

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕОРИИ ГРАФОВ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ  
ОБЪЕЗДНЫХ МАРШРУТОВ НА СЕТИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ  
USE OF THE THEORY OF COUNTS AT THE ORGANIZATION  
BYPASS ROUTES ON THE NETWORK OF HIGHWAYS**

*Леонович И.И.*, доктор технических наук, профессор кафедры «Строительство и эксплуатация дорог» факультета транспортных коммуникаций (Белорусский национальный технический университет)

*Вольнец А.П.*, магистр технических наук, начальник ЛДД-673 ДЭУ-63 (филиал РУП «Минскавтодор-Центр»)

*Leonovich I.I.*, Doctor of Technical Sciences, professor of the department «Road Construction and Maintenance» of the faculty of transport communications (Belarusian National Technical University)

*Volynets A.P.*, Master of Engineering, superintendent of LRD-673 RMS-63 (a subsidiary of RUE «Minskavtodor-Center»)"

**Аннотация.** *Ввиду возможности возникновения различных экстренных ситуаций на сети автомобильных дорог существует необходимость метода, с помощью которого может осуществляться организация маршрутов объездов и эвакуации. В статье в качестве основы такого метода предлагается использование математической теории графов.*

**Abstract.** *Because of the possibility of occurrence of various emergency situations on the road network there is a need in the method of organization of the detours and evacuation routes. The use of a mathematical graph theory as the basis of such method is proposed in this paper.*

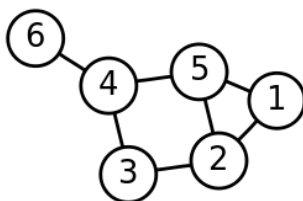
### **Введение**

Сеть автомобильных дорог Республики Беларусь состоит из 15696 километров республиканских и 70891 километров местных дорог. Движения транспортных средств происходит по постоянным маршрутам, при организации которых определяющими показателями были расстояния (они должны быть минимальными) и уровень удобства движения (определяется технической категорией дороги). Однако иногда, под действием различных внешних факторов осуществление движения транспортных средств по данным маршрутам является невозможным. Такими факторами могут стать дорожно-транспортные происшествия, производство ремонтных работ, ограничения по нагрузкам и габаритам транспортных средств, последствия экстремальных погодных явлений, разрушение элементов автомобильных дорог и искусственных сооружений вследствие различных техногенных катастроф и другие причины, по которым движение на участках автомо-

бильных дорог является невозможным. В таких случаях возникает необходимость организации объездных маршрутов. В настоящее время маршруты объездов проектируются когда необходимость в их наличии уже возникла, а само проектирование осуществляется на локальных участках без использования аналитических систем. Ввиду возможности возникновения различных экстренных ситуаций, от правильности и быстроты организации объездных маршрутов могут зависеть не только нормальное функционирование транспортной отрасли, но и конкретные человеческие жизни (использование объездных маршрутов во время эвакуации). В этой связи можно сделать вывод о необходимости существования готового метода и системы, с помощью которых может осуществляться организация объездных маршрутов на сети автомобильных дорог. В данной статье в качестве основы такого метода предлагается использование математической теории графов.

### ***1. Вводная математическая часть***

В дискретной математике под графом понимают множество вершин (узлов) соединенных ребрами. На рисунке 1 изображен граф с шестью вершинами и семью ребрами.



***Рисунок 1*** – Граф с шестью вершинами

Классической задачей теории графов является задача «коммивояжера», заключающаяся в отыскании самого короткого маршрута из определенной вершины, проходящего через другие заданные вершины с последующим возвратом. В условиях задачи указываются матрицы расстояний и другие матрицы, если введены дополнительные критерии выгодности (самый дешевый, совокупный критерий и т.д.). Очевидно, что возможность решения данной задачи влечет за собой значительный прорыв в области транспорта, логистики и т.д. Однако данная задача относится к числу трансвычислительных: уже при числе вершин равном 66 и более она не может быть решена методом перебора вариантов никакими теоретически мыслимыми компьютерами за время равное миллиарду лет. Тем не менее, модификации данной задачи можно использовать для поиска оптимальных маршрутов между различными вершинами.

## 2. Инженерная часть

Дорожную сеть Республики можно представить в виде конечного графа, ребрами которого являются сами автомобильные дороги, а вершинами их пересечения (транспортные развязки, перекрестки, примыкания). На рисунке 2 продемонстрирована карта автомобильных дорог в виде графа.

