

УДК 656.13

## ОЦЕНКА УБЫТКОВ ОТ ТРАНСПОРТНЫХ ЗАТОРОВ И ВОЗМОЖНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПО СНИЖЕНИЮ ЗАТРАТ

*М. А. Копылов*

Донской государственный технический университет (г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация)

Актуальность темы статьи обусловлена необходимостью снижения потерь, связанных с образованием на магистралях крупных городов транспортных заторов (пробок). Не меньший интерес представляют вопросы повышения качества транспортного обслуживания и обеспечения безопасности дорожного движения. Его грамотная организация в часы пик дает значимый экономический и социальный эффект. В рамках данного исследования проблема рассмотрена на примере участка улицы Социалистической между переулками Крепостной и Журавлева (Ростов-на-Дону).

**Ключевые слова:** транспорт, транспортные заторы, дорожное движение, автомобильные парковки, затраты автомобильного топлива, финансовые потери, дорожные мероприятия, психология водителей, транспортная инфраструктура.

### ASSESSMENT OF LOSSES FROM TRAFFIC JAMS AND POSSIBLE MEASURES TO REDUCE COSTS

*M. A. Kopylov*

Don State Technical University (Rostov-on-Don, Russian Federation)

The topic of the article is dictated by the need to reduce losses from traffic jams in the city of Rostov-on-Don, during the movement of passenger, freight and personal road transport, as well as to improve the quality of transport services and ensure road safety. Competent organization of traffic in settlements during "rush hour" ensures high-quality transportation, and also gives economic and social benefits not only to the city, but also to the country's economy as a whole.

**Keywords:** transport, traffic jams, traffic, car parking, car fuel costs, financial losses, road activities, driver psychology, transport infrastructure.

**Введение.** С 2010-го по 2020 год число автомобилей в стране выросло с 43,9 млн до 58,7 млн. Преобладают легковые машины. Их количество увеличилось с 31,8 млн в 2010 году до 44,5 млн в 2020-м [1]. В Ростовской области в 2020 году было 1433,5 тыс. автомобилей, что на 2,2% больше, чем в 2019-м [2]. Таким образом, примерено на трех жителей региона приходится один автомобиль.

Рост числа машин усложняет ситуацию с автотрафиком. На многих участках ростовских дорог регулярно (особенно в часы пик) возникают транспортные заторы. Эта проблема создает существенные экономические и экологические риски, следовательно, ее решение представляется актуальной научной и прикладной задачей.

**Основная часть.** В рамках данной работы рассмотрим один из проблемных участков автомобильной дороги в утренний час пик. Это отрезок улицы Социалистической между переулками Крепостной и Журавлева (Ростов-на-Дону).

На основе полученных данных рассчитаем финансовые потери (излишний расход топлива) и предложим пути решения данной проблемы на указанном участке.

Разделим задачу на составляющие и рассмотрим следующие этапы:

- определение места исследования,
- выявление проблем на выбранном месте,
- оценка масштабов проблем,
- предложение путей решения.

### 1. Определение места исследования

Приведем рекомендации по выбору отрезка дороги для изучения.

- На данном участке регулярно возникает проблема, которую необходимо решить.
- Участок должен быть удобен для наблюдения.

— Процесс исследования (видеосъемка или иной вид сбора данных) должен учитывать определенные требования. Нельзя фиксировать конфиденциальную информацию, фокусироваться на лицах людей. Кроме того, многие дороги и другие объекты (здания и сооружения) являются стратегическими, их запрещено снимать.

### 2. Выявление проблем на выбранном месте исследования

Рекомендуется изучить не только участок дороги, но и прилегающие территории. Это позволит точнее определить причины заторов. Рассмотрим отрезок улицы Социалистической от переулка Крепостного до переулка Журавлева. Здесь выявлены следующие проблемы: узкий «коридор», неровность дорожного покрытия, дефицит парковочных мест, конфликтные точки.

**Узкая часть дорожного полотна, по которому едут автомобили.** Очевидно, что чем уже проезжая часть, тем медленнее движется транспорт (рис. 1).

