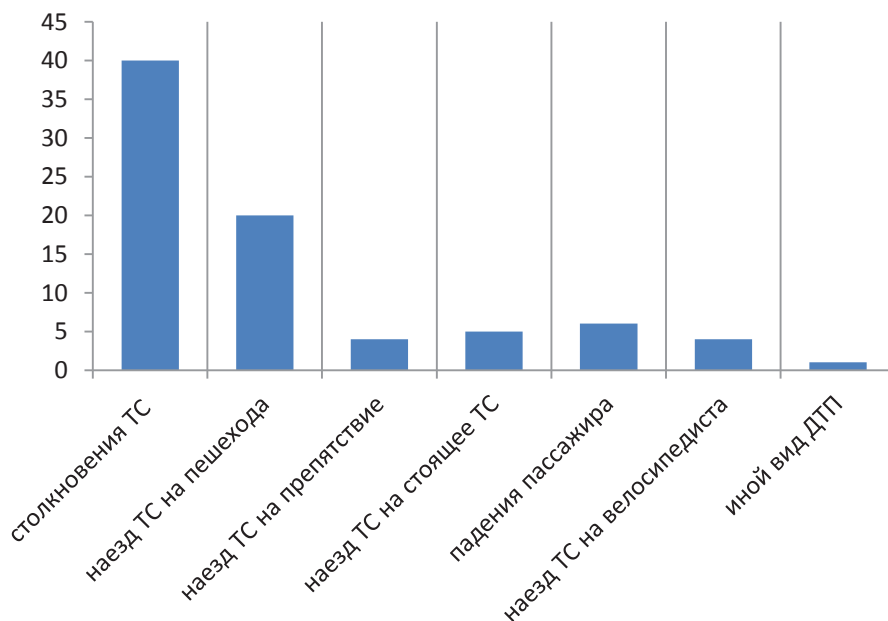


Рис. 4. Соотношение видов ДТП на ул. Советской в Тамбове (2013 г.).

деляют влияние на безопасность движения геометрических элементов дороги, состояния покрытия, интенсивности движения транспорта.

Коэффициентами безопасности называют отношение максимальной скорости движения на участке к максимальной скорости въезда автомобилей на этот участок (начальная скорость движения) [4].

При построении графика коэффициентов безопасности в конце каждого участка определяют максимальную скорость, которую можно развить без учета условий движения на последующих участках (рис. 5).

Участки по опасности для движения оценивают исходя из значений коэффициента безопасности. В проектах новых дорог недопустимы участки с коэффициентами безопасности, меньшими 0,8. В проектах реконструкции и капитального ремонта допустимые значения коэффициента безопасности принимаются по таблице 3. Начальные скорости и ускорения определяются наблюдениями на дороге или с помощью ходовых лабораторий [4].

Метод коэффициентов безопасности учитывает движение одиночного автомобиля, что характерно для условий движения

на дорогах с малой интенсивностью или в часы спада движения на более загруженных дорогах. Это не препятствует его использованию для дорог всех типов, поскольку при высокой интенсивности движения обгоны практически исключаются, а расчет для одиночного автомобиля направлен на повышение безопасности.

$$K_{\sigma} = \frac{U_{уч}}{U_{max}}, \quad (3)$$

где K_{σ} — коэффициент безопасности; $U_{уч}$ — скорость на участке; U_{max} — максимальная допустимая скорость.

$$K_{\sigma 1} = \frac{45}{60} = 0,75;$$

$$K_{\sigma 2} = \frac{50}{60} = 0,8;$$

$$K_{\sigma 3} = \frac{50}{60} = 0,8;$$

$$K_{\sigma 4} = \frac{30}{60} = 0,5.$$

Метод коэффициентов аварийности основан на определении итогового коэффициента аварийности $K_{ит}$:

