

УДК 681.322

UDC 681.322

**РАЗРАБОТКА И ПРИМЕНЕНИЕ  
ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО СРЕДСТВА  
РАСЧЕТА ХАРАКТЕРИСТИК ГОРОДСКИХ  
АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ (НА ПРИМЕРЕ  
Г.КРАСНОДАРА)**

**DEVELOPMENT AND APPLICATION OF  
TOOLBOX CALCULATION OF MUNICIPAL  
MOTOR ROADS CHARACTERISTICS (ON THE  
EXAMPLE OF KRASNODAR CITY)**

Лойко Валерий Иванович  
заслуженный деятель науки РФ, д.т.н., профессор

Loiko Valery Ivanovich  
deserved scientist of the FR, Dr. Sci. Tech., professor

Параскевов Александр Владимирович  
соискатель

Paraskevov Alexander Vladimirovich  
candidate for degree

Чемеркина Анастасия Александровна  
студентка факультета прикладной информатики

Chemerkina Anastasia Alexandrovna  
student

*Кубанский государственный аграрный  
университет, Краснодар, Россия*

*Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia*

В статье рассматривается разработка и применение инструментального средства для расчета параметров городских автомобильных дорог (на примере г.Краснодара), также уравнения и неравенства для построения модели расчета транспортного потока на сети городских дорог. Рассмотрены необходимые условия применения метода.

We discuss development and application of toolbox calculation of municipal motor roads characteristics (on the example of Krasnodar City). The method of fight with holdups on the roads with the help of fare introduction and equation and in equality for choice and optimization of equation models of transport stream on city roads are considered as well.

Ключевые слова: ТРАНСПОРТНЫЙ ПОТОК,  
АВТОМОБИЛЬНАЯ ДОРОГА,  
ИНТЕНСИВНОСТЬ ДВИЖЕНИЯ,  
ФАКТИЧЕСКАЯ ПРОПУСКНАЯ  
СПОСОБНОСТЬ, ТРАНСПОРТНОЕ СРЕДСТВО.

Keywords: TRANSPORT STREAM, AUTOMOBILE ROAD, INTENSITY OF MOVEMENT, TRAFFIC CAPACITY, FARE, ECONOMIC EFFICIENCY, AUTOMOBILE.

Автомобильные дороги составляют единую транспортную систему страны, в рамках которой они выполняют свою, наиболее рациональную для них, перевозочную работу.

Выделим несколько теорий, способных разрешить давно назревшую проблему затруднения движения транспортного потока, которая носит не только общероссийский, но уже и общемировой характер.

1) Организация поочередного движения автомобилей с четными и нечетными номерами в разные дни недели. Такая мера, введенная в некоторых странах Европы, оказалась достаточно неэффективной. Подход к решению проблемы, конечно, оригинален, но и способов «обойти» его также предостаточно. В результате данная мера больше подхлестывает коррупцию, чем борется с проблемой.

2) Проблема с парковкой в крупных городах очень актуальна. Сегодня огромное количество автомобилей припарковано у обочин дорог, что сокращает пропускную способность на 50-80%. Решить данную проблему можно только путем высоких тарифов за остановку, стоянку в зоне действия запрещающих знаков и эвакуацией машин на штрафстоянки. Но в данном случае необходимо наличие четко сформулированного законодательства и алгоритма работы служб ГИБДД, не нарушающего права водителя.

3) Практика показывает, что до 70-80% всех автомобилей имеют в своем салоне только одного водителя. Если он будет подвозить до работы своего соседа, таких же водителей, то пробок будет куда меньше. Использование автомобиля для подвоза других людей называется carpool (на русском - “кар пул” или “карпул”).