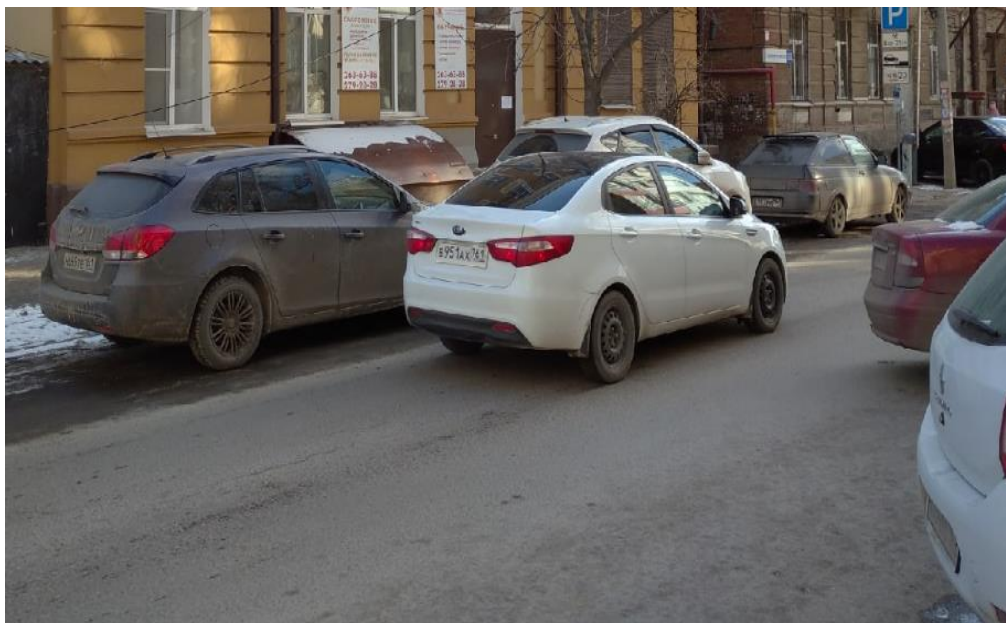


Рис. 1. Узкая проезжая часть на отрезке улицы Социалистической между переулками Крепостной и Журавлева (Ростов-на-Дону)

**Качество дорожного покрытия.** Неровности и другие дефекты проезжей части (рис. 2) заставляют водителей снижать скорость или тратить время на объезд ям. Любые лишние маневры задерживают весь автотрафик и повышают риск дорожно-транспортных происшествий.

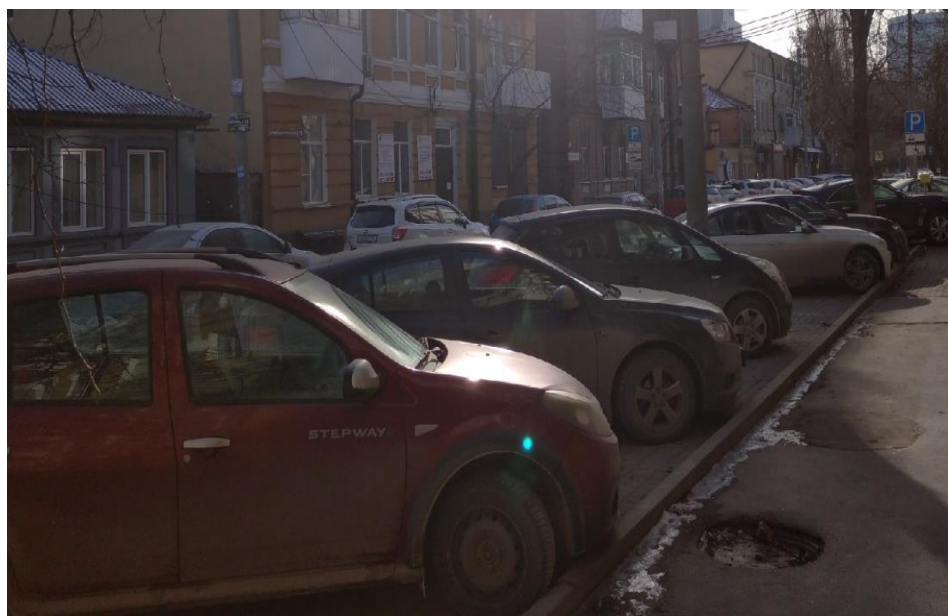


Рис. 2. Неровность дорожного покрытия на отрезке улицы Социалистической между переулками Крепостной и Журавлева (Ростов-на-Дону)

**Дефицит парковочных мест.** На рассматриваемом участке особенно проблемными представляются три точки — рядом с Музыкальным театром, Донским государственным техническим университетом (ДГТУ) и зданием суда.