$$K_{ит} = \prod_{i=1}^{i=n} K_i, \quad (4)$$



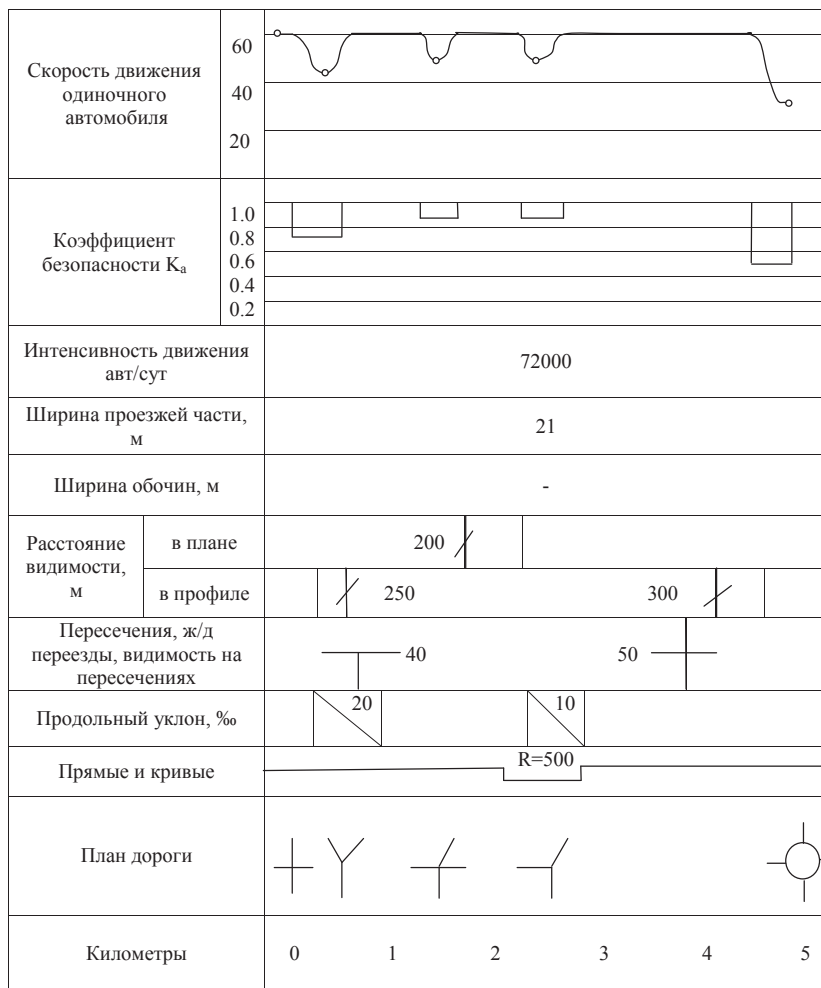


Рис. 5. Линейный график скоростей движения одиночных автомобилей и график коэффициентов безопасности (с использованием данных ГИБДД по Тамбовской области).

где K_i – частные коэффициенты аварийности, которые связаны с результатами анализа статистических данных о ДТП и характеризуют влияние на безопасность движения параметров дорог и улиц в плане, поперечном и продольном профилях, элементов обустройства, интенсивности движения, состояния покрытия; n – число частных коэффициентов аварийности, учитываемых при оценке безопасности движения на дорогах или городских улицах различной категории.

Итоговые коэффициенты аварийности устанавливают путем перемножения частных коэффициентов.

$$\begin{aligned} K_{ит1} &= 3,8; \\ K_{ит2} &= 11,3; \\ K_{ит3} &= 4,3; \\ K_{ит4} &= 4,9; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} K_{ит5} &= 4,9; \\ K_{ит6} &= 7,4; \\ K_{ит7} &= 11,6; \\ K_{ит8} &= 3,3; \\ K_{ит9} &= 10,8; \\ K_{ит10} &= 3,3. \end{aligned}$$

По значениям итоговых коэффициентов аварийности строится линейный график (рис. 6). На него наносятся план и профиль дороги, при этом выделяются все элементы, от которых зависит безопасность движения (продольные уклоны, вертикальные кривые, кривые в плане, мосты, населенные пункты, пересекаемые дороги и др.). На графике также фиксируют по отдельным участкам среднюю интенсивность движения по данным учета дорожных организаций или специальных изыскательских партий, а для проектируе-



Рис. 6. График итогового коэффициента аварийности.

мых дорог – перспективную интенсивность движения. Над планом и профилем выделяют графы для каждого из учитываемых показателей, характеризующих определенными коэффициентами аварийности.

В проектах реконструкции дорог и нового строительства рекомендуется перепроектировать участки, для которых итоговый коэффициент аварийности более 15–20.

В проектах улучшения дорог при капитальном ремонте в условиях холмистого рельефа следует предусматривать перестройку участков с коэффициентами аварийности более 25–40.

Допустимые значения итоговых коэффициентов аварийности для вновь строящихся автомагистралей не более 10,0, а для эксплуатирующихся – 12,0.



В городских условиях при реконструкции улиц и новом строительстве не допускаются участки, итоговый коэффициент аварийности которых превышает 25.

Таким образом, рассчитав коэффициенты безопасности и аварийности и построив графики, можно прийти к заключению, что движение по улице Советская является безопасным.

Далее рассчитаем экономический ущерб от дорожно-транспортных происшествий.

В случае наличия статистической информации о количестве пострадавших в дорожно-транспортных происшествиях и тяжести полученных ими травм оценка ущерба от ДТП производится методом суммирования потерь по формуле:

$$C_{\text{дтп}} = N_{\text{п}} \cdot Y_{\text{п}} + N_{\text{р}} \cdot Y_{\text{р}} + N_{\text{м}} \cdot Y_{\text{м}}, \text{ руб.}, \quad (5)$$

где $N_{\text{п}}$, $N_{\text{р}}$ – количество погибших и раненых людей; $N_{\text{м}}$ – общее количество ДТП; $Y_{\text{п}}$, $Y_{\text{р}}$ – ущерб от гибели или ранения одного человека; $Y_{\text{м}}$ – ущерб, связанный с ликвидацией ДТП [5].

$$C_{\text{дтп}}^{\text{суш}} = 3 \cdot 2196,8 + 109 \cdot 70,55 + 80 \cdot 63,11 =$$

$$= 19329 \text{ тыс. руб.}$$

$$Y_{\text{м}} = P_{\text{тр}} + P_{\text{д}} + P_{\text{гр}} + P_{\text{п}} + P_{\text{с}}, \quad (6)$$

где $P_{\text{тр}}$, $P_{\text{д}}$, $P_{\text{гр}}$ – материальный ущерб от повреждения транспортных средств (транспортировка, доставка и т.д.); $P_{\text{п}}$ – потери времени другими транспортными средствами; $P_{\text{с}}$ – затраты органов ГИБДД на оформление материалов по ДТП; $C_{\text{дтп}}^{\text{суш}}$ – значение ущерба от дорожно-транспортных происшествий в существующих условиях.

$$Y_{\text{м}} = 40,31 + 1,27 + 5,2 + 9,13 + 7,2 =$$

$$= 63,11 \text{ тыс. руб.}$$

В проектируемых условиях значение ущерба от ДТП определяется по формуле:

$$C_{\text{дтп}}^{\text{пр}} = C_{\text{дтп}}^{\text{суш}} \cdot K_{\text{п1}} \cdot K_{\text{п2}} \cdot \dots \cdot K_{\text{пn}}, \quad (7)$$

