

УДК 621.43

UDC 621.43

05.00.00 Технические науки

Technical sciences

**АНАЛИЗ ПРОБЛЕМНЫХ УЧАСТКОВ  
ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ Г. КРАСНОДАРА И  
МЕРОПРИЯТИЯ ДЛЯ ИХ РАЗГРУЗКИ**

**ANALYSIS OF THE PROBLEM AREAS IN THE  
KRASNODAR TRANSPORT NETWORK AND  
ACTIVITIES TO DISCHARGE THEM**

Антониади Георгий Дмитриевич  
РИНЦ SPIN-cod=9743-6706  
Начальник управления информационно-коммуникационных технологий и связи администрации муниципального образования город Краснодар

Antoniadi Georgiy Dmitrievich  
RSCI SPIN-code = 9743-6706  
Head of Information and Communication Technologies and Communications of administration of Krasnodar City

Цуприков Александр Александрович  
к.т.н., доцент  
РИНЦ SPIN-cod=6454-3658  
*Кубанский государственный технологический университет, Краснодар, Россия*

Tsouprikov Alexander Alexandrovich  
Cand.Tech.Sci., associate professor  
RSCI SPIN-code = 6454-3658  
*Kuban State Technological University, Krasnodar, Russia*

Основными причинами заторов в городе являются одноуровневые перекрёстки, регулируемые светофорами и недостаточное количество полос движения. В статье проведён анализ двух проблемных перекрёстков и предложены способы их разгрузки. Для трёхстороннего перекрёстка Ялтинская – Уральская с помощью электрической транспортной модели определено, что число полос движения нужно для разных направлений увеличить до 4 – 8. Однако причина конфликта - пересечение двух конкурирующих потоков – поворот со стороны мостов с ул. Ялтинская на ул. Уральская и встречное движение с ул. Ялтинская на ул. Северная. Светофорное регулирование не решает проблему и способствует созданию заторов. Предлагается развести дорожные потоки на разные уровни – помощью эстакады на ул. Ялтинская, при этом прямой поток с ул. Ялтинская на ул. Северная идёт по эстакаде, а поворачивающий на ул. Уральская – под эстакадой. Транспортные потоки на перекрёстке на ул. Северная – Тургенева со светофорным регулированием можно развести устройством кругового перекрёстка или турбоперекрёстка

The main causes of congestion in the city are single-level intersections regulated by traffic-lights and an insufficient number of lanes. The article provides an analysis of two problematic intersections and suggestions for their discharge. For trilateral junction of Yaltinskaya - Uralskaya with an electric model it was determined that the number of lanes needed for different areas increased to 4 - 8. However, the causes of the conflict - the intersection of two competing streams – the turn from the bridge to Yaltinskaya street to Uralskaya and oncoming traffic from Yaltinskaya to Severnaya. Traffic light regulation does not solve the problem and helps creating congestion. It is proposed to separate traffic flows on different levels with the help of the overpass on Yaltinskaya, and the stream from Yaltinskaya to Severnaya goes on the overpass, and turning stream to Uralskaya - under the overpass. Traffic flows at the intersection on Severnaya and Turgeneva with traffic light regulation device can be diluted with a circular or a turbo intersection

Ключевые слова: ЗАТОР, СВЕТОФОР, ЭСТАКАДА, КРУГОВОЙ ПЕРЕКРЁСТОК

Keywords: CONGESTION, TRAFFIC LIGHT, OVERPASS, CIRCULAR INTERSECTION

Основной причиной заторов на дорогах любого города является то, что перекрёстки всех дорог находятся на одном уровне, поэтому движение регулируется с помощью светофоров [2]. Обычно светофоры работают в автоматическом режиме. Простые расчёты показывают, что при скорости в 60 км/ч с плотностью в 35 авт/км (соответствует комфортной для водите-

лей дистанции машин друг от друга в шесть корпусов) при красном сигнале светофора перед перекрёстком за 30 с выстраивается очередь из 21 машины длиной 105 м, за 60 с – 42 машин на дистанции в 208 м, за 90 с – 63 машины с очередью на 312 м и т.д.

Светофорное регулирование – это способ приспособить растущие объёмы транспортных перемещений к топологии имеющихся городских дорог.