4) развитие мото- и велотранспорта. Яркий пример - Китай. Введение проката велосипедов - экологически чистого транспорта. Минус: к недостаткам данного вида транспорта можно отнести человеческий фактор, так как в случае ДТП увеличивается количество смертей. Также немаловажно отметить отсутствие предусмотренных правилами дорожного движения велосипедных дорожек, которые и призваны обеспечивать безопасность велосипедного движения;

5) разрешить делать правый поворот на “красный свет”, то есть установить дополнительный сигнал светофора, это в некоторой степени поможет разгрузить правую крайнюю полосу;

6) запретить въезд крупного грузового транспорта (грузоподъемностью свыше 5тонн) в центральную (историческую) часть города и спальные районы;

7) создать координационные центры, которые, используя средства связи, например, радиосвязь или GPS - навигацию оповещать водителя, в каком месте дорога наиболее загружена и схемы объезда заторов;

8) одна из мер по повышению качества дорог - поиск им альтернативы: строительство платных дорог. Средства, собранные с водителей, могли бы пойти на ремонт и строительство новых дорог. Такая мера с успехом применяется в течение некоторого времени в Лондоне.

Хотелось бы обратить внимание на проблему этики на дороге (как водителей, так и пешеходов) - неуважение людей к другим, необоснованное нарушение правил, ведущее к опасным последствиям... Решение этой проблемы лежит в области воспитания; нужны некие меры, обличающие проблему, и время.

Автодорога способна обеспечивать пропуск только тех нагрузок и в том количестве, на которые она рассчитана. Совокупность автомобилей, различных по типам, степени нагрузки и т.п., следующих в одном направлении с различными скоростями, образуют транспортный поток. Транспортный поток характеризуется интенсивностью движения – общее количество автомобилей, проходящих через некоторое сечение дороги за единицу времени (сутки, час).

Обычно интенсивность движения выражается фактическим количеством проходящих автомобилей независимо от их типов (фактическая интенсивность движения).

Однако проход быстроходных легковых и тихоходных грузовых автомобилей не эквивалентны друг другу. Поэтому для характеристики количества автомобилей, которые дорога может пропустить, фактическая интенсивность движения приводится к приведенной, выраженной в легковых автомобилях. Для этого все прочие автомобили с помощью коэффициентов приводятся к легковым автомобилям (табл. 1).

$$N_{np} = \sum_{i=1}^{i=n} K_{np_i} \cdot N_{факт_i} \quad (1)$$

где  $N_{np}$  – приведенное количество автомобилей;

$N_{факт_i}$  – фактическое количество автомобилей различного типа;

$K_{пр_i}$  – коэффициент приведения.

Таблица 1 - ЗНАЧЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ ПРИВЕДЕНИЯ.

Тип транспортного средства	Коэффициент приведения
1. Легковой автомобиль	1,0
2. Мотоциклы, мопеды	0,5
3. Грузовые автомобили, грузоподъемностью 2-14 т	1,5 – 3, 5
4. Автопоезда грузоподъемностью 12-30 т	3,5 – 6,0

Практическая пропускная способность – это максимальное количество транспортных средств, которое может быть пропущено по определенному участку дороги в течение определенного промежутка времени при обеспечении безопасности и заданной скорости движения.[1]

При определении максимальной пропускной способности одной полосы движения принимается, что автомобили движутся друг за другом с одинаковой скоростью на расстоянии, достаточном для полного торможения при внезапной остановке переднего автомобиля, в этот момент большое значение играет уклон дорожного полотна (табл. 2).

Таблица 2 - ЗНАЧЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ ПРОДОЛЬНОГО УКЛОНА.

Уклон, %	0	20	30	40	50	60	70	80
Значение коэффициента, $i$	1,0	0,92	0,84	0,76	0,68	0,56	0,45	0,34

При расчете безопасного расстояния между автомобилями необходимо учитывать длину участка дороги, приходящегося на один автомобиль на дороге, которая равна:

$$L = S_p + l_4, \tag{2}$$

где  $S_p$  – расчетный безопасный тормозной путь, м;

$l_4$  – длина автомобиля, м.

$$S_p = l_1 + l_2 + l_3 \quad (3)$$

где  $l_1$  – путь, проходимый автомобилем за время реакции водителя, равное одной секунде:

$$l_1 = \frac{V \cdot \frac{1000}{3600}}{1} = \frac{V}{3,6} \text{ м} \quad (4)$$

$l_2$  – путь, который дополнительно пройдет задний автомобиль вследствие различия в состоянии тормозов переднего и заднего автомобилей.

$$l_2 = S_3 - S_n = \frac{V^2 \cdot (K_3 - K_n)}{254(j \pm i + f)} \quad (5)$$

где  $S_3$  и  $S_n$  – тормозные пути, соответственного заднего и переднего автомобилей;

$l_3$  – некоторый запас расстояния между остановившимися автомобилями;

$K_3$  и  $K_n$  – коэффициенты эксплуатационного состояния тормозов, соответственно, заднего и переднего автомобилей;

$V$  – скорость автомобиля ( $V_3 = V_n = V$ ), км/час;

$i$  – уклон элемента профиля, на котором производится торможение;

$f$  – сопротивление качению, кгс/т;

$\phi$  – коэффициент сцепления.