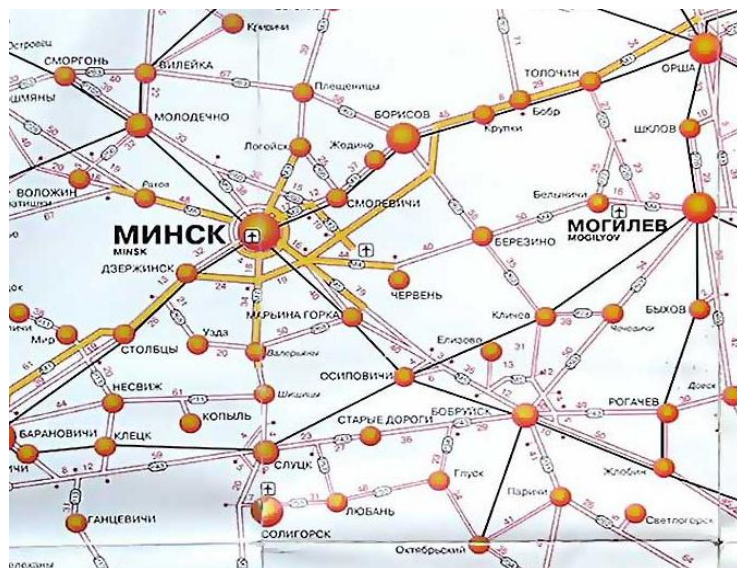
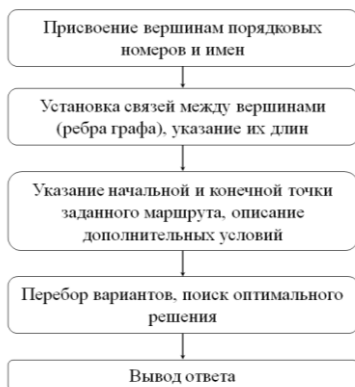


Рисунок 2 – Карта автомобильных дорог в виде графа

Представим что: количество вершин графа дорожной сети Республики Беларусь примерно равно  $X$ , количество ребер  $Y$ . Решить задачу «коммивояжера»  $X(Y)$  для такого большого графа не представляется возможным. Однако, в случае возникновения чрезвычайных ситуаций и необходимости организации объездных маршрутов и маршрутов эвакуации, требуемый результат может быть достигнут не только путем решения полного графа дорожной сети, но и решением  $X$  графов с количеством вершин от 10 до 30 ( $Z(10 \dots 20)$ ). С данной задачей можно легко справиться даже при помощи обычных пользовательских компьютеров. Водными данными при составлении алгоритма данного решения будут: исходная вершина, конечная вершина (в случае не возврата), промежуточные вершины, длины ребер. Ограничивать количество переборov решения можно указанием максимальной длиной маршрута, либо указанием вершин, обязательно находящихся на маршруте.

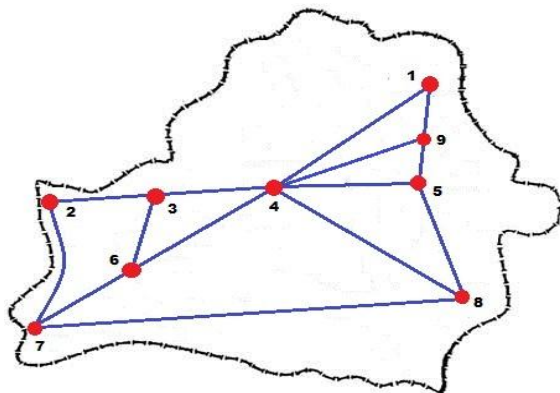
Опишем алгоритм решения задачи по заданным условиям на графе с ребрами из магистральных дорог Беларуси. Следует отметить, что данный алгоритм имеет общий вид и его применение возможно для любых частных случаев на локальных участках полной сети автомобильных дорог.

Общий вид алгоритма представлен на рисунке 3.



*Рисунок 3* – Общий вид алгоритма решения транспортной задачи с использованием теории графов

На рисунке 4 изображен граф магистральных дорог с вершинами в месте их пересечения.



*Рисунок 4* – Граф магистральных дорог Республики Беларусь

Вершинами данного графа соответственно являются: №1 – пересечение автомобильных дорог М3 и М8 (г. Витебск); вершина № 2 – пересечение автомобильных дорог М6 и Р44 (г. Гродно); вершина №3 – пересечение автомобильных дорог М6 и М11 (г. Лида); вершина № 4 – пересечение автомобильных дорог М6, М3, М4, М5, М1 (г. Минск); вершина № 5 – пересечение автомобильных дорог М4 и М8 (г. Могилев); вершина № 6 – пересечение автомобильных дорог М11 и М1; вершина № 7 – пересечение автомобильных дорог М1, М10, Р44 (г. Брест); вершина № 8 – пересечение автомобильных дорог М10 и М8 (г. Гомель); вершина № 9 – пересечение автомобильных дорог М1 и М8 (г. Орша).