Ниже перечислены характерные сложности, обусловленные нехваткой парковочных мест.

Первая из них — неправильная парковка и, как следствие, эвакуация машин, которая влечет значительные потери времени и средств для автовладельцев (рис. 3).



a)



б)

Рис. 3. Следствия дефицита парковочных мест: размещение машин на тротуарах (а), эвакуация (б)

Вторая — вынужденные нерациональные маневры на проезжей части для парковки или выезда с парковочного места, которые задерживают трафик.

Третья — нагрузка на несколько участков автомагистрали. В поисках свободного парковочного места автомобиль продолжает движение («кружит»), то есть транспорт дополнительно амортизирует дорожное полотно нескольких соседствующих участков трассы.

**Точки конфликтов машин и пешеходов.** В данном случае заторы обусловлены сравнительно долгой остановкой машин, когда они пропускают пешеходов или транспорт, идущий по перпендикулярной улице (рис. 4).



Рис. 4. Перпендикулярные потоки автомобилей и пешеходов

На других участках дороги автотрафик могут задерживать следующие факторы:

— городской пассажирский транспорт, остановочные площадки и выделенные полосы движения;

— сбой в работе или поломка светофора;

— железнодорожные пути, пересекающие автодорогу;

— высокий грузовой трафик.

### 3. Оценка масштабов проблем

Для оценки масштабов проблем необходимо показать их с финансовой точки зрения. В рассматриваемом случае были рассчитаны топливные расходы. При этом можно рассмотреть также затраты, связанные с экологическим и психологическим (для водителей) ущербом от негативного воздействия заторовой ситуации. Оба эти фактора обладают весомым негативным потенциалом.

Собирать информацию лучше всего непосредственно на месте, т. к. электронные карты и разработанные на их основе продукты могут быть недостаточно корректны.

Для расчета затрачиваемого топлива необходимо располагать следующими данными:

- марка автомобиля,
- объем двигателя,
- максимальный расход топлива на 100 км,
- расход топлива при холостых оборотах,
- расход топлива при определенных скоростях и на определенной передаче,
- время прохождения участка (в пробке и при нормальном движении),
- длина участка,
- количество вынужденных остановок,
- общее время остановок.

Рассчитаем затраты из-за перерасхода топлива на одну машину. Если необходимо узнать общие необоснованные траты из-за простоя в пробке, следует собрать данные о количестве прошедших участков автомобилей за время затора.

Зафиксированные на исследуемом участке дороги данные представлены в табл. 1. Замеры проводились по трем случайным автомобилям в рабочие дни с 8.00 до 9.00.

Таблица 1

Исходные данные для определения среднего времени прохождения участка автомобилями в утренний час пик

День недели	Марка машины	Время прохождения участка, сек	Число остановок на участке	Общее время остановок, сек
Пн.	Рено логан	110	3	50
	Лада ларгус	118	4	62
	Хёндай крета	107	3	53
Вт.	Лада гранта	108	4	48
	Форд фокус	112	3	52
	Лада нива	131	5	65
Ср.	Лада веста	123	4	60
	Шевроле камаро	128	4	54
	Рэндж ровер	113	3	51
Чт.	Мерседес А4	116	3	52
	Лада гранта	118	3	58
	ГАЗ 3110 «Волга»	101	3	48
Пт.	Лада приора I	104	3	51
	Лада 2114	108	3	51
	Хёндай крета	91	2	45

На основе этих данных можно определить среднее время прохождения участка автомобилями в утренний час пик:

$$T_{\text{cp}} = \frac{110 + 118 + 107 + 108 + 112 + 131 + 123 + 128 + 113 + 116 + 118 + 101 + 104 + 108 + 91}{15} = 112,5 \text{ сек.}$$

Таким образом, среднее время прохождения участка в утренние часы пик составляет 112,5 сек (или 1 мин 52,5 сек). Так, например, среднее время прохождения данного участка в условиях свободной дороги — около 18 сек (данные получены из приложения «Яндекс карты»), скорость — 35 км/ч, длина участка — 180 м.