где $K_{\text{п}}$ – коэффициент снижения потерь от ДТП [5, с. 94].

$$C_{\text{дтп}}^{\text{пр}} = 19329 \cdot 0,35 \cdot 0,65 \cdot 0,35 = 1539 \text{ тыс. руб.};$$

$$T_{\text{дтп}} = C_{\text{дтп}}^{\text{суш}} \cdot (1 - K_{\text{п1}} \cdot K_{\text{п2}} \cdot \dots \cdot K_{\text{пn}}); \quad (8)$$

$$T_{\text{дтп}} = 19329 \cdot (1 - 0,35 \cdot 0,65 \cdot 0,35) = 17802 \text{ тыс. руб.}$$

ВЫВОДЫ

1. Наибольший пассажиропоток наблюдается в понедельник и пятницу, а в выходные дни он минимален; пиковыми моментами являются 8.00, 17.00 и 18.00. Маршрутный пассажирский транспорт востребован, поэтому необходимо создать условия для улучшения его движения.

2. Наиболее частым видом дорожно-транспортного происшествия является столкновение, из-за чего создаются значительные затруднения движения, в том числе и для маршрутного пассажирского транспорта. Кроме того, велик финансовый ущерб от дорожно-транспортных происшествий, который за 2013 год составил 17802 тыс. руб. (по ул. Советская г. Тамбова).

3. Выделение крайних левых полос позволит повысить безопасность дорожного движения, увеличить пропускную способность дороги, значительно снизить транспортные задержки и потери времени пассажиров в пути, добиться уменьшения конфликтных точек, что влечет за собой уменьшение количества дорожно-транспортных происшествий, а также числа пострадавших.

Сделанные выводы демонстрируют целесообразность продолжения начатых исследований по совершенствованию движения маршрутного пассажирского транспорта применительно к магистральным улицам городов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пеньшин Н. В., Титова А. А. Автомобиль и пешеход: конфликтные точки пересечений // Мир транспорта. – 2015. – № 3. – С. 172–183.
2. Пугачев И. Н. Организация и безопасность движения: Учеб. пособие. – Хабаровск: Изд-во ХГТУ, 2004. – 232 с. 3. [Электронный ресурс] www.gibdd.ru/r/68/stat.
4. Пеньшин Н. В., Пудовкин В. В., Колдашов А. Н., Ященко А. В. Организация и безопасность движения. – Тамбов: Изд-во ТГТУ, 2006. – 93 с.
5. Лавриков И. Н. Экономическая оценка эффективности инвестиций в области обеспечения безопасности дорожного движения: Учеб. пособие. – Тамбов: Изд-во ТГТУ, 2010. – 102 с.
6. ФЗ «О безопасности дорожного движения» от 10 декабря 1995 г. № 196-ФЗ [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc; base=LAW; n=156600>. Дата доступа 15.04.2014.

Координаты авторов: **Пеньшин Н. В.** – avtobd@mail.ru, **Титова А. А.** – alexsa_555@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 27.11.2014, принята к публикации 09.04.2015.

TRAFFIC ORGANIZATION: PASSENGER FLOW AND ACCIDENT RATE

Penshin, Nikolai V., Tambov State Technical University, Tambov, Russia.
Titova, Alexandra A., Tambov State Technical University, Tambov, Russia.

ABSTRACT

The article studies problems of passenger flows in medium sized towns. At the example of Tambov, the authors analyze passenger traffic by the hour of day, day of the week, the length of the route. Data are presented in the form of graphs. Also the accident

rate is studied, a graph of accident rate is constructed. Economic effects regarding road safety are calculated. The relationship between some technical and administrative decisions and accident rate are studied and conclusions are suggested in order to enhance safety conditions of passengers.

Keywords: bus, trolley bus, public transport, road safety, urban route, passenger traffic, speed of communication.

Background. Specialists put forward more often and insistently reasonable proposals to solve the transport problem in central parts of large and medium-sized cities due to greater use of buses and trolleybuses. While acknowledging the prerogative of public transport, municipal governments reduce the load on the road network, it allows to enter constraints for individual cars on the busiest highways, especially during peak hours.

At example of the average city of Russia, we conducted a study of existing traffic organization [1]. The published article gives the characteristics of passenger flow on the main street of Tambov (Sovetskaya) and statistical analysis of traffic accidents, on the basis of which optimization of urban public transport routes is conducted and passenger flow capacity is calculated.

Objective. The objective of the authors is to consider aspects of traffic organization: passenger flow and accident rate as applied to a medium-size town, and to reveal relevant dependences.

Methods. The authors use statistics, observation methods, evaluation approach, comparative analysis, graph construction.

Results. Capacity of passenger flows indicates the number of passengers passing during a certain lapse of time through concrete cross section of the route or the entire transport network of the settlement in one direction. Only with data on size, direction and distribution of passenger flows it is possible to reasonably choose the track of routes, to choose a transport mode and a type of rolling stock, as well as to determine the number of required vehicles.

Passenger flow is characterized by:

- capacity or intensity, i.e. the number of passengers who pass at a certain time on a given section of the route in the same direction;
- volume of passenger traffic, i.e. the number of passengers transported by bus for a certain period of time (hour, day, month, year);
- passenger turnover, i.e. transport works performed during passenger transportation.

Burdensome aspect of passenger flows is their unevenness. They change over time (hour, day, day of week, season, etc.), sections of route (hauls) and direction of movement.

