

## ОПТИМИЗАЦИЯ УБОРКИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ГОРНОРАЗВЕДОЧНЫХ ВЫРАБОТОК

В. Г. ЛУКЬЯНОВ, В. Г. КРЕЦ, Т. А. ПЕТИНА

(Представлена научным семинаром кафедры геодезии,  
горного и строительного дела)

Уборка горной массы является одним из наиболее дорогостоящих и трудоемких операций, занимающих до 30 — 50% времени проходческого цикла при проведении горизонтальных горноразведочных выработок. Технологическая схема проходки, выработки и сечение определяется, главным образом, оборудованием, используемым для погрузки и откатки породы. От того, какие технические средства, технологические схемы и их параметры для уборки горной массы будут приняты в проекте и воплощены реально, зависят технико-экономические показатели проходки в целом.

Выбор оптимальной технологии сводится к определению таких значений параметров, которые обеспечивают достижение максимальных темпов проходки, либо минимальной стоимости проходки выработки, либо минимальную трудоемкость ее проведения.

Нашей целью является выбор и уточнение некоторых параметров оптимальной технологии уборки горной массы при проходке штолен на действующей горноразведочной шахте Карамкенского месторождения с учетом имеющегося в наличии оборудования и машин на данном предприятии.

Задача решается разработкой и в дальнейшем реализацией математической модели процесса уборки горной массы — исследуемой системы с позиции трех критериев. Здесь ограничиваемся попыткой в разработке модели. Теоретические принципы построения математических моделей технологии проведения горных выработок на основе теории графов даны в работах (1, 2), где технология проведения горной выработки — подготовительный забой — относится к классу сложных (больших) систем.

Процесс уборки горной массы является частью этой типичной, трудоемкой и систематически действующей сложной системы в горной отрасли промышленности, и даже небольшие изменения в технологии приводят к большой экономии ресурсов.

Исследуемый объект — уборка горной массы при проходке горной выработки — относится к сложным (большим) системам по следующим признакам:

1. Система не поддается эксперименту и масштабному физическому моделированию.
2. В системе функционируют люди, машины, среда.
3. Система подвержена многим случайным воздействиям.

#### 4. Она управляема.

Уборка включает в себя собственно погрузку, обменные операции и откатку породы на поверхность (отвал), при этом в каждом конкретном случае используется различное оборудование. Она содержит ряд переменных параметров, основными из которых являются тип погрузочных машин, тип и количество вагонеток, типы маневровых и откаточных электровозов, типы и параметры перегрузочных средств, вид разминовки. Взаимодействие этих переменных факторов обуславливает различные стоимость и продолжительность проведения горной выработки.

Переменные факторы в свою очередь зависят от возможного состояния объекта в тот или иной период времени, а также ряда горногеологических и организационных условий, к которым могут быть отнесены сечение, длина и криволинейность выработки, количество забоев, находящихся одновременно в проходке; длины разминовки, расстояние разминовки от забоя, способа обмена вагонеток (ручной, электровозный), уходки за цикл, скорости проведения выработок.

Таким образом, очевидно, что рассматриваемая система подвержена действию многих случайных факторов, и рациональное решение ее возможно только с помощью методов математического моделирования. Применение теории графов для решения различных задач по оптимизации уборки горной массы при проведении горизонтальных выработок позволит это осуществить на должном уровне.

В общем виде задача выбора оптимального варианта технологии уборки может быть представлена в виде «нахождения кратчайшего пути» на графе.

Рассматриваемый нами объект характеризуется следующим:

длина выработки 1200 м (2400; 3600);

сечение штольни в черне —  $5,8 \text{ м}^2$  ( $7,5 \text{ м}^2$ );

искривление выработки — прямая;

коэффициент крепости пород по Протождьяконову М. М.

$f=16-18$ ;

время уборки породы составляет 40% от продолжительности цикла (принимается условно, на основе хронометражных данных).

Для выражения состояния рассматриваемой системы строится граф, отражающий зависимости искомых параметров. На рис. 1 представлен такой граф, где  $X_1, X_2 \dots X_8$  — искомые параметры и их вариации. При этом в рассмотрение включены не все возможные переменные и их вариации, а только целесообразные в данном конкретном случае. Поскольку главной нашей задачей является принципиальная проверка этой мето-