Определим среднее число остановок:

$$N = \frac{3 + 4 + 3 + 4 + 3 + 5 + 4 + 4 + 3 + 3 + 3 + 3 + 3 + 3 + 2}{15} = 3,3 \text{ остановки.}$$

Найдем среднее время простоя машин в пробке:

$$T_{\text{пр (cp)}} = \frac{50 + 62 + 53 + 48 + 52 + 65 + 60 + 54 + 51 + 52 + 58 + 48 + 51 + 51 + 45}{15} = 53,3 \text{ секунды.}$$

Известно среднее время прохождения участка и среднее время простоя. Значит, можно определить среднее время движения автомобиля и его скорость в час пик. Время — 59,2 сек ( $112,5 - 53,3 = 59,2$ ). Из этого следует, что средняя скорость — 3 м/с, или **10,8 км/ч** ( $180/59,2 = 3 \text{ м/с}$ ).

В рассматриваемом случае уровень обслуживания можно определить как  $E^1$  (поток останавливается, он плотный, на пределе пропускной способности дороги). Эмоциональная нагрузка водителя крайне высокая, работать ему очень неудобно [3].

Теперь на основе максимальных значений расхода топлива можно определить средний расход топлива на 100 км. Максимальный расход примем, исходя из данных рис. 5 [4]. То есть расход топлива будет максимальным при скорости 10,8 км/ч.

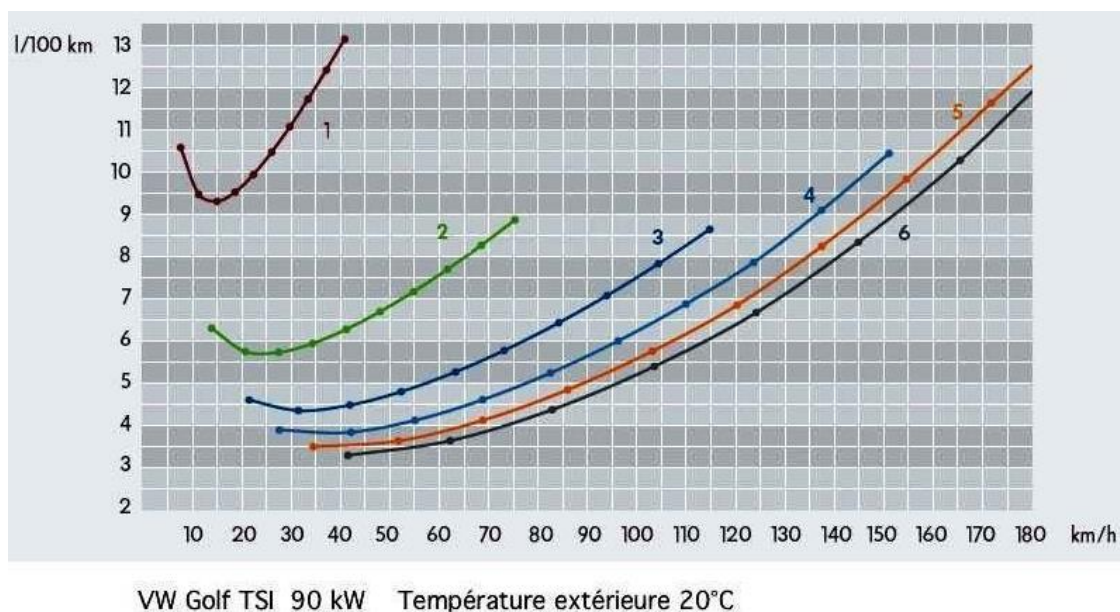


Рис. 5. Расход топлива в зависимости от скорости автомобиля

Учтем и топливо, затрачиваемое при холостой работе двигателя (когда машина стоит в пробке). Модели с двигателем объемом 2 л потребляют 0,6–1,15 литра топлива в час. Автомобили с 4–6 литровым двигателем — 1,9–2,6 л/ч [5].

