Записки Ленинградского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени горного института им. Г.В.Плеханова,
том XC, 1981 г.

УДК 338.4:622

МЕТОДЫ АНАЛИЗА И ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА В ЗАБОЯХ УГОЛЬНЫХ ШАХТ

В.КРАВЧИК, Я.ЯСЕВИЧ
Краковская горно-металлургическая
академия им.С.Сташика (ПНР)

Существующие методы проектирования и анализа организации производства в эксплуатационных и подготовительных забоях угольных шахт позволяют установить или оптимизировать организацию производства лишь для выбранных технолого-организационных систем в эксплуатационных или подготовительных забоях. Предлагаемый метод имеет универсальный характер, т.е. может применяться для анализа или проектирования организации производства любой технолого-организационной системы в забое. Принятая форма организации труда в эксплуатационном забое - комплексные бригады.

Для реализации метода необходимо создать банк сетей операций, построенных для типичных вариантов технического оборудования забоев и технологии работ. Сеть операций необходимо составить для одного производственного цикла.

При построении сети следует установить перечень операций и связи между ними. Каждая из операций должна характеризоваться трудоемкостью ее выполнения и количеством занятых работников. Численность работников устанавливается вариантным способом.

Принципы построения сети операций такие же, как в сетевом планировании. Для нужд метода сеть должна быть преобразована. Важным шагом преобразования сети операций является упорядочение вершин сетей. Порядок преобразования следующий:

1) составление матрицы $A = \left(a_{ij}\right)_m^m$ (здесь m - число вершин), соответствующей данной сети;

2) расчет прямоугольной матрицы, положение элементов которой определяет ряд вершин сети;

3) построение графика сети: пронумеровать вертикальные полосы (дорожки) в соответствии с количеством рядов вершин сети и разместить вершины сети в дорожках по соответствующим им рядам.

Между вершинами следует построить сеть операций.

Теперь необходимо определить фронты операций. Фронтом операций называется такое множество операций, в котором две любые операции, относящиеся к этому множеству, не могут относиться к одной и той же дорожке. Если сеть тесно связана, то все ее фронты операций непротиворечивы. Фронты операций в ациклической тесно связанной сети определяются линиями разделения сети на ряды вершин. Данный фронт операций дает возможность построить сеть в данный момент времени.

Существует ограниченное множество N фронтов операций данной сети. Их необходимо упорядочить. Упорядоченные фронты нумеруют числами от I до n. Для упорядоченного множества фронтов составляется матрица $B=(b_{k\lambda})$, где

$$b_{k\lambda} = \begin{cases} \text{I, для } u_k \in F^{(\lambda)} & k = \text{I, 2, ..., } n \\ 0, \text{ для } u_k \notin F^{(\lambda)} & \lambda = \text{I, 2, ..., } N \end{cases};$$

u_k – номер операции.

Столбцы матрицы соответствуют очередным фронтам операций сети, а строки – очередным операциям в сети.

Составление матрицы B фронтов операций в сети завершает первый этап подготовительных работ для дальнейшей оптимизации процесса.

Для каждой технологии проведения очистных работ необходима соответствующая матрица фронтов операций B. Ввиду этого, целесообразна разработка банка сетей операций для наиболее часто применяемых технологий.

Сеть операций осуществляется во времени путем реализации отдельных фронтов. Под реализацией сети будем понимать последовательность неотрицательных действительных чисел t для $\lambda = \text{I, 2, ..., } N$, соответствующих взаимно однозначно фронтам $F^1, F^2, \ldots, F^N$. Числа $t_1, t_2, \ldots, t_N$ интерпретируются как продолжительности поочередно наступающих промежутков времени, в которых реализуются соответствующие фронты $F^1, F^2, \ldots, F^N$. Сеть операций, построенную для эксплуатационного забоя, характеризуют: матрица B фронтов операций в сети, трудоемкость w_k k-й операции, а также $l_{k1}, l_{k2}, \ldots, l_{ks}$ – возможные варианты назначения численности работников для выполнения данной операции.

Оптимальной реализацией сети будет та, для которой сеть операций можно построить в кратчайшее время. Каждый из фронтов операций, указанный в матрице B, может реализоваться по-разному.

Составлением матрицы $C=(c_{kq})_n^Q$, где q-й столбец соответствует определенному способу выполнения фронта, т.е. матрицы допустимо упорядоченных способов выполнения фронтов, завершается второй этап подготовительных работ по установлению оптимальной организации производства в конкретном забое.