Таким образом, безопасное расстояние между автомобилями при торможении равно

$$S_p = \frac{V}{3,6} + \frac{V^2 \cdot (K_3 - K_n)}{254 \cdot (j \pm i + f)} + l_3 \quad (6)$$

Количество автомобилей, прошедших через рассматриваемое сечение дороги в одном направлении за один час, то есть пропускная

способность одной полосы движения, при скорости движения  $V$  км/ч, равно:

$$N = \frac{1000 \cdot V}{\frac{V}{3.6} + \frac{V^2 \cdot (K_3 - K_n)}{254 \cdot (j \pm i + f)} + l_3 + l_4} \text{ авт/час} \quad (7)$$

где  $l_3, l_4$  – длина автомобиля, м;

$K_3$  и  $K_n$  – коэффициенты эксплуатационного состояния тормозов, соответственно, заднего и переднего автомобилей;

$V$  – скорость автомобиля ( $V_3 = V_n = V$ ), км/час;

$i$  – уклон элемента профиля, на котором производится торможение;

$f$  – сопротивление качению, кгс/т;

$\varphi$  – коэффициент сцепления.

С увеличением интенсивности движения, естественно, пропускная способность уменьшается (так как падает скорость из-за помех), и скорость транспортного потока при смешанном составе движения подчиняется эмпирической зависимости:

$$V = V_0 - a \cdot N \quad (8)$$

где  $V_0$  – скорость движения одиночного автомобиля при отсутствии помех, км/ч, которая зависит от дорожных и погодных условий;

$N$  – суммарная интенсивность движения в обоих направлениях, авт/ч;

$a$  – коэффициент снижения скорости, который зависит от состава движения, приведен в таблице 3.[4]

При многополосной проезжей части в каждом направлении полную пропускную способность обеспечивает только первая полоса движения. Последующие полосы имеют меньшую пропускную способность. Пропускная способность проезжей части при многополосном движении определяется с учетом понижающего коэффициента многополосности,

принимаемого в зависимости от числа полос движения в одном направлении: одна – 1,0; две – 1,9; три – 2,7; четыре – 3,5.[2]

Таблица 3 - ЗНАЧЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ СНИЖЕНИЯ СКОРОСТИ.

Кол-во легковых автомобилей в потоке, %	Коэффициент снижения скорости, $\alpha$
0	0,02
10	0,018
20	0,016
30	0,014
40	0,013
50	0,012
60	0,011
70	0,01
80	0,009
90	0,008
100	0,007

Разработан программный продукт, который применяется в деятельности строительных организаций при расчете параметров проектирования прокладки автомобильных дорог.

Современные автодороги – сложные инженерные сооружения, призванные обеспечить бесперебойность и безопасность движения потоков автомобилей с высокими скоростями.

При разработке проектов необходимо учитывать все факторы, которые призваны обеспечить надежную экономическую работу дороги с соблюдением безопасности движения и архитектурно-технических требований.

Ошибки при проектировании, особенно при выборе направления дороги, остаются на десятилетия, вызывая существенные потери для народного хозяйства страны.

При соблюдении общих принципов проектирования каждая дорога имеет свои особенности, связанные с учетом специфики транспортных средств и перевозимых грузов.

Чем выше административное значение дороги, тем больше по ней движется автомобилей, тем больше грузопоток, тем более совершенной она должна быть.

Данная программа рассчитывает пропускную способность, интенсивность движения любой из улиц города, учитывая дорожное покрытие и его состояние, количество полос, их направленность.