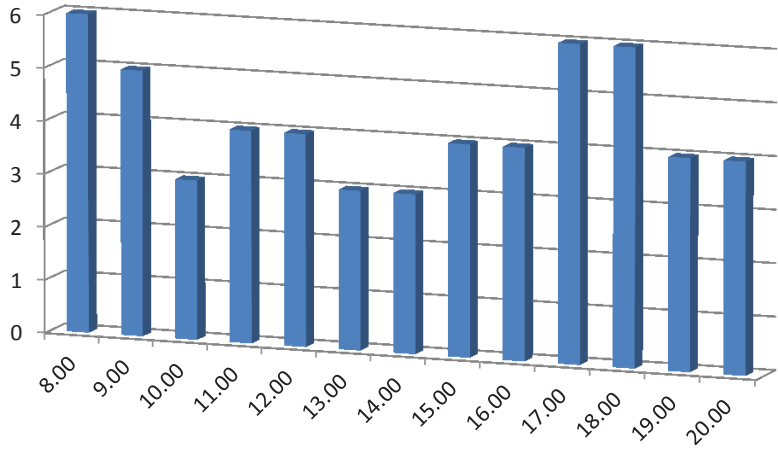
With the help of passenger flow monitoring it is possible to adjust schemes of individual routes, bus schedules, appointment of stopping points. Data of regular surveys are useful for the development of measures to improve public services during peak hours.

In the course of our study of passenger flow the method of visual observation of the occupancy of vehicles (buses) was used. The results are summarized in Table 1 and shown in Pic. 1–3.

Analyzing graphs it is clear that peak moments are 8.00, 17.00 and 18.00. The highest passenger flow is observed on Monday and Friday, while on weekends it is minimal.

In solving tasks to provide traffic safety, it is necessary very often to face multifaceted problems, which should be taken into consideration to prevent accidents and their consequences.

The use of vehicles for the carriage of passengers, cargo and other works creates a certain risk

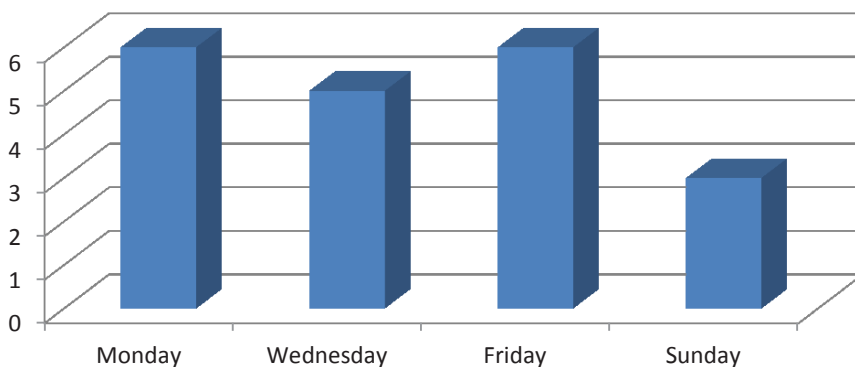


Pic. 1. Change in passenger flows depending on hours of day.

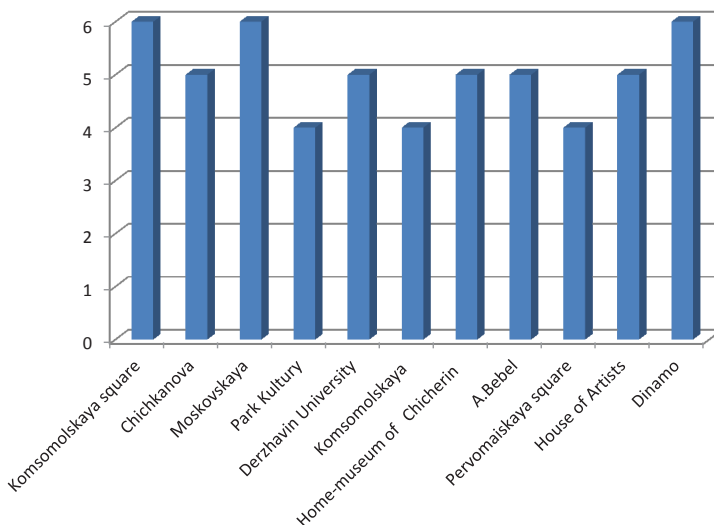


Table 1
Passenger flow: visual assessment

Days of week	Time of observation	Northern direction of the street	Southern direction of the street
Monday	From 8.00 to 9.00	6 points	6 points
	From 9.00 to 10.00	5 points	5 points
	From 10.00 to 11.00	3 points	3 points
	From 11.00 to 12.00	4 points	4 points
	From 12.00 to 13.00	4 points	4 points
	From 13.00 to 14.00	3 points	3 points
	From 14.00 to 15.00	3 points	3 points
	From 15.00 to 16.00	4 points	4 points
	From 16.00 to 17.00	4 points	4 points
	From 17.00 to 18.00	6 points	6 points
	From 18.00 to 19.00	6 points	6 points
	From 19.00 to 20.00	4 points	4 points
Wednesday	From 8.00 to 9.00	6 points	6 points
	From 9.00 to 10.00	4 points	4 points
	From 10.00 to 11.00	3 points	3 points
	From 11.00 to 12.00	3 points	3 points
	From 12.00 to 13.00	4 points	4 points
	From 13.00 to 14.00	3 points	3 points
	From 14.00 to 15.00	3 points	3 points
	From 15.00 to 16.00	4 points	4 points
	From 16.00 to 17.00	4 points	4 points
	From 17.00 to 18.00	6 points	6 points
	From 18.00 to 19.00	6 points	6 points
	From 19.00 to 20.00	4 points	4 points
Friday	From 8.00 to 9.00	6 points	6 points
	From 9.00 to 10.00	5 points	5 points
	From 10.00 to 11.00	3 points	3 points
	From 11.00 to 12.00	4 points	4 points
	From 12.00 to 13.00	4 points	4 points
	From 13.00 to 14.00	3 points	3 points
	From 14.00 to 15.00	4 points	4 points
	From 15.00 to 16.00	4 points	4 points
	From 16.00 to 17.00	5 points	5 points
	From 17.00 to 18.00	6 points	6 points
	From 18.00 to 19.00	5 points	5 points
	From 19.00 to 20.00	4 points	4 points
Sunday	From 8.00 to 9.00	2 points	2 points
	From 9.00 to 10.00	2 points	2 points
	From 10.00 to 11.00	3 points	3 points
	From 11.00 to 12.00	4 points	4 points
	From 12.00 to 13.00	4 points	4 points
	From 13.00 to 14.00	3 points	3 points
	From 14.00 to 15.00	3 points	3 points
	From 15.00 to 16.00	3 points	3 points
	From 16.00 to 17.00	4 points	4 points
	From 17.00 to 18.00	4 points	4 points
	From 18.00 to 19.00	3 points	3 points
	From 19.00 to 20.00	2 points	2 points