Транспортная сеть современного города, особенно центральная часть, состоит преимущественно из узких дорог с плотным расположением жилых кварталов, муниципальных и других учреждений – заводов, фабрик, вузов, школ, дошкольных учреждений, магазинов, ателье, парикмахерских и т.п. Дорожная сеть складывалась преимущественно во времена гужевого транспорта, и на первых порах удовлетворяла потребности постоянно растущей автомобилизации, в Краснодаре – примерно до 50-60-х годов 20 века.

Причиной пробок на дорогах является повышение плотности потока автомобилей в результате поступления потока машин, превышающего их пропускную способность.

Таким образом, основной причиной пробок являются светофоры, причём как при плотном, так и разреженном потоках машин. Если при большом скоплении автомобилей светофоры ещё помогают упорядочить движение потоков, поочерёдно пропуская их через перекрёсток, то при малых интенсивностях, когда машин на полотне мало, сигналы светофора искусственно задерживают их движение, тоже создавая очередь.

Эту проблему должны решать системы оптимального управления работой светофоров в рамках АСУ ДД. Их основная задача – переключать транспортные потоки в зависимости уровня скопления автомобилей на регулируемых направлениях. Однако, они недостаточно разработаны и мало применяются, даже на основных магистралях города. В основном, АСУ

ДД занимается регистрацией превышения скорости автомобилей, переключением сигналов на жёлтый мигающий в определённое время суток и сбором информации об интенсивностях движения на дорогах в различное время суток.

Идеальная ТС города – это система, не имеющая светофоров, в которой все пересечения транспортных потоков происходят на различных уровнях.

Вторая причина заторов - большинство дорог (основных и дублирующих) имеют недостаточное количество полос движения. Согласно данным ГИБДД г. Краснодара, чаще всего заторы разной мощности возникают в следующих проблемных местах:

- на ул. Северная от ул. Корницкого по обоим мостам до ул. Ялтинская;
- по улицам Северная и Тургенева до их пересечения;
- по ул. Кубанонабережная под Тургеневским мостом;
- по ул. Красных партизан от ул. Брюсова до ул. Аэродромная
- по ул. Красных партизан от ул. Энгельса до ул. Трубилина и др.

Рассмотрим некоторые из этих проблемных мест.

**Участок Северная – Ялтинская – Уральская.** Заторы возникают не только в часы пик, но и в дневное время. Причина заторов – сложный одноуровневый регулируемый Т – образный перекрёсток на пересечении ул. Ялтинская и Уральская (рисунок 1).

"Пробки" возникают из-за пересечения двух конкурирующих потоков - поворот с ул. Ялтинская на ул. Уральская (красные стрелки) и встречное движение с ул. Ялтинская на ул. Северная (тёмно-синие стрелки).

На рисунке 2 приведен электрической аналог схемы перекрёстка. Перекрёсток обозначен как узел 1, со стороны мостов в него входит транс-

портный поток  $I_2$ , со стороны ул. Селезнёва – поток  $I_4$ , выходят потоки на ул. Уральская –  $I_3$ , на ул. Северная -  $I_1$  и на ул. Селезнёва – поток  $I_5$ .