Под реализацией сети следует понимать любую последовательность неотрицательных действительных чисел $t_1, t_2, \ldots, t_q$, которые соответствуют способам выполнения фронтов $\varphi_1, \varphi_2, \ldots, \varphi_q$. Числа $t_1, t_2, \ldots, t_q$ интерпретируются как промежутки времени, в которых будут осуществляться соответствующие способы выполнения фронтов операций сети. Если не будет задано количество людей, необходимых для выполнения операций, входящих в состав сети, под допустимой реализацией сети следует понимать реализацию, выполняющую условия:

$$\sum_{q=1}^{q=Q} c_{kq}\, t_q = w_k \left(k = 1, 2, \ldots, n\right); \quad t_q \geq 0 \quad \left(q = 1, 2, \ldots, Q\right).$$

Без ограничений количества работников оптимальной будет такая реализация, которая выполняет условие $\sum_{q=1}^{q=Q} t_q = min$.

Задача определения оптимальной реализации сети имеет вид:

$$\sum_{q=1}^{q=Q} c_{kq}\, t_q = w_k, \quad k = 1, 2, \ldots, n;$$

$$t_q \geq 0, \quad q = 1, 2, \ldots, Q;$$

$$\sum_{k=1}^{k=n} c_{kq} > Z, \quad t_q = 0;$$

$$\sum_{q=1}^{q=Q} t_q = min.$$

Последовательность выполнения отдельных операций, указанная в способе реализации фронтов, и время реализации отдельных способов выполнения фронтов операций составляют основу для построения схемы организации производства в забое.

Если принять ряд вариантов количества людей z_r для проведения операций, относящихся к сети, то можно получить ряд решений сети, а также время T_r реализации сети для заданной величины Z_r, причем $T_r = \sum_{q=1}^{q=Q} t_q = min$.

Реализацией операций, относящихся к сети, для принятых горно-геологических условий и параметров машин, определяется величина добычи Q_c.

Процесс добычи, осуществляемый в забое, можно охарактеризовать величиной суточной добычи в забое и производительностью труда в лаве. Величина суточной добычи из забоя

$$W_r = \frac{Q_c}{T_r}\left(T_{zm} I_{zp} - T_a\right),$$

где T_{zm} – продолжительность производственной смены; I_{zp} – количество производственных смен в сутки; T_a – среднесуточное время аварийных простоев, определенное на основании хронометражных измерений.

Производительность труда

$$P_r = W_r / Z_r I_{zp},$$

или с подстановкой значения W_r

$$P_r = \frac{Q_c}{T_r Z_r}\left(T_{zm} - \frac{T_a}{I_{zp}}\right).$$

Вариант организации производства, который будет характеризоваться минимальными удельными затратами, является оптимальным.

Оптимальный с экономической точки зрения вариант организации производства может не удовлетворять шахту по объему суточной добычи из забоя производительности труда. В таком случае надо выбрать вариант организации производства, исходя из двух этих величин.

С помощью приведенного выше метода можно определить последовательность Z_r, W_r, P_r, в которой некоторое значение $Z_{опт}$, обозначающее оптимальное количество людей, необходимое для выполнения операций сети, есть такое, при котором произведение $Z_{опт}T_{опт}$ (здесь $T_{опт}$ определено для данного $Z_{опт}$) достигает минимального значения, а соответствующая ему величина $P_{опт}$ - максимального. В этом случае получаем некоторую величину суточной добычи в забое $W_{опт}$, при которой рабочее время используется наилучшим образом.

Возможен вариант, при котором полученная величина $Z_{опт}$ дает значение $W_{опт}$ слишком малое по отношению к потребностям шахты. Тогда выступает проблема выбора среди возможных Z_r варианта, соответствующего данной шахте. Шахта может принять требования по минимальному значению добычи или производительности.

Если задается минимальная величина добычи из забоя, то следует рассмотреть те величины Z_r, которые дают W_r, не меньшее заданного, и из этого множества решений принять значение Z_r, обеспечивающее наивысшее значение величины производительности. И наоборот, если шахта требует определенной величины производительности, то из вариантов Z_r следует выбрать тот, который дает максимальную величину добычи при желательном уровне производительности.

Если шахта предъявляет требования относительно и добычи и производительности, то оптимальным следует считать решение, для которого производительность будет наивысшей при соблюденной заданной величине добычи.

Если одновременно оба эти условия не выполняются, значит, принятая технолого-организационная система не может отвечать предъявляемым требованиям, и необходимо изменить технологическое оборудование забоя или технологию работ.

Для практического применения метода в Институте проектирования и строительства шахт Краковской горно-металлургической академии был разработан алгоритм, реализуемый с помощью ЭВМ.