

*Мовшович С.М., канд. техн. наук, доцент
УО «БТЭУ ПК» (Гомель)*

*Мовшович А.В., канд. техн. наук, доцент
УО «МИТСО» (Гомель)*

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ С МНОЖЕСТВОМ ДОПУСТИМЫХ ЦЕЛЕЙ

Технологические процессы в метизном производстве, производственных процессах переработки нефти, в кондитерской промышленности и других отраслях хозяйственной деятельности характеризуются тем обстоятельством, что после выполнения некоторой последовательности работ может быть изменена цель всего технологического процесса.

Первоначально перед технологическим процессом ставится задача получения конечного продукта d_0 из возможного ассортимента $\{d_0, d_1, \dots, d_m\}$. В процессе выполнения работ, как правило, после проведения на очередном этапе анализа качества полученного полуфабриката, принимается решение о невозможности получения продукта d_0 . При этом нет необходимости считать полученный полуфабрикат браком, а производится переориентация технологического процесса на получение продукта d_1 . В дальнейшем возможно изменение цели d_1 на d_2 и т.д.

Изменение цели технологического процесса в режиме "on line", т.е. в процессе самого производства, часто связано не только, как было указано, с системой обеспечения качества выпускаемой продукции, но и с организационно-экономическими причинами. К таким причинам относятся: срочное изменение "портфеля заказов" данного предприятия, чрезвычайные ситуации в регионе, покрытие срочных кредитов, изменение цен на рынке и т.д.

В реальных условиях изменение цели технологического процесса в режиме on-line означает замену технологических карт. Следовательно, необходимо оперативное проведение полного цикла расчетов технико-экономических параметров вновь организуемого производственного процесса с учетом выпущенного объема полуфабрикатов. Это возможно при наличии адекватной экономико-математической модели рассматриваемых технологических процессов.

В настоящей работе представлена модель технологического процесса, которая не требует разработки специальных программных средств и реализуется в среде Microsoft Excel. Данная модель позволяет провести оперативный расчет технико-экономических показателей (объем и стоимость продукции, объемы и стоимости затрат и пр.) в процессе производства после принятия решения об изменении ассортимента продукции. Настроенные на конкретные параметры производства электронные таблицы могут быть установлены на рабочем месте специалиста планово-экономического и/или производственного отдела.

Для исследования различных технологических процессов успешно используются традиционные модели сетевого планирования, в которых на сетевом

графике отражаются работы (дуги) и события (узлы). Событие – это результат выполнения одной или нескольких работ.

Для рассматриваемых нами технологических процессов в сетевой модели существуют события, каждое из которых обладает тем свойством, что его свершение является обязательным условием для начала выполнения только одной из всех выходящих из него работ. При этом выбор исходящей работы зависит от выполнения некоторых внешних условий. После выбора работы, вообще говоря, изменяется цель технологического процесса.

Задача еще более усложняется в тех случаях, когда после свершения некоторого события часть продукции считается товарной, т.е. подлежит продаже, а часть является сырьем для следующего узла технологической цепочки. Для таких технологических процессов в ситуации, когда принимается решение об изменении цели производства, необходимо рассчитать потребное количество объемов каждого вида материала, участвующего в технологическом процессе. При этом возникает целый ряд расчетных задач, из которых выделим следующие задачи:

- 1) расчет объема конечного продукта с учетом выполненных к данному моменту (моменту принятия решения об изменении цели производства) работ;
- 2) расчет объемов исходных материалов, необходимых для получения нужного объема конечного продукта, объявленного целью технологического процесса (обратный счет по цепочке необходимых работ);
- 3) оптимизационная задача выбора новой цели технологического процесса из множества допустимо возможных для максимизации прибыли при выполнении существующих производственных ограничений.

Ниже приводятся расчетные формулы, позволяющие решить перечисленные задачи.

Исходное событие x_0 характеризуется только первоначально поставленной перед технологическим процессом целью d_0 .