Для того чтобы, рассчитать статистические данные пропускной способности и интенсивности движения транспортного потока, необходимо выбрать в «МЕНЮ» подменю «СТАТИСТИКА» (рис. 1).

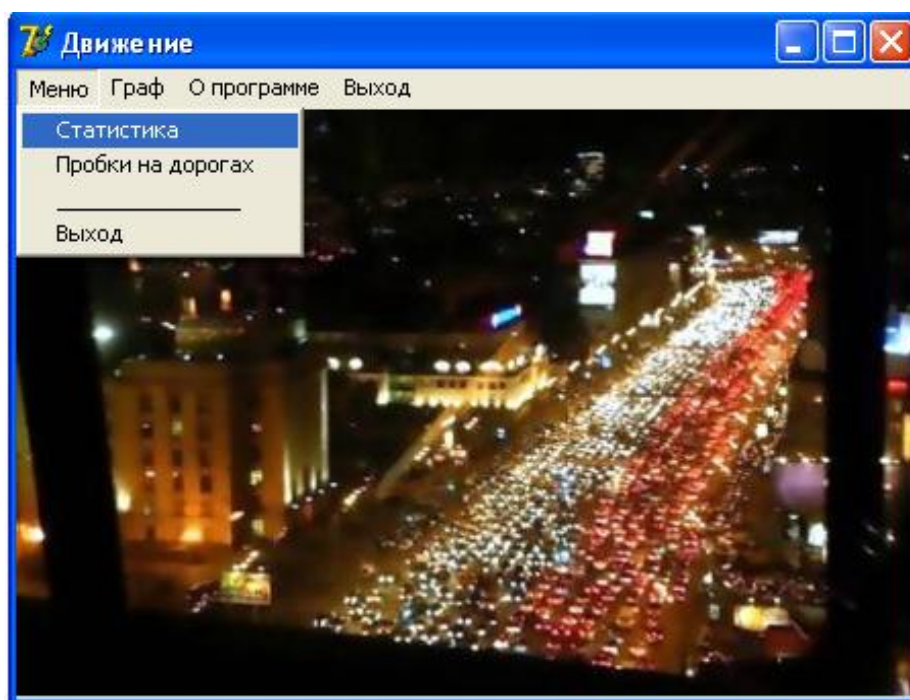


Рисунок 1 – Главное окно программы

В открывшееся окно заносим количество автомобилей проезжающих по дороге за промежуток времени, равный одному часу, а, именно: легковых автомобилей, мотоциклов, мопедов, грузовых автомобилей общей массой от 2 до 14т и автопоезда общей массой от 12 до 30 т.



Выбираем тип дорожного покрытия и его состояние из предложенных вариантов: асфальтобетонное в отличном состоянии; асфальтобетонное в удовлетворительном состоянии; асфальтобетонное покрытие, после дождя; гравийное покрытие; грунтовая дорога, сухая; грунтовая дорога, после дождя; снежная дорога; лед. Данный коэффициент применяется при расчете максимальной теоретической пропускной способности[4].

Затем из предложенных вариантов, выбираем количество полос на дороге и категорию дороги, это может быть категория III – важнейшие местным дороги; IV - республиканские, областные, местные дороги; V – дорога сугубо местного значения и отмечаем процент продольного уклона дорожного полотна.

Заносим максимальную разрешенную скорость движения на данном участке улицы для автомобилей в км/ч. Теперь мы можем посчитать интенсивность движения и пропускную способность транспортного потока, нажав на кнопки «Интенсивность движения» и «Пропускную способность», соответственно, что и изображено на рисунке 2.