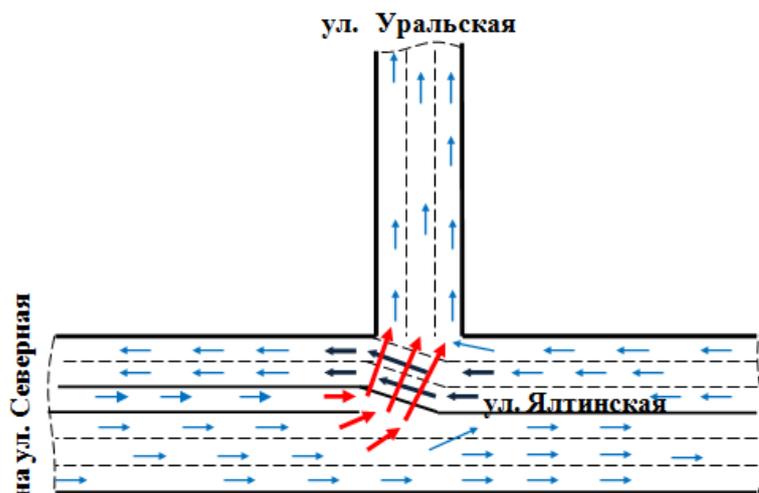


Рисунок 1 Схема перекрёстка улиц Ялтинская – Уральская

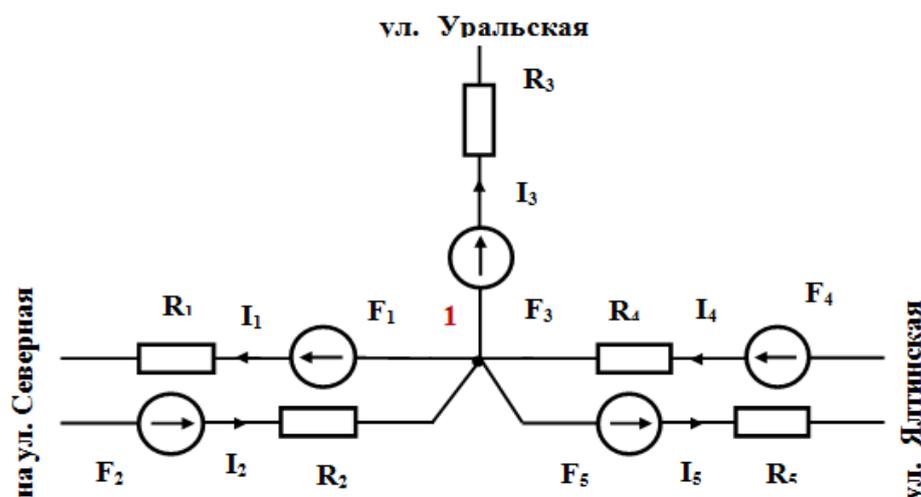


Рисунок 2 Электрическая схема перекрёстка ул. Ялтинская – Уральская

Определим интенсивности потоков движения при имеющемся количестве полос на направлениях дорог, примыкающих к перекрёстку.

**Дано:**

$$R_1 = \frac{1}{2} \text{ - две полосы движения; } R_2 = R_3 = R_4 = R_5 = \frac{1}{3} \text{ - по три по-}$$

лосы; Скорость потоков  $v_i = 60$  км/ч, плотность потоков  $q_i = 30$  авт/км.

Составим уравнения по закону Ома [1]:

$$\left\{ \begin{array}{l} \mathbf{I}_1 \mathbf{R}_1 = \mathbf{F}_1 \\ \mathbf{I}_2 \mathbf{R}_2 = \mathbf{F}_2 \\ \mathbf{I}_3 \mathbf{R}_3 = \mathbf{F}_3 \\ \mathbf{I}_4 \mathbf{R}_4 = \mathbf{F}_4 \\ \mathbf{I}_5 \mathbf{R}_5 = \mathbf{F}_5 \end{array} \right. \quad (1)$$

где  $\mathbf{F}$  – транспортная движущая сила, численно равна  $\mathbf{F} = \mathbf{q} \cdot \mathbf{v}$ .

Для заданной цепи получим следующие значения интенсивностей потоков по направлениям, соответствующие им плотности потоков и скорости движения автомобилей:

$\mathbf{I}_1 = 3600$ авт/ч	$\mathbf{q}_1 = 60$ авт/км	$\mathbf{v}_1 = 28,8$ км/ч
$\mathbf{I}_2 = 5400$ авт/ч	$\mathbf{q}_2 = 90$ авт/км	$\mathbf{v}_2 = 21,6$ км/ч
$\mathbf{I}_3 = 5400$ авт/ч	$\mathbf{q}_3 = 90$ авт/км	$\mathbf{v}_3 = 21,6$ км/ч
$\mathbf{I}_4 = 5400$ авт/ч	$\mathbf{q}_4 = 90$ авт/км	$\mathbf{v}_4 = 21,6$ км/ч
$\mathbf{I}_5 = 5400$ авт/ч	$\mathbf{q}_5 = 90$ авт/км	$\mathbf{v}_5 = 21,6$ км/ч

Можно сделать вывод, что для заданной скорости потоков в 60 км/ч имеющегося количества полос в каждом направлении не достаточно.