Pic. 2. Change in passenger flows depending on days of week.



Pic. 3. Change in passenger flows depending on the length of route (names of bus stops are indicated).

to a person, and as long as there is a car, it is impossible to completely eliminate the possibility of a traffic accident. Therefore, the challenge is to reduce the likelihood of a road accident to a minimum [2, pp. 74–75]. And to solve the problem itself, it is necessary to explore the pockets of road accidents, identify the number and the most common types of accidents.

As a rule, the circumstances of occurrence of accidents on urban roads are extremely diverse. However, analysis of these circumstances has allowed to find some common traits that made it possible to develop a classification of road accidents. [2, p. 75].

Analysis of accident rate on a street selected for this purpose is shown in Table 2 and Pic. 4.

Obtained data show that the most often type of accidents is collision, due to which considerable traffic jams in city streets arise, creating difficulties in particular for route passenger transport.

If we consider that in 2013 in Tambov occurred 613 accidents, which killed 30 people and injured 814 [3], the proportion of accidents on Sovetskaya street is 13% of all accidents in the city, and of the total number of victims 10% were killed, 13, 4% were injured.

To assess the degree of accident rate on individual roads or road network in general the system of

indicators is used, which is based on an analysis of the number and severity of traffic accidents taking into account the mileage of the car, the car fleet state and other factors.

The coefficient of relative accident rate shows the number of accidents in relation to the mileage of cars or to the number of car journeys. In the first case, the coefficient characterizes the accident rate on long and geometrically uniform road sections, in the second case – on short distances (intersections and junctions, small bridges, crossovers, etc.) [4].

$$U = \frac{z \cdot 10^6}{TLN}, \text{ accidents per 1 mln car-kilometers; } (1)$$

$$U = \frac{z \cdot 10^6}{TN}, \text{ accidents per 1 mln cars, } (2)$$

where z is a number of accident over time period T ; T is time period, days; N is annual average traffic intensity (average over period T), cars/days; L is length of road section, km.

To obtain reliable values of relative accident rate coefficients it is necessary to possess data on accidents over time period, equal to 3–5 years.

$$U = \frac{z \cdot 10^6}{TLN} = \frac{36 \cdot 10^6}{365 \cdot 5 \cdot 72000} = 0,27.$$



Table 2

Summary table of statistics of accidents

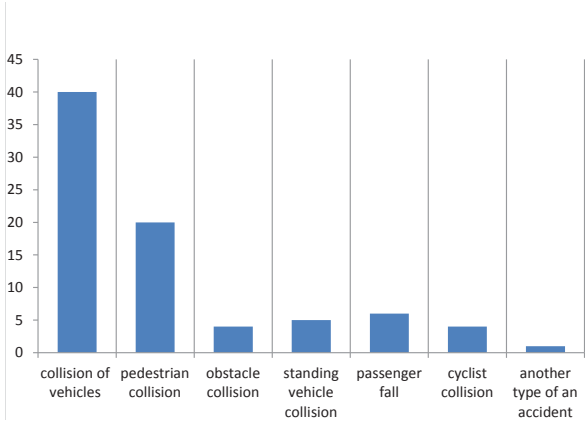
Type of accident	Number of accidents of this type	Number of dead	Number of injured
Automobile-Pedestrian collision	20	1	20
Collision of vehicles	40	1	66
Obstacle collision	4	-	6
Passenger fall	6	-	9
Standing vehicle collision	5	-	5
Cyclist collision	4	1	2
Another type of an accident	1	-	1
Total	80	3	109

Table 3

Permissible values of safety coefficient

Degree of danger of road section	Safety coefficient at negative acceleration, m/s ²	
	0,5...1,5	1,5...2,5
Initial speed 60...80 km/h		
Undangerous	over 0,6	over 0,65
Dangerous	0,45...0,6	0,55...0,65
Very dangerous	less than 0,45	less than 0,5
Initial speed 85...100 km/h		
Undangerous	over 0,7	over 0,75
Dangerous	0,55...0,7	0,6...0,75
Very dangerous	less than 0,55	less than 0,6
Initial speed 105...140 km/h		
Undangerous	over 0,8	over 0,85
Dangerous	0,65...0,8	0,75...0,85
Very dangerous	less than 0,65	less than 0,7

Pic. 4. The ratio of types of accidents on the street Sovetskaya in Tambov (2013).