**Теоретическая пропускная способность**

**Количество автомобилей на дороге в час**

Легковые автомобили	45
Мотоциклы, мопеды	3
Грузовые автомобили, 2-14т	2
Автопоезда, 12-30т	2
Легковых автомобилей в потоке, %	86

**Количество полос**

- 1
- 2
- 3
- 4

**Дорожное покрытие и его состояние**

- Асфальтобетонное в отличном состоянии
- Асфальтобетонное в удовлетворительном состоянии
- Асфальтобетонное покрытие, после дождя
- Гравийное покрытие
- Грунтовая дорога, сухая
- Грунтовая дорога, после дождя
- Снежная дорога
- Лед

**Категория дороги**

- III - важнейшие местные дороги
- IV - республиканские, областные, местные
- V - дорога сугубо местного значения

Разрешенная скорость движения автомобиля, км/ч: 60

Продольный уклон, %: 1

Интенсивность движения, авт./час: 60

Максимальная теоретическая пропускная способность, авт./час: 6022

Рисунок 2 – Окно «Статистика»

Для определения математических параметров, влияющих на коэффициент пропускной способности и степень загруженности дорог, необходимо выбрать соответствующий пункт из главного меню, а именно, «Пробки на дорогах». Но перед этим необходимо закрыть окно «Теоретическая пропускная способность».

Выбираем карту района из выпадающего списка окна «Пробки», для более наглядного представления улицы, а также для выбора путей объезда возможных заторов. Нажимаем кнопку «Карта района», после чего она появляется в нижней части экрана.

Далее выбираем интересующую нас улицу, также из предложенного списка. Нажав на кнопку «Выбрать», автоматически расставляется количество полос движения в начале и конце улицы. Затем необходимо

выбрать интересующий нас въезд или выезд из этой улицы, для обновления данных также необходимо нажать кнопку «Выполнить». Программа также поддерживает возможность выбора улицы без выбора района. Выбрав улицу из списка и нажав кнопку «Выполнить», ниже мы увидим карту района, в котором и находится данная улица.

Выбираем дорожное покрытие и его состояние интересующей нас улицы из предложенных вариантов: асфальтобетонное в отличном состоянии; асфальтобетонное в удовлетворительном состоянии; асфальтобетонное покрытие, после дождя; гравийное покрытие; грунтовая дорога, сухая; грунтовая дорога, после дождя; снежная дорога; лед.

На рисунках 3 и 4 представлен алгоритм работы данного пункта меню, который наглядно показывает принцип вычисления математических характеристик.

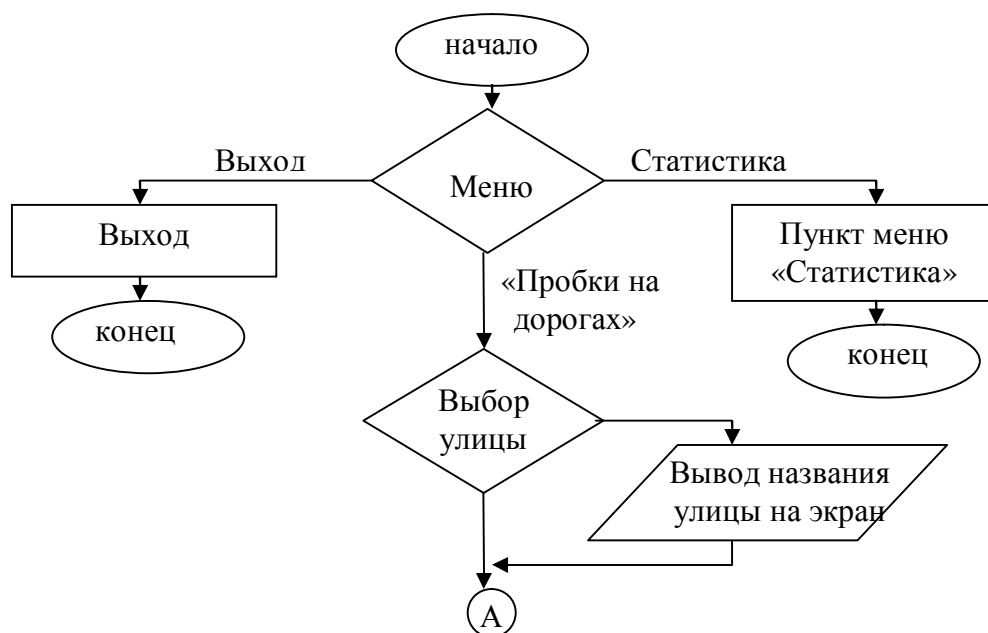


Рисунок 3 – Алгоритм работы пункта «Пробки на дорогах»

