

УДК 004.942:622.611:658.272

**И.В. Козина**

(Украина, Днепропетровск, Государственное ВУЗ "Национальный горный университет")

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ДОСТАВКИ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ ГРУЗОПОТОКОВ ВНУТРИШАХТНОГО ТРАНСПОРТА С УЧЕТОМ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТРАССЫ

### Введение

Одним из основных составляющих технологического процесса добычи полезных ископаемых угольных шахт Украины является внутришахтный транспорт. От его четкой организации зависит бесперебойная работа очистных и подготовительных забоев, предприятия в целом. Он представляет собой сложную систему взаимоувязанных транспортных звеньев, расположенных как внутри предприятия, так и вне его [1].

Организация работы внутришахтного транспорта является одним из вопросов транспортной логистики горного предприятия и направлена к решению следующих задач:

- совместное планирование транспортных и производственных процессов;
- выбор вида транспортного средства;
- выбор типа транспортного средства;
- совместное планирование транспортных процессов на различных вида транспорта (в случае смешанных перевозок);
- определение рациональных маршрутов доставки с целью устранения нерациональных и реорганизации производственного процесса и др.

Транспортирование материалов и оборудования – одни из наиболее сложных и трудоемких процессов в подземных условиях.

### Анализ исследований и публикаций

При доставке вспомогательных материалов и оборудования для типичного маршрута или схемы транспортирования, расход энергии локомотива определяют по формуле [2]:

$$E = 0.278 \cdot 10^{-6} (F_{хсТ} + F_{рсТ}) (l_p - l_m),$$

где  $0.278 \cdot 10^{-6}$  – коэффициент, который переводит механическую работу (Н·м(Дж)) в электрическую кВт·год;  $F_{хсТ}$  – сила тяги при холостом ходе;  $F_{рсТ}$  – сила тяги при груженом ходе;  $l_p$  – расстояние маневрирования электровоза;  $l_m$  – расстояние в одном направлении.

В некоторых случаях для определения оптимальной схемы планирования маршрутов используют алгоритм Дейкстры, в основу которого положена минимизация пути при отыскании последующего цикла [3]. На основе подобных алгоритмов на сегодняшний день строятся практически большинство программ расчетов оптимальной схемы планирования маршрутов локомотива с грузом. Однако на практике решение оптимизационной задачи путем нахождения минимумов расстояний между вершинами не всегда оправдано.

### Цель работы

Моделирование процессов доставки вспомогательных грузопотоков внутришахтного транспорта с учетом характеристики трассы и по критерию минимума расхода энергии.

### Изложение основного материала

Представим технологическую схему внутришахтного транспорта в виде графа транспортных горных выработок (рис. 1). С учетом вершин А, В, С, отображающих околоствольный двор (ОД), граф содержит 15 вершин, характеризующих подготовительные и очистные забои [3].

Для определения маршрута оптимальной по критерию минимума расхода энергии доставки необходимых материалов и оборудования из околоствольного двора к забоям угольных шахт или переброски их из одного забоя в другой воспользуемся алгоритмом Флойда–Уоршелла [4].

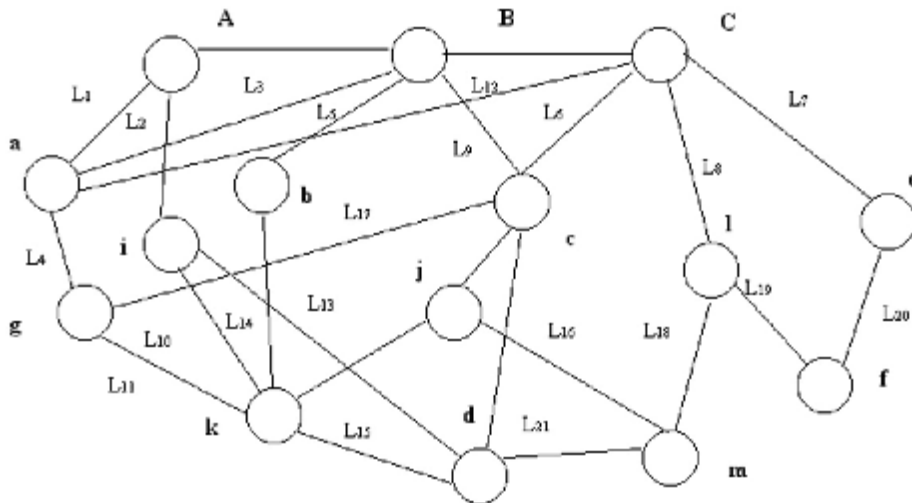


Рис. 1. Сеть транспортных горных выработок

Основная идея алгоритма Флойда–Уоршелла заключается в следующем:

Пусть есть три узла  $i, j$  и  $k$  и заданы расстояния между ними (рис. 2). Если выполняется неравенство  $d_{ij} + d_{jk} < d_{ik}$ , то целесообразно заменить путь  $i \rightarrow k$  путем  $i \rightarrow j \rightarrow k$ . Такая замена (далее будем условно называть ее треугольным оператором) выполняется систематически в процессе выполнения алгоритма Флойда–Уоршелла.

Алгоритм Флойда–Уоршелла требует выполнение следующих действий:

**Шаг 0.** Определяем начальную матрицу расстояния, матрицу последовательности узлов  $S_0$ . Диагональные элементы обеих матриц помечаются знаком «-», показывающим, что эти элементы в вычислениях не участвуют. Полагаем  $k=1$  (рис. 3).

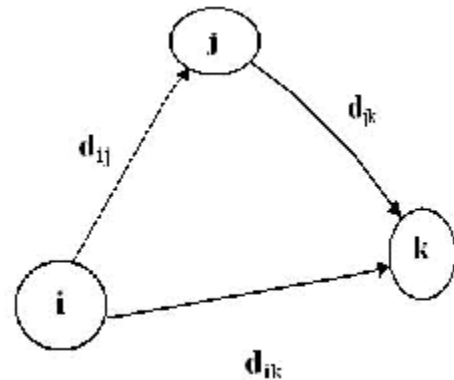


Рис. 2. Треугольный оператор

	1	2	...	j	...	n
1	-	$d_{12}$	...	$d_{1j}$	...	$d_{1n}$
2	$d_{12}$	-	...	$d_{2j}$	...	$d_{2n}$
...	.	.	.	.	.	.
...	.	.	.	.	.	.
i	$d_{i1}$	$d_{i2}$	...	$d_{ij}$	...	$d_{in}$
...	.	.	.	.	.	.
...	.	.	.	.	.	.
n	$d_{n1}$	$d_{n2}$	...	$d_{nj}$	...	-

$D_0 =$

	1	2	...	j	...	n
1	-	2	...	.	...	n
2	1	-	...	.	...	n
...	.	.	.	.	.	.
...	.	.	.	.	.	.
i	1	2	...	j	...	n
...	.	.	.	.	.	.
...	.	.	.	.	.	.
n	1	2	...	j	...	-

$S_0 =$

Рис. 3. Начальная ситуация

**Основной шаг k.** Задаем строку  $k$  и столбец  $k$  как ведущую строку и ведущий столбец. Рассматриваем возможность применения треугольного оператора ко всем элементам  $d_{ij}$  матрицы  $D_{k-1}$ . Если выполняется неравенство  $d_{ik} + d_{kj} < d_{ij}$ , ( $i < k, j < k, i < j$ ), тогда выполняем следующие действия:

§ создаем матрицу  $D_k$  путем замены в матрице  $D_{k-1}$  элемента  $d_{ij}$  на сумму  $d_{ik} + d_{kj}$ ,

§ создаем матрицу  $S_k$  путем замены в матрице  $S_{k-1}$  элемента  $s_{ij}$  на  $k$ . Полагаем  $k = k + 1$  и повторяем шаг  $k$ .

Треугольный оператор выполняется следующим образом. Если сумма элементов ведущих строк и столбца (показанных в квадратах) меньше элементов, находящихся в пересечении столбца и строки (показанных в кружках), соответствующих рассматриваемым ведущим элементам, то расстояние (элемент в кружке) заменяется на сумму расстояний, представленных ведущими элементами.