Т.к. скорость в 60 км/ч должна достигаться при плотности движения до 35,75 авт/км, то для направления 1 (с интенсивностью  $\mathbf{I}_1$ ) количество полос нужно довести до 3-4, т.к.  $60 \text{ авт/км} : 35,75 \text{ авт/км} * 2 = 3,35 \approx 3-4$  полосы (плотность в системе (1) считалась для 2 полос);

Для остальных направлений (2-5) требуется количество 7-8 полос движения, т.к.  $90 \text{ авт/км} : 35,75 \text{ авт/км} * 3 = 7,55 \approx 7-8$  полос.

Если уменьшить плотность потоков до  $\mathbf{q} = 15$  авт/км, то получим

характеристики транспортных потоков, более соответствующие передвижению в дневные часы (не в часы пик):

$I_1 = 1800$ авт/ч	$q_1 = 30$ авт/км	$v_1 = 72,9$ км/ч
$I_2 = 2700$ авт/ч	$q_2 = 45$ авт/км	$v_2 = 44,4$ км/ч
$I_3 = 2700$ авт/ч	$q_3 = 45$ авт/км	$v_3 = 44,4$ км/ч
$I_4 = 2700$ авт/ч	$q_4 = 45$ авт/км	$v_4 = 44,4$ км/ч
$I_5 = 2700$ авт/ч	$q_5 = 45$ авт/км	$v_5 = 44,4$ км/ч

В этом случае потребное количество полос движения для направления 1 составит  $30 \text{ авт/км} : 35,75 \text{ авт/км} * 2 = 1,68 \approx 2$  полосы, для остальных направлений -  $45 \text{ авт/км} : 35,75 \text{ авт/км} * 3 = 3,78 \approx 4$  полосы.

Однако, расширение дороги не решит проблему, т.к. основной причиной возникновения заторов на перекрёстке являются задержки движения именно из-за светофорного регулирования транспортных потоков.

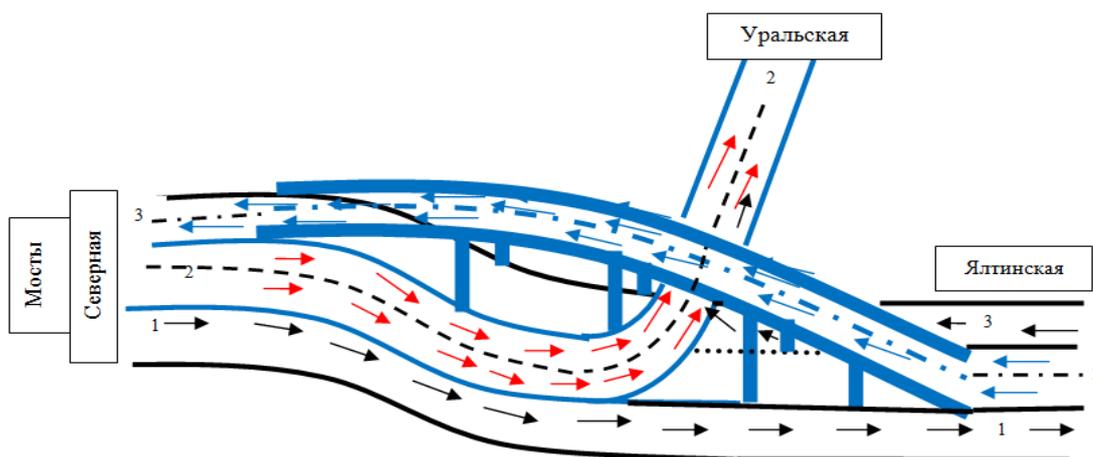


Рисунок 3 Эстакада на перекрёстке Ялтинская – Уральская

Особенностью перекрёстка является то, что он имеет три направления движения, т.е. для него существует конфликт только двух потоков, а не трёх и более, как для перекрёстков с четырьмя направлениями (см. ниже

перекрёсток ул. Северная - Тургенева). Для разгрузки транспортных заторов на пересечении улиц Ялтинская и Уральская предлагается установить над перекрёстком эстакаду с двумя полосами движения – показана на рис. 3 синими толстыми линиями (полотно и опоры) и синими стрелками (потоки ТС).