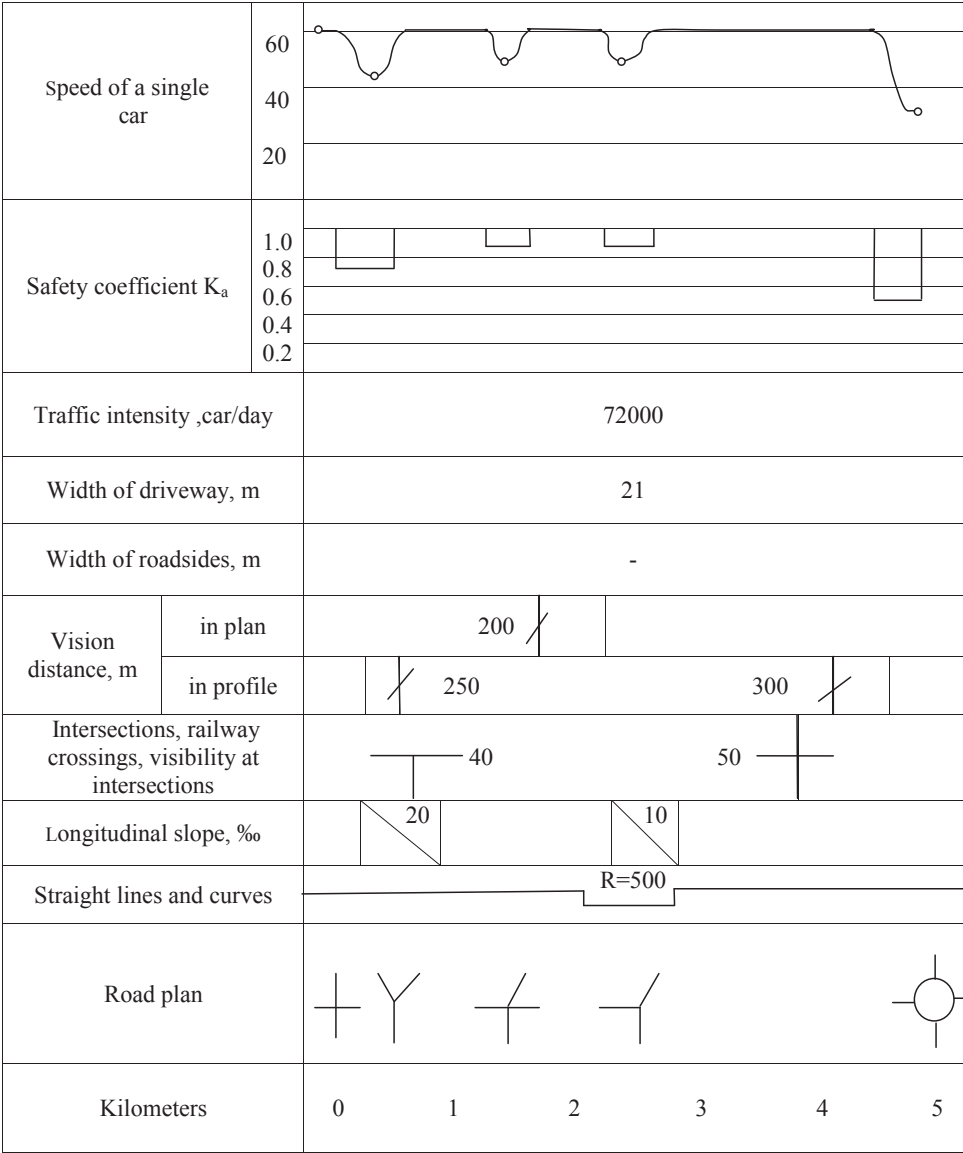
The indicator of relative gravity characterizes the number of fatalities per 100 million vehicle-km, and is determined as well as the coefficient of relative accident rate with replacement of the number of accidents on the number of killed in them:

$$U = \frac{z \cdot 10^6}{TN} \cdot \frac{5 \cdot 10^6}{365 \cdot 72000} = 0,19.$$

In order to identify dangerous areas, where priority measures to ensure traffic safety should be taken, the following methods can be used:

- method of accident rate coefficients;
- method of safety coefficients [4].

The possibility of applying one or another method depends on the stage of development of measures (their rationale for the existing road, the design of reconstruction or new construction), as well as availability and completeness of data on accidents on the existing road. Methods for detection of hazardous areas, based on data on accidents are used to assess safety on existing roads if there is sufficiently complete and reliable information for a period of not less than 3–5 years. In the absence of such data, as well as to evaluate the design solutions for the design of new and reconstruction of existing roads the method of accident rate coeffi-



Pic. 5. The line graph of speeds of single cars and the graph of safety coefficients (using data from State Traffic Safety Inspectorate of Tambov region) [e.g. 3].

cients is taken into account, based on the analysis and compilation of statistics of accidents, and the method of safety coefficients, based on the analysis of graphs of speed changes on the road. With their help the impact of geometric elements of the road, state of pavement, traffic intensity on road safety is determined.

