

УДК 65.012.122

**Е.В.СТЕПАНОВА**, канд. экон. наук, доц., ХНИРЭ, Харьков,  
**А.И.ГОРБАЧ**, канд. экон. наук, доц., ХНИРЭ, Харьков,  
**В.А.ГОРБАЧ**, канд. экон. наук, доц., ХНИРЭ, Харьков

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ КОМПЛЕКСА АГРЕГАТОВ И ОБОРУДОВАНИЯ С УЧЕТОМ ФАКТОРА ВРЕМЕНИ**

Представлена модель определения пропускной способности комплекса агрегатов и оборудования с учетом фактора времени.

The channel capacity model of the machinery and equipment complex is represented taking into account the factor of time.

**Ключевые слова:** Пропускная способность оборудования, производительность основных агрегатов, производственные потоки, сетевая модель, максимальный поток в сети.

**Введение.** На современных предприятиях имеются значительные неиспользованные резервы повышения эффективности производства на базе совершенствования организации производства. Производственный процесс на металлургических предприятиях характеризуется направленным движением потоков обрабатываемого сырья и материалов через группу цехов и участков. В потоке участвуют сложнейшие металлургические агрегаты большой мощности (доменные печи, конверторы, прокатные станы и др.) со сложным оборудованием на участках, обслуживающих эти агрегаты. Большое распространение получили комбинированные потоки, в которых имеется организационно-технологическая связь операций, протекающих по линии одного основного агрегата, и одновременно существует связь между потоками, протекающими по линии нескольких аналогичных агрегатов. Важнейшим условием организации производственных процессов является необходимость строгой увязки их во времени и пространстве. Одной из задач организации производства является изучение и проектирование протекания во времени и пространстве производственных потоков. Особым параметром организации производственных процессов является время.

До настоящего времени оставался не решенным вопрос о методе определения пропускной способности комплекса агрегатов и оборудования с учетом фактора времени. Необходимо отметить неосуществимость решения поставленной задачи без соединения формализованного представления структуры металлургических потоков с соответствующим

алгоритмом.

**Постановка задачи.** Структура потока в необходимом уровне детализации может быть представлена графом [1, 2], по каждой дуге которого можно установить пропускную способность и время протекания производственного потока. Граф структуры производственных потоков при нанесении на его дуги числовых значений пропускных способностей и времени прохождения превращается в сеть  $G[N, A]$ , где  $N$  – вершины (узлы) графа;  $A$  – множество дуг  $(i, j)$ . Начало технологического процесса в цехе представляется вершиной – источником сети  $s$ , а его конец – стоком сети  $t$ . В общей виде все вершины нумеруются, из чего следует нумерация дуг сети.

Обозначим время протекания производственного процесса (время переработки некоторого количества материалов) на определенном оборудовании или участке через  $a(i, j)$ , а пропускную способность –  $b(i, j)$ . Пусть  $f(i, j, \tau)$  – величина потока, выходящая из вершины  $i$  по дуге  $(i, j)$  в момент  $\tau$  и, значит, прибывающая в  $j$  в момент  $\tau + a(i, j)$ . Далее,  $f(i, j, \tau+1)$  есть количество материала, остающееся в  $i$  в промежуток времени от  $\tau$  до  $\tau+1$ .

Обозначим через  $V(p)$  величину потока  $f$ , выходящего из  $s$  или входящего в  $t$  за  $p$  периодов от  $-1, -2, \dots, (p-1)$ -р. Задачу определения величины потока  $V(p)$  можно сформулировать в виде линейной программы [2, 3]:

максимизировать

$$V(p) = pV - \sum a(i, j) * f(i, j) \quad , \quad (1)$$

при условиях:

– величина потока в любой момент по любой дуге не превосходит её пропускной способности

$$0 \leq f(i, j, \tau) \leq b(i, j), \quad (2)$$

– для каждой промежуточной вершины  $i$  и каждого момента  $\tau$  количество материалов, поступающих в  $i$  в период  $\tau$  (включая количество, оставшееся в  $i$  с момента  $\tau-1$ ), равно количеству, покидающему  $i$  в момент  $\tau$  (включая остаток в  $i$  до момента  $\tau+1$ ):

$$\sum_{j \in N} [f(i, j, \tau) - f(i, j, \tau - a(j, i))] = 0, \quad (3)$$

– поток, выходящий из  $s$  за  $p$  периодов:

$$\sum_{\tau=0}^p \sum_{j \in N} [f(s, j, \tau) - f(j, s, \tau - a(j, s))] - V(p) = 0, \quad (4)$$

– поток, входящий в  $t$  за  $p$  периодов

$$\sum_{\tau=0}^p \sum_{j \in N} [f(t, j, \tau) - f(j, t, \tau - a(j, t))] + V(p) = 0, \quad (5)$$

Из условия (3) и (5) следует равенство величин потоков  $V(p)$ ,

выходящих из источника  $s$  за  $p$  периодов и притекающих в  $t$  за этот же промежуток времени.

Максимальный динамический поток за  $p$  периодов имеет величину

$$V(p) = (p + 1) V_{p+1} - \sum a(i, j) f_{p+1}(i, j), \quad (6)$$

и минимизирует общее потоковое время,

где  $V_{p+1}$  – величина потока  $f_{p+1}$ .

Задачу определения наибольшего достижимого объёма выпуска продукции цехом с учетом фактора времени можно решить путём нахождения величины максимального динамического потока из источника  $s$  в сток  $t$  за  $p$  периодов. Таким образом, расчет пропускной способности комбинированного металлургического потока с учетом фактора времени при известных пропускных способностях единиц оборудования может быть выполнен алгоритмом решения задачи о максимальном динамическом потоке в сети [2]. Решение задачи осуществляется методом расстановки пометок.

В практике организации металлургического производства распространено мнение о невозможности достижения максимальной производительности при условии задержек потоков материалов и продуктов плавки из-за недостатка чугуновозных ковшей и шлаковых чаш и т.п.

В работе [2] исследовано влияние задержек потока на величину максимального динамического потока и доказано, что возможность задержек не может привести к уменьшению этой величины и очевидно, что величина максимального динамического потока за период  $p$  единичных интервалов не может и возрасти.

Это является весьма ценным обстоятельством, если рассматривать изложенную задачу в рамках оперативного управления производством. Следовательно, максимальный динамический поток всегда существует, т.е. подтверждается потенциальная возможность определения максимального выпуска продукции при практически любых складывающихся производственных ситуациях, что и является одной из основных целей организации производства и решающим условием достижения его эффективности.

**Результаты.** Построена сетевая модель комбинированных производственных потоков. Решена задача определения пропускной способности комплекса агрегатов и оборудования вспомогательных и обслуживающих участков с учетом фактора времени.

**Выводы.** В металлургическом производстве широкое распространение получили комбинированные потоки. Предложено структуру производственных потоков представить в виде сетевой модели. Результаты решения задачи можно использовать для анализа, планирования и оперативного управления производственными потоками.

**Список литературы:** **1.** Берж К. Теория графов и её применение. – М.:Изд-во иностр. Литературы., 1965. – 410 с. **2.** Форд Л.Р., Фалкерсон Д.Р. Потоки в сетях: Пер. с англ. – М.: Мир, 1966. – 276 с. **3.** Ху Т. Целочисленное программирование и потоки в сетях: Пер. с англ. под ред. Фридмана А.А. – М.: 1974, - 520 с.

*Надійшла до редколегії 30.10.10*