

КАЛЕНДАРНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ ВЫПУСКА ПРОДУКТОВ НА МНОГОАССОРТИМЕНТНОЙ ГИБКОЙ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ

Работа выполнена под руководством к. т. н., доц. Немтинова В. А.

ТГТУ, Кафедра «Автоматизированное проектирование
технологического оборудования»

Для малотоннажных производств химической и смежных отраслей промышленности (органических промежуточных продуктов и красителей, лакокрасочных материалов, химических реактивов и особо чистых веществ, пестицидов, товаров бытовой химии и др.) характерен широкий обновляющийся ассортимент продукции. [1] Химико-технологические системы (ХТС) таких производств организованы преимущественно по периодическому способу. Календарное планирование выпуска продуктов на действующей гибкой химико-технологической системе (ГХТС) способно уменьшить эксплуатационные затраты и время выпуска продукции.

Рассмотрим постановку задачи календарного планирования. Допустим необходимо выпустить n продуктов за время T_{lim} на действующей ГХТС. P_i - i -тый продукт ($i = \overline{1, n}$). Календарное планирование выпуска продуктов будет заключаться в нахождении последовательности выпуска n продуктов за заданное время T_{lim} , при которой обобщенный критерий

$$F(v) = \sum_{i=1}^3 (\rho_i \omega_i(v)) \rightarrow \min$$

(где $v \in V$ - множество допустимых последовательностей выпуска продуктов) был бы минимален и выполнялись следующие условия:

- 1) Количество персонала необходимого для выпуска продуктов не должно превышать имеющееся кол-во персонала в цехе: $N_j \leq N_j^{\text{lim}}$, $j = \overline{1, m}$ - вид профессии, где N_j - максимальное кол-во персонала необходимого при выпуске продуктов, N_j^{lim} - имеющееся кол-во персонала в цехе;
- 2) Кол-во сырья к моменту выпуска продукта не должно быть меньше имеющегося количества на складе: $S_i \geq S_i^{\text{skl}}$, $i = \overline{1, p}$ - вид сырья;
- 3) Максимальная энергетическая нагрузка на цех при выпуске продуктов не должна превышать допустимую нагрузку: $\max(E_1, E_2, \dots, E_l) \leq E^{\text{lim}}$;

- 4) Время выпуска всех продуктов должно быть не больше планового времени: $T \leq T_{\text{lim}}$.

Допущения:

- 1) расходы на подготовку исходного сырья для каждого продукта не зависят от времени выпуска продуктов;
- 2) Технологические маршруты фиксированы.

Критерий $F(v)$ включает три критерия, каждый из которых стремиться к минимуму: F_1 - критерий времени выпуска всех продуктов (ч), F_2 - критерий переналадок (ч), F_3 - критерий нагрузки на оборудование (коэффициент использования оборудования).

$$F(v) = \sum_{i=1}^3 (\rho_i \omega_i(v))$$

Здесь ρ_1, ρ_2, ρ_3 - весовые коэффициенты, $\omega_i(v)$ - монотонные функции, преобразующие каждый критерий к безразмерному виду [2]

$$\omega_i(v) = \frac{F_i(v) - F_i^0}{F_i^{\text{max}} - F_i^0}.$$

Общее время, затрачиваемое на производство продуктов, можно сократить выпуская их группами, объединяя в группу те продукты, для производства которых не используется одно и то же оборудование. Если в следующем месяце будут выпускаться такие же продукты как и в текущем, то перенося выпуск продукта с наибольшим временем перестраивания на конец месяца, а в начале следующего начав выпускать его же, получим экономию во времени.

Пусть аппаратный состав R химико-технологической системы представлен пятью типами аппаратов $R = \{R_1, R_2, \dots, R_5\}$, на которых в общей сложности производится пять продуктов $P = \{P_1, P_2, \dots, P_5\}$, причем согласно технологическим регламентам, аппараты системы заняты под производство продуктов выпускаемого ассортимента следующим образом:

$$P_1: \{R_2, R_3\}; P_2: \{R_1, R_4\}; P_3: \{R_3, R_5\}; P_4: \{R_5\}; P_5: \{R_1, R_2, R_3\};$$

Первый этап решения задачи заключается в классификации продуктов по признаку совпадения технологического оборудования, т.е. в проверке условия:

$$\{R\}_k \cap \{R\}_l; \quad k = \overline{1, n}; \quad l = \overline{1, n}.$$

Это можно осуществлять перебирая продукты либо лексикографически [1], либо случайным образом, используя генератор случайных чисел.