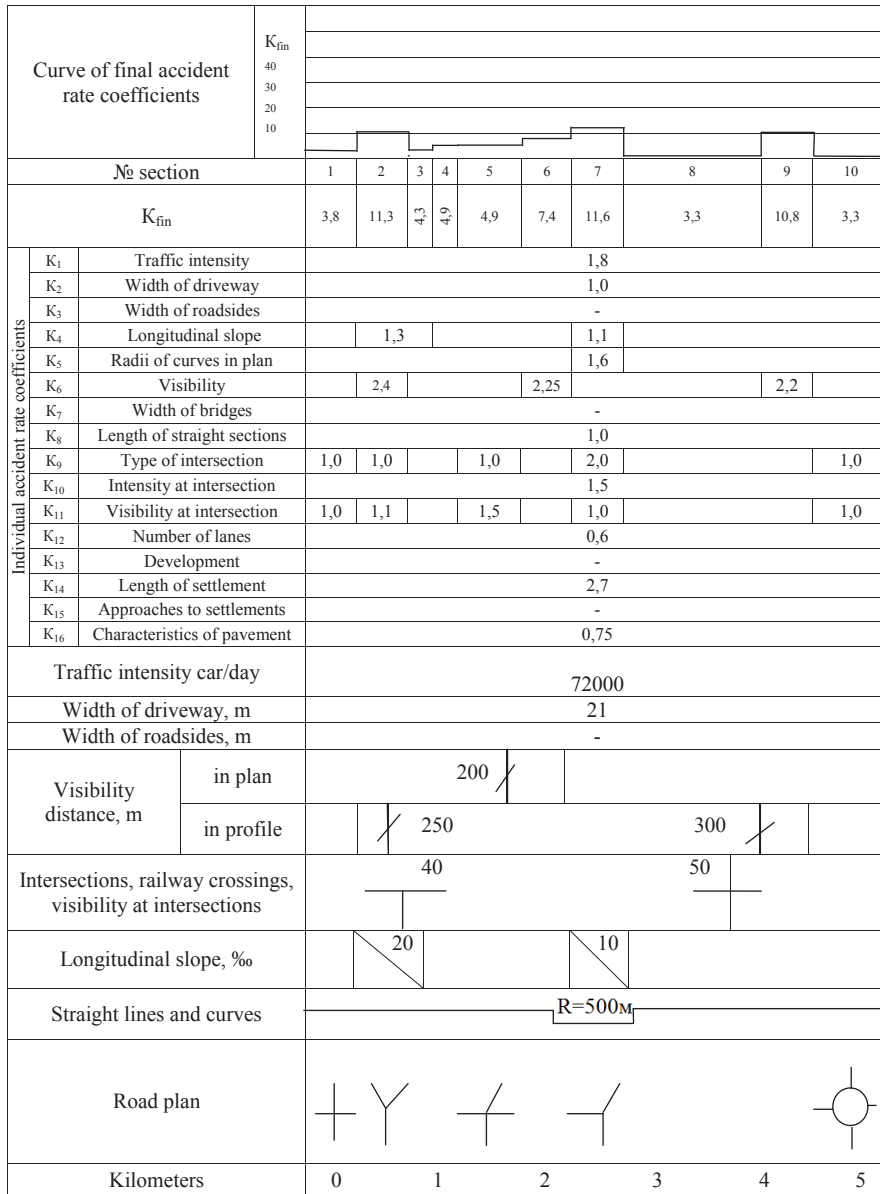
Safety coefficients are the ratio of maximum speed at the site to the maximum speed of cars entering this site (the initial speed of motion) [4].

When constructing the safety coefficients graph at the end of each section maximum speed that can be developed without taking into account traffic conditions in the subsequent sections is determined (Pic. 5).

Differentiation of sections according to their possible danger for road traffic is based on the values of safety coefficients. In the projects of new roads sections with safety coefficients less than 0,8 are unacceptable. In projects of reconstruction and overhaul the allowable values of safety coefficient are taken from Table 3. The initial speed and acceleration are determined by observations on the road or by running laboratories [4].

The method of safety coefficients takes into account movement of a single car, which is typical for traffic conditions on roads with low intensity or hours of traffic recession on more loaded roads. This does not preclude its use for all types of roads as at high traffic intensity overtaking is virtually eliminated, and





Pic. 6. Graph of final accident rate coefficient.

the calculation for a single car is aimed at improving safety.

$$K_s = \frac{U_{sec}}{U_{max}}, \quad (3)$$

where K_s is safety coefficient; U_{sec} is speed within a section; U_{max} is maximum permissible speed.

$$K_{s1} = \frac{45}{60} = 0,75;$$

$$K_{s2} = \frac{50}{60} = 0,8;$$

$$K_{s3} = \frac{50}{60} = 0,8;$$

$$K_{s4} = \frac{30}{60} = 0,5.$$

Method of accident rate coefficients is based on determination of final accident rate coefficient K_{fin} :

$$K_{fin} = \prod_{i=1}^{i=n} K_{i}, \quad (4)$$

where K_i are individual accident rate coefficients that are associated with the results of analysis of statistical data on accidents and characterize the impact of parameters of roads and streets in the plan, transverse and longitudinal profiles, elements of infrastructure development, traffic intensity, state of pavement condition coverage on traffic safety; n is a number of individual accident rate coefficients, taken into account when assessing the safety of traffic on the roads and streets of the city of different categories.

Final coefficients of accident rate are set by multiplying individual coefficients.

$$K_{fin1} = 3,8;$$

$$\begin{aligned}
K_{fin2} &= 11,3; \\
K_{fin3} &= 4,3; \\
K_{fin4} &= 4,9; \\
K_{fin5} &= 4,9; \\
K_{fin6} &= 7,4; \\
K_{fin7} &= 11,6; \\
K_{fin8} &= 3,3; \\
K_{fin9} &= 10,8; \\
K_{fin10} &= 3,3.
\end{aligned}$$

From the values of the final accident rate, a linear graph (Pic. 6) is constructed. Plan and profile of the road are applied on it, at the same time all the elements are marked that affect traffic safety (longitudinal slopes, vertical curves, curves in plan, bridges, settlements, crossed roads, and others.). The graph also records on separate sections the average traffic intensity according to accounting data of traffic organizations or of special survey parties, and for designed roads perspective traffic intensity is recorded. Above the plan and profile graphs for each of considered indicators are marked, characterized by certain coefficients of accident rate.