<sup>1</sup> Уровень обслуживания (англ. level of service — LoS) — критерий, используемый в зарубежной практике для оценки и сравнения условий движения транспорта.  $E$  — недостаточное обслуживание. Постоянно возникают двухсторонние препятствия для движения. Проезд сильно ограничен. Незначительные перестроения останавливают транспортный поток. Его состояние колеблется между стабильным и нестабильным. Интенсивность достигает уровня пропускной способности.

## Максимальный расход топлива на 100 км

Марка автомобиля	Максимальный расход топлива, л/100 км	Объем двигателя
Рено логан	8,4	1,6
Лада ларгус	8,2	1,6
Хёндай крета	8,0	2,0
Лада гранта	7,7	1,6
Форд фокус	10,7	2,3
Лада нива	11	1,9
Лада веста	9,7	1,6
Шевроле камаро	26,4	5,0
Рэндж ровер	16,2	5,0
Мерседес А4	8,4	2,0
Лада гранта	7,7	1,6
ГАЗ 3110 (Волга)	13,5	2,4
Лада приора I	6,9	1,6
Лада 2114	9,8	1,6
Хёндай кретаы	8,0	2,0

С учетом изложенного выше определим средний расход топлива на 100 км:

$$P = \frac{8,4+8,2+8,0+7,7+10,7+11+9,7+26,4+16,2+8,4+7,7+13,5+6,9+9,8+8,0}{15} = 10,7 \text{ л.}$$

Следовательно, на 180 метров в среднем затрачивается по 0,02 литра в условиях движения автомобилей со средней скоростью 10,8 км/ч.

Средний объем двигателя:

$$V = \frac{1,6+1,6+2,0+1,6+2,3+1,9+1,6+5,0+5,0+2,0+1,6+2,4+1,6+1,6+2,0}{15} = 2,25 \text{ л.}$$

На основе полученных расчетов примем расход топлива в момент простоя автомобиля равным 1,2 л/ч. Так как средний простой автомобилей составляет 53,3 секунды, то во всех пробках в заданное время на рассматриваемом участке автомобиль потратит 0,018 литра.

Таким образом, можно сказать, что учитывая время простоя и скорость движения автомобиля в заторе, расход топлива составит 0,038 литра (0,02 + 0,018). Учтем также, что топливо дополнительно сжигается, чтобы сдвинуться с места и начать движение. В этом случае расход топлива может превысить 0,04 литра. В итоге будем считать, что средние затраты топлива на рассматриваемом участке в пробке составят **0,04** литра.

Определим средние затраты топлива на прохождение анализируемого участка в нормальной ситуации. Для этого из графика на рис. 5 узнаем, во сколько раз потребление топлива на скорости 35 км/ч на второй передаче меньше, чем потребление топлива на скорости 10,8 км/ч на первой передаче. Оказывается, потребление топлива в таких условиях снизится в 1,58 раза ( $9,5/6 = 1,58$ ). На основе этих данных можно определить, что при прохождении участка в нормальных условиях будет затрачено **0,013** литра топлива ( $0,02/1,58 = 0,013$ ). Стоит отметить, что нормальное движение исключает лишней расход топлива в простое и для того, чтобы тронуться с места после остановки.

В описанной ситуации в утренний час пик на рассматриваемом участке перерасход топлива в сравнении с нормой:

$$П = 0,04 - 0,013 = 0,027 \text{ л.}$$

В 2021 году 247 рабочих дней. Следовательно, перерасход топлива только на этом 180-метровом участке составит **6,67** ( $0,027 \times 247$ ) литра за год. На начало 2021 года средняя цена бензина самой распространенной в России марки АИ-92 выросла на 18 коп. (до 43,46 руб. за литр). Бензин АИ-95 подорожал на 20 коп. (47,24 руб. за литр), АИ-98 — на 35 коп. (53,90 руб. за литр) [6]. Средняя стоимость одного литра бензина:

$$C_{\text{ср}} = \frac{43,46 + 47,24 + 53,90}{3} = 48,2 \text{ руб.}$$

Теперь у нас есть все данные, чтобы выяснить потери водителя в рабочие дни года от простоев в утренние часы пик на 180-метровом участке улицы Социалистической: 321,5 руб. ( $48,2 \times 6,67$ ).