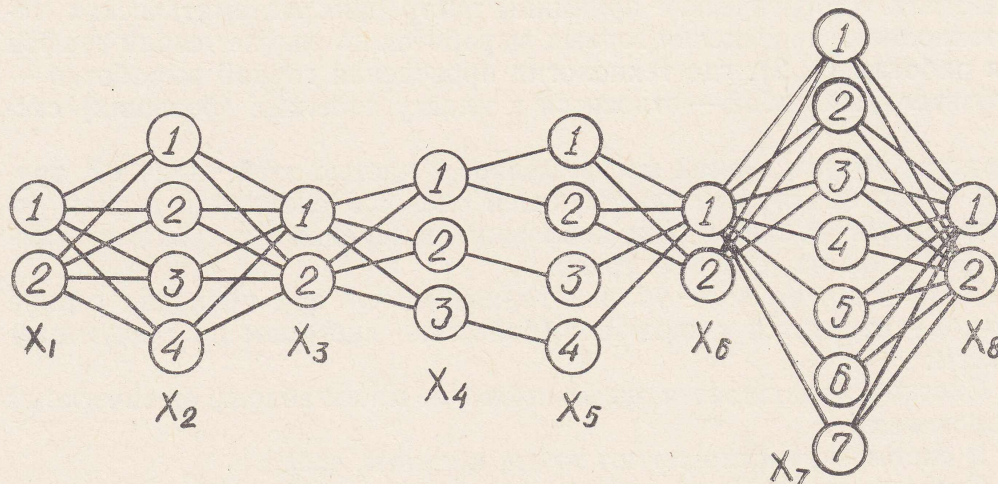


Рис. 1. Граф технологии процесса уборки горной массы.

дики для решения задач в производственных условиях, то сделаны максимально возможные упрощения.

Система, отражающая состояние работ по уборке горной массы, охарактеризована следующими переменными:

средства погрузки горной массы  $X_1$

$X_{1,1}$  — погрузочная машина ППН-1;

$X_{1,2}$  — погрузочная машина ППН-1с.

Глубина уходки за цикл  $X_2$

$X_{2,1}$  — 1,1 м

$X_{2,2}$  — 1,3 м

$X_{2,3}$  — 1,5 м

$X_{2,4}$  — 1,7 м

Загрузочные емкости  $X_3$

$X_{3,1}$  — вагонетка УВО-0,8

$X_{3,2}$  — вагонетка УВБ-1,6

Способ обмена вагонеток  $X_4$

$X_{4,1}$  — тупиковая разминка;

$X_{4,2}$  — тупиковая разминка и перегружатель на 7 вагонеток УВО-0,8;

$X_{4,3}$  — тупиковая разминка и перегружатель на 11 вагонеток УВО-0,8.

Число вагонеток на разминке  $X_5$

$X_{5,1}$  — 7

$X_{5,2}$  — 11

$X_{5,3}$  — 7

$X_{5,4}$  — 11

Средства обмена вагонеток  $X_6$

$X_{6,1}$  — электровоз 4,5 АРП;

$X_{6,2}$  — ручная откатка.

Длина до разминки  $X_7$

$X_{7,1}$  — 40 м

$X_{7,2}$  — 60 м

$X_{7,3}$  — 80 м

$X_{7,4}$  — 100 м

$X_{7,5}$  — 150 м

$X_{7,6}$  — 200 м

$X_{7,7}$  — 250 м

Тип откаточного электровоза  $X_8$

$X_{8,1}$  — электровоз 4,5 АРП;

$X_{8,2}$  — 7КР.

В этом случае будем иметь следующее количество функций цели:

$$2 \times 4 \times 2 \times 3 \times 4 \times 7 \times 2 \times 2 = 4976,$$

что вполне реально.

Функция цели по первому критерию оптимальности

$I \rightarrow \min$  — время проведения всей выработки

$$I_1 = \min \sum_{i=1}^4 F_i, J \in M \delta = (G),$$

где  $F_1^i$  — время на погрузку (техническая производительность машины) час.

$F_2^i$  — время на обмен вагонеток, час.

$F_3^i$  — время на сооружение разминки, час.

$F_4^i$  — время на откатку, час.

Функция цели по второму критерию  $I^2 \rightarrow \min$  — суммарные затраты ресурсов на проходку всей выработки за весь период проходки будет иметь вид

$$I_{2i} = \min \sum_{i=1}^8 Fi, I \in M \delta (G),$$

где  $F_1^i$  — стоимость погрузки по зарплате, руб;  
 $F_2^i$  — стоимость сооружения разминок по зарплате, руб;  
 $F_3^i$  — стоимость обмена вагонеток по зарплате, руб;  
 $F_4^i$  — стоимость откатки по зарплате, руб;  
 $F_5^i$  — стоимость амортизационных отчислений, руб;  
 $F_6^i$  — стоимость затрат по электроэнергии, руб;  
 $F_7^i$  — стоимость затрат на сжатый воздух, руб;  
 $F_8^i$  — стоимость прочих неучтенных материалов, руб;

Функция цели по критерию оптимальности  $I_3 \rightarrow \min$  (суммарные трудовые затраты на проходку всей выработки) за весь период имеет вид:

$$I_3^i = \min \sum_{i=1}^4 Fi, I \in M \delta (G),$$

где  $F_1^i$  — трудоемкость погрузки, чел. смен;  
 $F_2^i$  — трудоемкость обмена вагонеток, чел. смен;  
 $F_3^i$  — трудоемкость сооружения разминок, чел. смен;  
 $F_4^i$  — трудоемкость откатки, чел. смен;

Далее проводится расшифровка функционалов, даются их зависимости от параметров.

Решение модели производится с помощью ЭВМ.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Е. И. Рогов. Теория и методы математического моделирования производственных процессов в горном деле. «Наука», Алма-Ата, 1973.
2. Е. И. Рогов, М. Р. Шуруба. Выбор оптимальной технологии проведения горизонтальных горных выработок. Алма-Ата, 1969.