Эстакада должна соединить среднее направление №2 из двух полос по ул. Ялтинская со стороны ул. Селезнёва и направление №3, выходящее к мостам по ул. Северная. При этом основной поток машин, идущих с ул. Северная на ул. Уральская будет проходить под эстакадой (синее полотно с красными стрелками). При этом поток 1 с ул. Северная на ул. Ялтинская и поток 3 с ул. Ялтинская на ул. Уральская остаются без изменений и движутся в прежних направлениях.

**Участок Северная – Тургенева.** Причина заторов – сложный одноуровневый регулируемый перекрёсток на пересечении ул. Северная и Тургенева (рис. 4). Расчёты по электрической модели не требуются, т.к. заторы образуются из-за работы светофоров.

Основной конфликт на перекрёстке возникает из-за потока, идущего прямо по ул. Тургенева через ул. Северная от ул. Калинина (толстые синие стрелки) и потока, который поворачивает с ул. Тургенева на ул. Северная к центру города (красные стрелки).

С помощью эстакады по ул. Северная эти потоки развести невозможно, т.к. появляются проблемы с потоками, следующими через перекрёсток прямо по ул. Северная и по ул. Тургенева. Развязка узла потоков может быть решена устройством кругового перекрёстка с тремя полосами движения вместо перекрёстка с простым пересечением (рис. 4, зелёные окружности), т.к. прилегающая к нему территория вполне позволяет это сделать. Эффективность кольцевых развязок ниже, чем разноуровневые пересечения потоков с помощью мостов и эстакад, но действеннее светофорного регулирования на 20 – 50%.

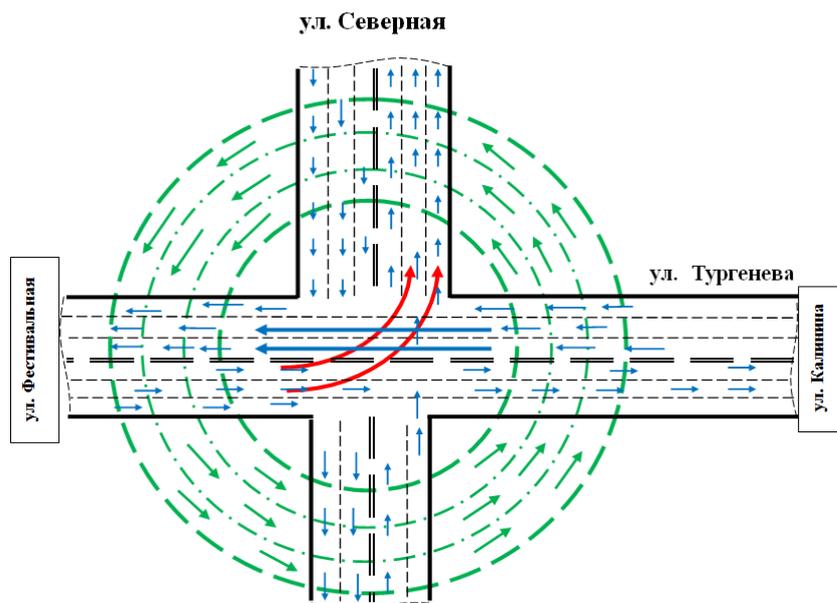


Рисунок 4 Перекрёсток Северная – Тургенева

Существуют более сложные варианты круговых перекрёстков, такие как *турбоперекрёсток* (рисунок 5), всё чаще используемый на дорогах Нидерландов. Двухполосный турбоперекрёсток способен пропускать на 12-20 % больший поток по сравнению с обычным трёхполосным круговым перекрёстком того же размера.

Аналогично следует рассмотреть другие проблемные участки дорожной сети г. Краснодара. В принципе можно рекомендовать следующие основные меры по увеличению пропускной способности пересечений транспортных потоков:

1. Строительство эстакад для разведения пересекающихся потоков на разные уровни движения. В зависимости от рельефа местности эстакады можно делать полуподземными, т.е. наземное дорожное полотно (нулевой уровень) заглублять в землю на 1,5 – 2 метра. Это позволит ограничить высоту эстакады также на 1,5 – 2 метра. Высота эстакады зависит от вертикальных габаритов транспорта и должна составлять 4-5 метров.