#### 4. Предложения по решению проблем

Для решения рассматриваемых проблем предлагались различные организационные новации. Некоторые из них отклонены из-за нерентабельности. В итоге остались три предложения, которые следует признать целесообразными:

- ликвидация неровностей и ям на дорогах,
- изменение начала работы ДГТУ,
- внедрение платных парковочных мест рядом с Музыкальным театром, ДГТУ и зданием суда,
- увеличение платы за парковку (это приведет к сокращению количества автомобилей на данном участке примерно на 25%).

Назовем еще четыре мероприятия, которые способны уменьшить напряженность на дороге:

- строительство надземного или подземного перехода,
- установка светофора,
- расширение проезжей части,
- увеличение количества парковочных мест.

Однако эти решения чрезмерно дороги и создадут проблемы людям, проживающим на улице.

**Выводы.** Итак, учитывая итоги проведенного исследования, предлагаем ликвидировать на рассмотренном участке неровности и ямы, изменить начало работы ДГТУ, организовать платные парковочные места рядом с Музыкальным театром, ДГТУ и зданием суда, повысить плату за парковку. Можно обоснованно предположить, что все это существенно улучшит ситуацию с транспортными заторами. Значительно сократятся топливные затраты и количество выбрасываемых в атмосферу загрязняющих веществ.

#### Библиографический список

1. Российский автопарк 2020. Динамика изменений за 10 лет / ООО «Старлюб» // Старлюб : [сайт]. — URL: <https://starlube.ru/news/novosti-rynka/rossiyskiy-avtopark-2020-dinamika-izmeneniy-za-10-let/> (дата обращения : 22.09.2021).
2. Количество автомобильного транспорта Ростовской области по данным Федеральной службы государственной статистики / ГКУ РО «Центр безопасности дорожного движения» // cbddro.ru : [сайт]. — URL: <https://cbddro.ru/about/info/news/1159/> (дата обращения : 22.09.2021).





3. Пропускная способность. Уровни обслуживания // StudRef: [сайт]. — URL: [https://studref.com/519183/tehnika/propusknaya\\_sposobnost\\_urovni\\_obslyzhvaniya](https://studref.com/519183/tehnika/propusknaya_sposobnost_urovni_obslyzhvaniya) (дата обращения : 22.09.2021).

4. Сильно ли увеличивается потребление топлива при увеличении скорости // 1gai.ru : [сайт]. — Режим доступа: <https://1gai.ru/baza-znaniy/521629-naskolko-povyshenie-skorosti-so-100-km-ch-do-200-km-ch-uvlichivaet-rashod-topliva.html> (дата обращения : 22.09.2021).

5. Какой расход бензина и дизеля на холостых оборотах в час? Список факторов / Спецтехника // minitraktor34.ru : [сайт]. — URL: <https://minitraktor34.ru/obzory-i-testy/rashod-topliva-na-holostyh-oborotah.html> (дата обращения : 22.09.2021).

6. Тихонов, С. Росстат: с начала года цены на бензин выросли на 21 копейку / С. Тихонов // Российская газета : [сайт] — 2021. — 14 января. — URL: <https://rg.ru/2021/01/14/rosstat-s-nachala-goda-ceny-na-benzin-vyrosli-na-21-kopejku.html> (дата обращения : 22.09.2021).

*Об авторе*

**Копылов Максим Алексеевич**, магистрант кафедры «Организация перевозок и дорожного движения» Донского государственного технического университета (344003, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), [dorothej@mail.ru](mailto:dorothej@mail.ru)

*About the Author*

**Kopylov, Maksim A.**, Master's degree student, Department of Organization of Transportation and Road Traffic, Don State Technical University (1, Gagarin sq., Rostov-on-Don, 344003, RF), [dorothej@mail.ru](mailto:dorothej@mail.ru)