Завершающее событие x_n характеризуется кортежем параметров

$$\langle n, t_n^p, t_n^n, R_n, D \rangle,$$

где n – номер события, t_n^p – наиболее ранний срок свершения события n , t_n^n – наиболее поздний срок свершения события n , R_n – резерв времени свершения события n , D – множество возможных целей технологического процесса.

$$D = \{d_0, d_1, \dots, d_m\}.$$

Каждая работа (i, j) характеризуется материальными, трудовыми, энергетическими ресурсами, необходимыми для расчета себестоимости продукции, а также целью d_j технологического процесса.

Для каждой работы (i, j) , как и в традиционной модели сетевого планирования, могут быть вычислены следующие четыре характеристики: раннее и

позднее начало свершения работы, раннее и позднее окончание выполнения работы.

Пусть L – число различных видов продукции (основных материалов, сырья, полуфабрикатов), используемых в рассматриваемых технологических процессах, а b_{iq} – объем выпуска q -ого вида продукции после свершения события i . Здесь $i = \overline{0, n}$, $q = \overline{1, L}$.

Обозначим через $r_{iq_1jq_2}$ расходный коэффициент для q_1 -ого вида продукции после свершения события i после выполнения работы (j, i) , причем после свершения события j выпущена продукция q_2 -ого вида. Таким образом, продукция q_2 является сырьем для продукции q_1 . При отсутствии работы (i, j) , т.е. отсутствия пути от узла j к узлу i коэффициент $r_{iq_1jq_2} = 0$, т.е. продукция q_2 не является сырьем для продукции q_1 в состоянии i .

Ясно, что $b_{iq_1} \cdot r_{iq_1jq_2}$ – объем выпуска продукции q_2 -ого вида в узле j , необходимый для выпуска продукции q_1 -ого вида в состоянии i . При этом, $b_{jq_2} - \sum_{q_1=1}^{Lj} (b_{iq_1} \cdot r_{iq_1jq_2})$ – объем выпуска продукции q_2 -ого вида в узле j , являющейся товарной продукцией, т.е. подлежащей продаже.

Если c_{iq} – цена единицы q -ого вида продукции после свершения события I , то $S_j^T = \sum_{q_2=1}^{Lj} ((b_{jq_2} - \sum_{q_1=1}^{Lj} (b_{iq_1} \cdot r_{iq_1jq_2})) \cdot c_{jq_2})$ – стоимость товарной продукции в узле j . Здесь Lj – число различных видов продукции, получаемых после свершения события j .

Стоимость всей товарной продукции в конечном узле n вычисляется по формуле $S^T = \sum_{j=0}^{n-1} S_j^T + \sum_{q=1}^{Ln} (b_{iq} \cdot c_{iq})$. Здесь, Ln – число различных видов продукции, получаемых после завершения технологического процесса (один из этих видов продукции является основным, т.е. выступает как цель технологического процесса).

Если s_{iq} – себестоимость q -ого вида продукции после свершения события I , то общая себестоимость рассчитывается по формуле $S^S = \sum_{i=1}^n S_i^S = \sum_{q=1}^{Ln} (b_{iq} \cdot s_{iq})$.

Для решения сформулированной выше оптимизационной задачи с ограничением на время, затраченное на выпуск готовой продукции, необходимо максимизировать целевую функцию $S^T - S^S$ с неизвестными b_{iq} ($i = \overline{0, n}$, $q = \overline{1, L}$, за исключением b_{nLn}). Исходные данные: $r_{iq_1jq_2}$, c_{iq} , s_{iq} , Y_{iq} и b_{nLn} (объем основной продукции технологического процесса). Здесь, $i = \overline{0, n}$, $j = \overline{0, n}$, $q = \overline{1, L}$, $q_1 = \overline{1, L}$, $q_2 = \overline{1, L}$, Y_{iq} – производительность при выпуске q -ого вида продукции после свершения события i .