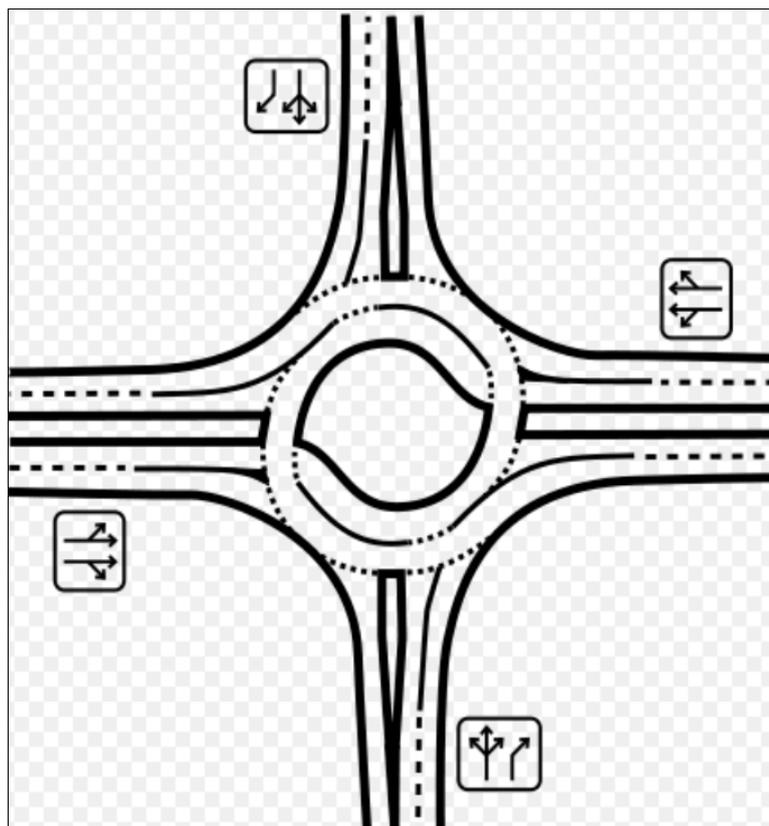


Рисунок 5 Нидерландский турбоперекрёсток

2. Строительство круговых перекрёстков.
3. Расширение имеющихся дорожных полотен за счёт увеличения количества полос движения.
4. Прокладка вспомогательных (дублирующих) дорог или ввод в ТС города имеющихся улучшением их дорожного покрытия (асфальтирование грунтовых и брусчатых дорог) для разгрузки основных магистралей города.
5. Активное применение АСУ работой светофоров, которые переключают сигналы движения в зависимости от определённого в режиме on-line количества скопившихся в разных направлениях автомобилей.
6. Улучшение качества покрытий вспомогательных дорог для повышения их привлекательности для движения.
7. Оперативное оповещение водителей о текущей загруженности и заторах на основных магистралях города с помощью электронных инфор-

мационных табло, установленных на участках УДС перед въездом на обводные и дублирующие дороги.

### Литература

1 Нейман Л.Р., Демирчан К.С. Теоретические основы электротехники: В 2-х т. Учебник для вузов. Том 1. – 3-е изд., перераб. и доп. - -Л.: Энергоиздат. Ленингр. Отделение, 1981. – 536 с., ил.

2 Петров В.Ю. Анализ режимов работы улично–дорожной сети крупных городов на примере города Перми / В.Ю. Петров, М.Ю. Петухов, М.Р. Якимов. – Пермь: изд. Перм. гос. техн. ун-та, 2004. – 275 с.

### References

1 Nejman L.R., Demirchan K.S. Teoreticheskie osnovy jelektrotehniki: V 2-h t. Uchebnik dlja vuzov. Tom 1. – 3-e izd., pererab. i dop. - -L.: Jenergoizdat. Leningr. Otd-nie, 1981. – 536 s., il.

2 Petrov V.Ju. Analiz rezhimov raboty ulichno–dorozhnoj seti krupnyh gorodov na primere goroda Permi / V.Ju. Petrov, M.Ju. Petuhov, M.R. Jakimov. – Perm': izd. Perm. gos. tehn. un-ta, 2004. – 275 s.