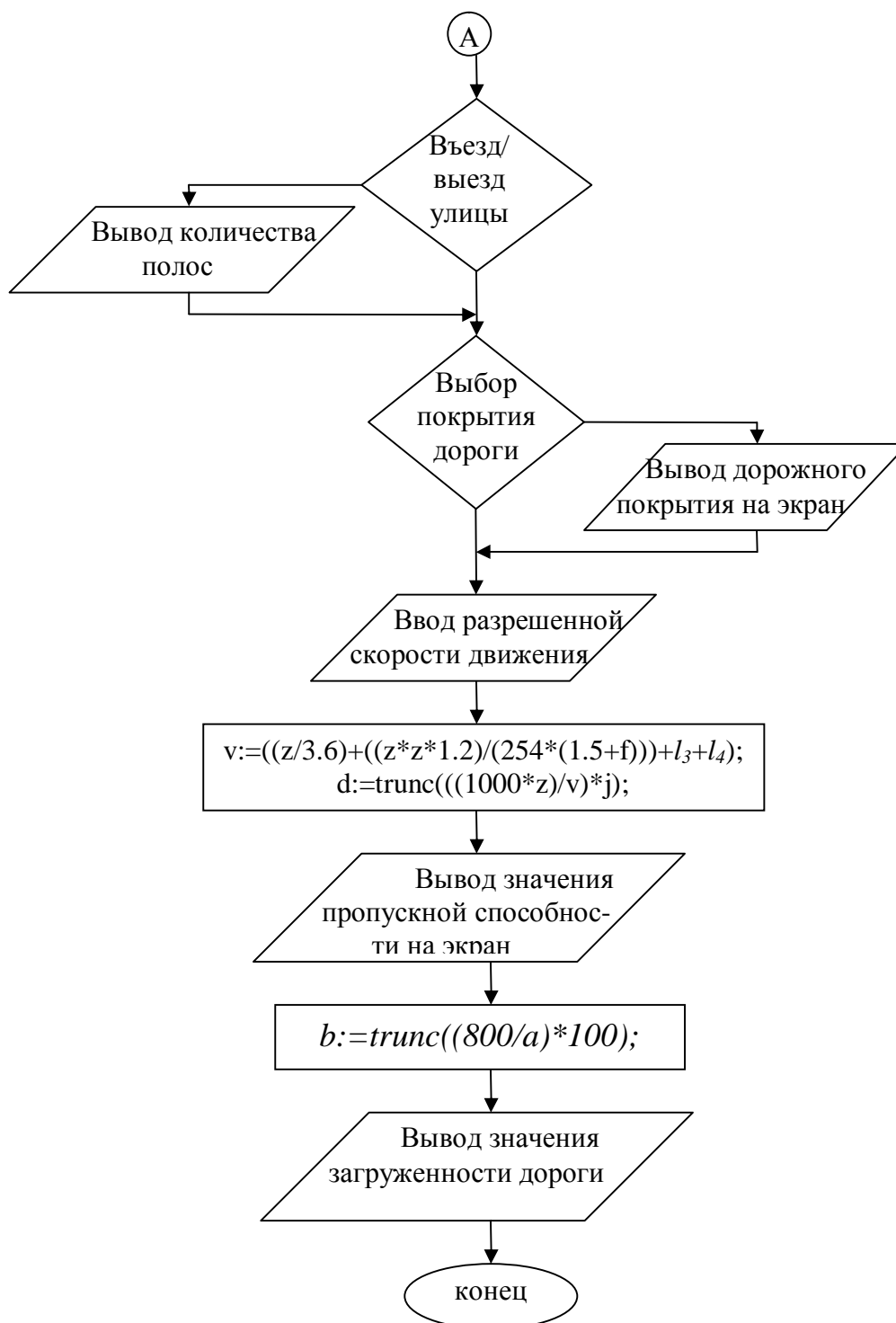


Рисунок 4 – Алгоритм работы пункта «Пробки на дорогах» (продолжение)

Теперь мы можем посчитать пропускную способность транспортного потока и определить загруженность дороги, нажав на кнопки

«Максимальная практическая пропускная способность» и «Загруженность дороги», соответственно (рис.5).