После реализации  $n$  шагов алгоритма определение по матрицам  $D_n$  и  $S_n$  выполняется по следующим правилам:

1. Расстояние между узлами  $i$  и  $j$  равно элементу  $d_{ij}$  в матрице  $D_n$ .
2. Промежуточные узлы пути от узла  $i$  к узлу  $j$  определяем по матрице  $S_n$ . Пусть  $s_{ij} = k$ , тогда имеем путь  $i \rightarrow k \rightarrow j$ . Если далее  $s_{ik} = k$  и  $s_{kj} = j$ , тогда считаем, что весь путь определен, так как найдены все промежуточные узлы. В противном случае повторяем описанную процедуру для путей от узла  $i$  к узлу  $k$  и от узла  $k$  к узлу  $j$ .

Необходимо доставить вспомогательные материалы и оборудование в забои, из которых поступили заявки – *забой 2, забой 7, забой 10*.

Определим энергию, затрачиваемую для транспортировки груза в забои 2, 7, 10 по формуле (1) и заполним матрицу  $D_0$  и  $S_0$  соответствующими значениями.

Для дальнейших расчетов воспользуемся методом Флойда–Уоршелла. Результаты вычислений приведены в табл. 1. В результате расчетов была получена последовательность обслуживания узлов 7–10–2.

Таблица 1

Матрица  $D_0$

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
		A	B	C	a	B	c	d	e	f	g	j	i	k	l	m
1	A	0	999999	999999	999999	999999	999999	999999	999999	999999	999999	999999	999999	8,04	999999	999999
2	B	999999	0	999999	999999	999999	999999	999999	3,78	999999	999999	999999	999999	999999	999999	999999
3	C	999999	999999	0	8,03	6,41	999999	999999	6,98	999999	999999	999999	999999	999999	999999	999999
4	a	999999	999999	5,45	0	999999	999999	999999	999999	4,45	999999	999999	999999	999999	999999	999999
5	b	999999	999999	6,66	999999	0	999999	999999	999999	5,42	999999	999999	999999	999999	999999	999999
6	c	999999	999999	999999	999999	999999	0	999999	3,67	8,09	999999	999999	999999	999999	999999	999999
7	d	999999	999999	999999	999999	999999	999999	0		999999	999999	999999	999999	999999	999999	999999
8	e	999999	3,01	4,98	999999	999999	7,67	5,09	0		999999	3,21	999999	999999	999999	999999
9	f	999999	999999	999999	7,03	6,23	999999	999999	999999	0	5,34	999999	5,6	999999	999999	999999
10	g	999999	999999	999999	999999	999999	999999	999999	999999	7,02	0	999999	999999	999999	999999	999999
11	j	999999	999999	999999	999999	999999	999999	999999	5,87	999999	999999	0	999999	999999	999999	999999
12	i	999999	999999	999999	999999	999999	999999	999999	999999	4,76	999999	4,32	0	999999	4,11	999999
13	k	4,98	999999	999999	999999	999999	999999	999999	999999	999999	999999	999999	999999	0	5,87	6,08
14	l	999999	999999	999999	999999	999999	999999	999999	999999	999999	999999	999999	999999	6,22	2,32	0
15	m	999999	999999	999999	999999	999999	999999	999999	999999	999999	999999	999999	999999	5,46	999999	0

## Выводы

Необходимо отметить, что внедрение данного метода для обслуживания вспомогательных забоев угольных шахт позволит совершенствовать технологические маршруты движения грузопотоков, сократить дорогостоящие производственные процессы, определить рациональные схемы планирования горных работ, совершенствовать системы передачи информации угольной шахты.

## Список литературы

1. Братченко, Б.Ф. Рудничный транспорт и механизация вспомогательных работ [Текст] / Б.Ф. Братченко. – М.: Недра, 1978. – 423с.
2. Ренгевич, О.О. Розрахунок шахтного локомотивного транспорту. [Текст]: Навч. посіб. / О.О. Ренгевич, О.М. Коптовец, П.А. Дьячков та інш. – Д: Національний гірничий університет, 2007. – 83с.

3. Козина, И.В. Графоаналитический метод оптимизации процессов формирования и управления вспомогательными грузопотоками угольных шахт [Текст] / Л.Н. Ширин, В.В. Шумриков, И.В. Козина // Науковий вісник НГУ. – 2004. – №7. – с. 61–62.
4. <http://easylab.net.ua/poisk/algorithm-floyda-uorshella>.

*Рекомендовано до друку проф. Корсуном В.І.*