Расстояния между вершинами представлены таблице 1.

*Таблица 1* – Расстояния между вершинами

Связь	Расстояние	Связь	Расстояние	Связь	Расстояние
1-4	277	6-7	151	5-8	182
1-5	164	3-2	110	4-5	210
4-3	165	2-7	273	4-8	308
4-6	199	7-8	535	3-6	140

К примеру, начальной точкой маршрута является вершина № 1 (г. Витебск), а конечной вершина № 7 (г. Брест). Очевидно, что самым коротким маршрутом является – связь 1-4-6-7 (1-4 автомобильная дорога М3, 4-6-7 автомобильная дорога М1/Е30). Допустим, невозможным является движение на отрезке 4-6. В этом случае варианты маршрутов, в порядке их выгодности (по критерию наименьшего расстояния), будут следующими:

1-4-3-6-7 (733 км);

1-4-3-2-7 (825 км);

1-9-5-8-7 (881 км).

К плюсам использования теории графов, как аналитического метода поиска наилучших вариантов маршрутов можно отнести универсальность, мобильность и относительную легкость решения поставленной задачи. С помощью данного метода (системы) организацией объездных маршрутов и эвакуацией можно руководить абсолютно централизованно небольшой группой операторов процесса вычисления.

### **Заключение**

Таким образом, на основании проведенного исследования, оценена возможность использования математической теории графов при организации маршрутов объездов и эвакуации на сети автомобильных дорог. Сделан вывод о возможности представления дорожной сети Республики Беларусь в виде конечного графа, в котором ребрами являются сами автомо-

бильные дороги, а вершинами их пересечения. Предложена методика организации маршрутов движения и дана краткая характеристика и общий вид алгоритма решения задачи маршрутизации. В качестве основных принципов при составлении данного алгоритма приняты положения и методы расчета теории графов. Приведен общий вид алгоритма решения задачи по заданным условиям для графа магистральных дорог Республики Беларусь.

Также использование теории графов возможно и в других областях дорожно-транспортной отрасли, например при проектировании схем движения на сети городских улиц, организации маршрутов городского и междугороднего транспорта и т.д. Данный вопрос требует дальнейшего детального изучения и инженерной проработки.

### *Литература*

1. Басакер, Р. Конечные графы и сети / Р. Басакер, Т. Саати. – М.: Наука, 1974. – 368 с.
2. Белов, В.В. Теория графов / В.В. Белов, Е.М. Воробьев, В.Е. Шатапов. – М.: Высш. школа, 1976. — С. 392.
3. Берж, К. Теория графов и ее приложения / К. Берж. – М.: ИЛ, 1962. – 320 с.
4. Мудров, В.И. Задача о коммивояжере / В.И. Мудров. – М.: Знание, 1969. – С. 62.
5. Джон Хопкрофт, Раджив Мотвани, Джеффри Ульман Введение в теорию автоматов, языков и вычислений = Introduction to Automata Theory, Languages, and Computation. – М.: «Вильямс», 2002. – С. 528.

УДК 656.13.05

### **ОЦЕНКА ВАРИАНТОВ ОРГАНИЗАЦИОННО-ПЛАНИРОВОЧНЫХ РЕШЕНИЙ ПРИМЫКАНИЯ НЕРАВНОЗНАЧНЫХ УЛИЦ В МЕСТЕ УСТРОЙСТВА НЕРЕГУЛИРУЕМОГО ПЕШЕХОДНОГО ПЕРЕХОДА ASSESSMENT OF OPTIONS FOR ORGANIZATIONAL AND PLANNING DECISIONS CONTRADICTING ABUTTING STREETS IN DEVICE UNREGULATED PEDESTRIAN CROSSING**

*Мозалевский Д.В., Кузьменко В.Н., Ермакова Н.С., Полховская А.С.*  
(Научно-исследовательский центр дорожного движения БНТУ, НИЧ)  
*Mozalevsky D.V., Kuzmenko V.N., Ermakova N.S., Polkhovskaya A.S.*  
(Research Center of road traffic BNTU, NICH)

**Аннотация.** В статье приведен пример оценки вариантов решений с учетом пешеходных и транспортных потоков, условий движения, что