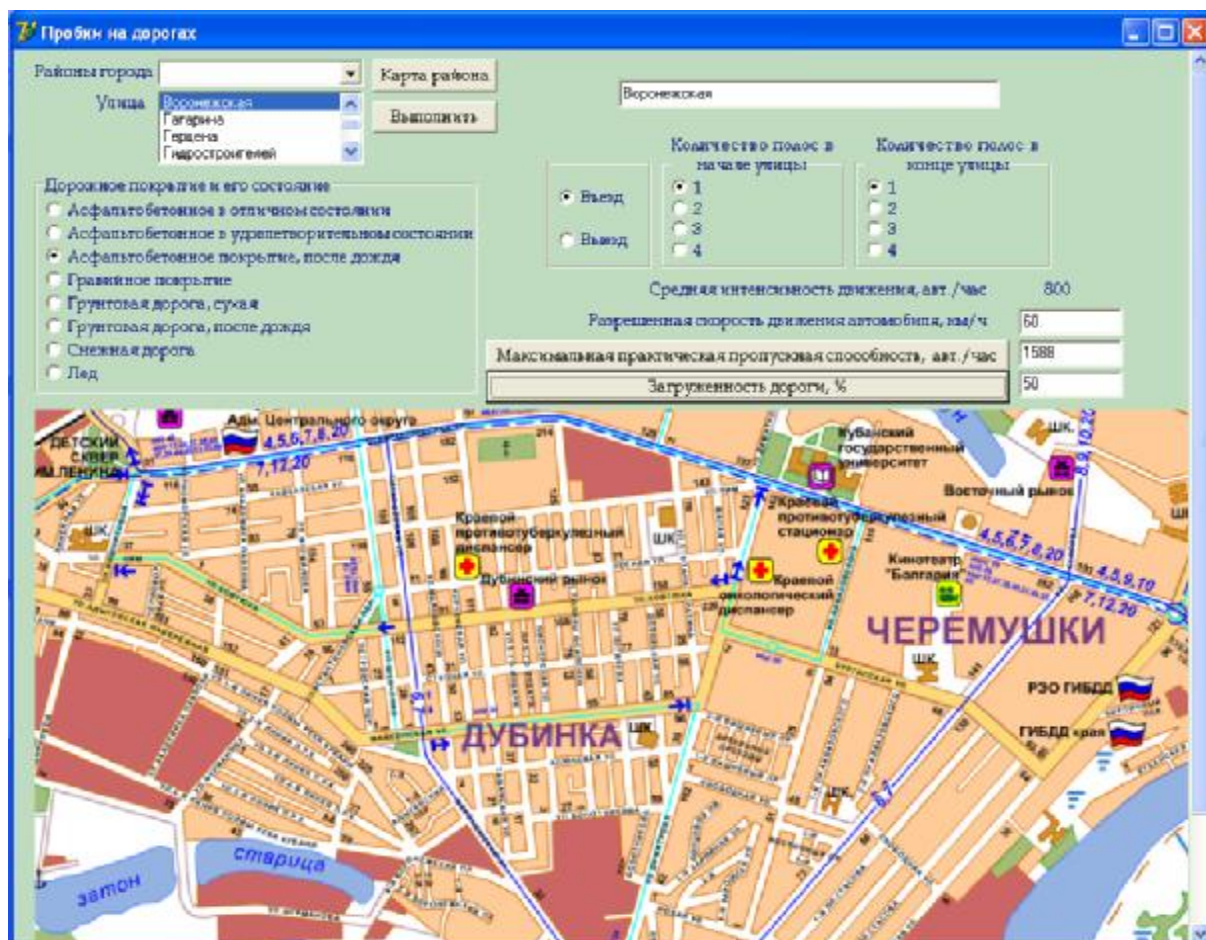


Рисунок 5 – Окно «Пробки на дорогах»

На рисунке 5 представлены карты районов города в виде направленных графов. В качестве весов указано количество полос. Вершинами графа являются перекрестки. Возможно использование альтернативного подхода, при котором весами будет являться процент или доля загруженности улицы автотранспортом. Тогда поиск путей объезда возможных заторов будет представлять процесс поиска кратчайших путей по графу.[6] Решающее значение при этом будет иметь расчет, который выполняет кнопка «ЗАГРУЖЕННОСТЬ ДОРОГИ, %». Именно из этого поля будут использоваться значения для определения весов. Кратчайший путь будет являться ни чем иным как оптимальным способом объезда

пробки, естественно при условии наличия нормального дорожного покрытия.