In projects on road renovation and new construction it is recommended to redesign the areas for which the final accident rate coefficient is over 15–20.

The road improvement projects at major overhaul in a hilly terrain should include the restructuring of sections with accident rate coefficients over 25–40.

Permissible values of final accident rate coefficients for newly constructed highways are not more than 10,0, and for operated roads are not more than 12,0.

In urban areas reconstruction of streets and new construction sites are not allowed if final accident rate coefficient exceeds 25.

Thus, calculating the coefficients of safety and accident rate and constructing graphs, it can be concluded that the traffic on the street Sovetskaya is safe.

Next, we calculate the economic loss caused by road accidents.

In the case of availability of statistical information on the number of victims of road accidents and the severity of the injury, assessment of the damage caused by the accident is produced by summation of losses by the formula:

$$C_{acc} = N_d \cdot Y_d + N_i \cdot Y_i + N_m \cdot Y_m, \text{ rub. (5)}$$

where N_d , N_i , N_m is number of dead and injured people; N_m is a total number of accidents; Y_d , Y_i , Y_m is damage caused by death or injury of one person; Y_m is loss associated with settlement of accidents in the street [5].

$$C_{acc}^{cur} = 3 \cdot 2196,8 + 109 \cdot 70,55 + 80 \cdot 63,11 = 19329 \text{ thous. rub.};$$

$$Y_m = L_{tr} + L_d + L_i + L_{it} + L_{it} \quad (6)$$

where L_{tr} , L_d , L_i , L_{it} are material losses caused by damage to transport vehicles (transportation, delivery, freight loading etc.); L_{it} is time losses of other transport vehicles; L_{it} is losses of traffic police connected with data recording of road accidents; C_{acc}^{cur} is value of damage caused by road accidents under current circumstances.

$$Y_m = 40,31 + 1,27 + 5,2 + 9,13 + 7,2 = 63,11 \text{ thous. rub.}$$

In projected conditions value of the damage caused by accidents is determined by the formula:

$$C_{acc}^{pr} = C_{acc}^{cur} \cdot K_{l1} \cdot K_{l2} \cdot \dots \cdot K_{ln}, \quad (7)$$

where K_i is coefficient of reduction of losses caused by accidents [5, p. 94].

$$C_{acc}^{pr} = 19329 \cdot 0,35 \cdot 0,65 \cdot 0,35 = 1539 \text{ thous. rub.};$$

$$T_{acc} = C_{acc}^{cur} \cdot (1 - K_{l1} \cdot K_{l2} \cdot \dots \cdot K_{ln}); \quad (8)$$

$$T_{acc} = 19329 \cdot (1 - 0,35 \cdot 0,65 \cdot 0,35) = 17802 \text{ thous. rub.}$$

Conclusions.

1. The largest passenger flow is observed on Monday and Friday, and on weekends it is minimal; peak moments are 8.00, 17.00 and 18.00. Route passenger transport is in demand, so it is necessary to create conditions for the improvement of its traffic.

2. The most common type of car accident is a collision, because of what there are considerable traffic jams, influencing, in particular, route passenger transport. In addition, there are large financial losses from traffic accidents, which in 2013 amounted to 17802 thous. rub. (on the street Sovetskaya of Tambov).

3. Allocation of leftmost lanes (as right driving exists in Russia) will improve traffic safety, increase the capacity of the road, significantly reduce transport delays and time loss of passengers in transit, reduce conflict points, which entails reducing the number of road accidents and the number of victims.

The findings demonstrate the need to continue research on improving the movement of route passenger transport in relation to the main streets of cities.

REFERENCES

1. Penshin, N. V., Titova, A. A. Car and Pedestrian: Conflict Crossing Points. *World of Transport and Transportation*, Vol.13, 2015, Iss.3, pp. 172–183.
2. Pugachev, I. N. Organization and traffic safety: educational guide [Organizatsiya i bezopasnost' dvizheniya: uchebnoe posobie]. Khabarovsk, KhSTU publ., 2004, 232 p.
3. [Electronic source]. Web-site of State Traffic Safety Inspectorate, Tambov region]. www.gibdd.ru/r/68/stat.
4. Penshin, N. V., Pudovkin, V. V., Koldashov, A. N., Yashchenko, A. V. Organization and traffic safety [Organizatsiya i bezopasnost' dvizheniya]. Tambov, TSTU publ., 2006, 93 p.
5. Lavrikov, I. N. Economic evaluation of the effectiveness of investments in the field of road safety: educational guide [Ekonomicheskaya ocenka effektivnosti investitsiy v oblasti obespecheniya bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya. Uchebnoe posobie]. Tambov, TSTU publ., 2010, 102 p.
6. Federal law «On traffic safety» of December, 10 1995 № 196-FZ [FZ «O bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya» ot 10 dekabrja 1995g. № 196-FZ] [Electronic source]. <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=156600>. Last assessed 15.04.2014.

Information about the authors:

Penshin, Nikolai V. – Ph.D. (Economics), associate professor, head of the department of Organization of transportation and traffic safety of Tambov State Technical University, Tambov, Russia, avtobd@mail.ru.

Titova, Alexandra A. – Master course student of the department of Agroengineering of Tambov State Technical University, Tambov, Russia, alexsa_555@mail.ru.

Article received 27.11.2014, accepted 27.03.2015.