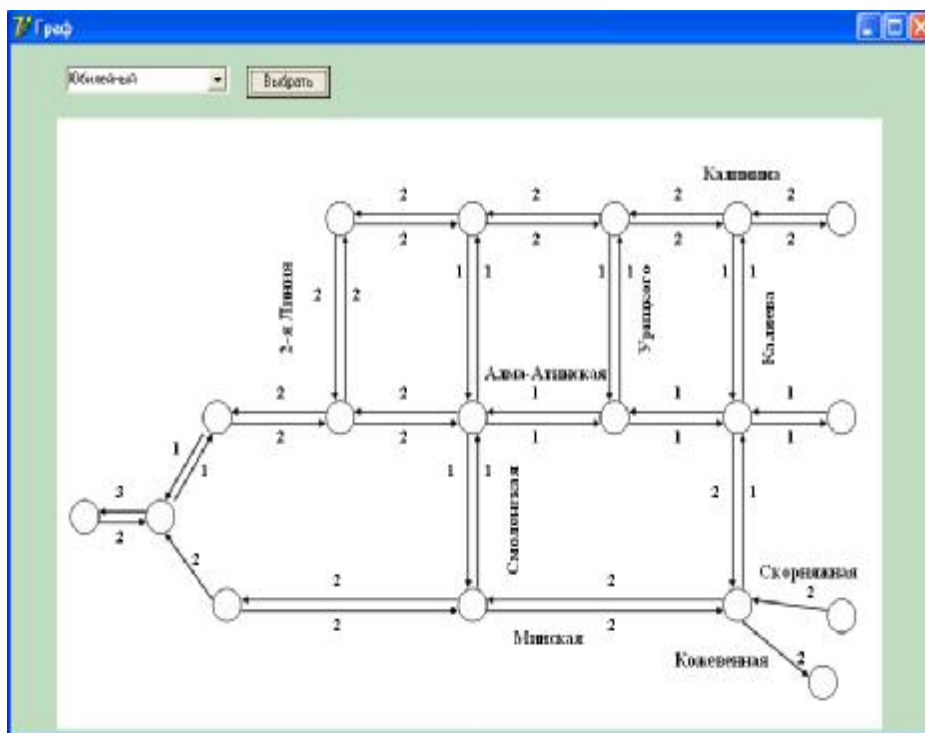


Рисунок 6 – Представление Юбилейного микрорайона города Краснодара в виде направленного графа.

Одной из мер уменьшения пробок в городе являются платные дороги (участки дорог), где движение транспорта наиболее интенсивно, следовательно, чаще возникают заторы. Представленная программа поможет теоретически определить такие места в городе. Данный метод заставит водителя либо оплатить проезд, либо использовать альтернативный путь проезда к месту назначения. Тем самым, эта мера поможет разгрузить загруженные участки дорог. Средства, собранные с водителей, могли бы пойти на повышение качества дорог, строительство новых дорог.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. "Руководство по прогнозированию интенсивности движения на автомобильных дорогах" (для опытного применения), распоряжение министерства транспорта РФ 19 июня 2003 г. № ОС-555-р (д).
2. Бражник А.А. Анализ влияния дорожных факторов и информационных характеристик на величину пропускной способности автомобильных дорог: Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет.
3. Федеральный закон Российской Федерации от 8 ноября 2007 г. N 257-ФЗ "Об автомобильных дорогах и о дорожной деятельности в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации".
4. СНиП 2.05.02-85 Автомобильные дороги от 01.01.1987.
5. Параскевов А.В. Совершенствование управления дорожным движением (обзор), Научный журнал КубГАУ, №37(3), 2008 года, <http://www.ej.kubagro.ru/>
6. Параскевов А.В., Чемеркина А.А. Совершенствование модели управления транспортными потоками, Научный журнал КубГАУ, №42(8), 2008 года <http://www.ej.kubagro.ru/>