После перебора всех продуктов получаем следующие допустимые бинарные комбинации продуктов: $P_1P_2, P_1P_4, P_2P_3, P_2P_4, P_4P_5$, остальные комбинации недопустимы. Далее следует попытаться уменьшить число групп продуктов, объединив, если это возможно, продукты по три, четы-

ре и т.д. В результате классификации продуктов по признаку используемого оборудования были получены 3 группы: 1 группа- $\{P_2, P_3\}$, 2 группа- $\{P_1, P_2, P_4\}$, 3 группа- $\{P_4, P_5\}$.

Второй этап решения задачи заключается в оптимизации сетевой модели выпуска продукции в ГХТС, т.е. в минимизации обобщенного критерия при ограничениях на трудовые, энергетические, материальные, временные ресурсы. Сначала проверим, выполняются ли ограничения для каждого $v \in V$. Если ограничения не выполняются, то необходимо разбить данную комбинацию на комбинации (например комбинацию P_1, P_2, P_4 разбить на P_1P_2 и P_2P_4), являющиеся подмножеством данной, и проверить выполняемость ограничений. Данное действие продолжаем до тех пор, пока не будут выполняться все ограничения.

Допустим, в нашем примере все ограничения выполняются, тогда нам необходимо определить последовательность выпуска продуктов. Последовательность выпуска продуктов будем определять методом перебора всех последовательностей из V . Выберем случайным образом последовательность выпуска продуктов, например $P_1P_2P_4, P_2P_3$ и P_4P_5 . Рассчитываем три критерия, а затем обобщающий для них. Далее выбираем другую последовательность и повторяем те же действия что и для первой. После перебора всех возможных вариантов выбираем тот вариант, при котором обобщенный критерий $F(v)$ будет минимален на множестве допустимых последовательностей выпуска продуктов V .

Определяем критерий времени F_1 . Общее время выпуска всех продуктов будет определяться:

$$T = \sum_{i=1}^n t_i + \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^n t_{ik}^p, \text{ где } t_{ik}^p - \text{ время, необходимое на перестраивание}$$

ГХТС при смене выпуска продукта i на продукт k .

Время перестраивания зависит от кол-ва изменяемых связей и времени промывки системы: $t_{ik}^p = n \cdot t_i^p + t_{cl}$, где t_i^p - время переналадки одной связи, n - количество связей, t_{cl} - время чистки оборудования.

Определяем критерий переналадок F_2 . В соответствии с этим критерием требуется выбрать такую последовательность выпуска продуктов, при которой число переналадок и чисток оборудования было бы минимальным, а следовательно, снижалось время и затраты в стоимостном выражении на переходы с одного продукта на другой при выпуске требуемого ассортимента:

$$T_{per} = \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^n nper_{ik} \times t_{ik}^{cls} \rightarrow \min$$

Где $nper_{ik}$ - число переходов с продукта i на продукт k , t_{ik}^{cls} - время чистки и переналадки оборудования при переходе с i на k , ч.

Определяем критерий нагрузки на оборудование F_3 . Следует иметь в виду, что интенсивная эксплуатация оборудования приводит к его быстрому износу, что отражается на эффективности работы предприятия. С другой стороны, излишние простои оборудования отражаются негативно на производственных затратах и времени выпуска, а следовательно, на прибыли. Тогда F_3 :

$K_e = f(t^{prost}, c^{rem}) \rightarrow \min$, где K_e - коэффициент использования оборудования, t^{prost} - простои оборудования с учетом чистки и переналадки, ч; c^{rem} - затраты на ремонт оборудования, руб.

В рассматриваемом примере оптимальный вариант выпуска продуктов будет при следующей последовательности групп продуктов: $P_1P_2P_4$, P_4P_5 и P_2P_3 .

Продукты

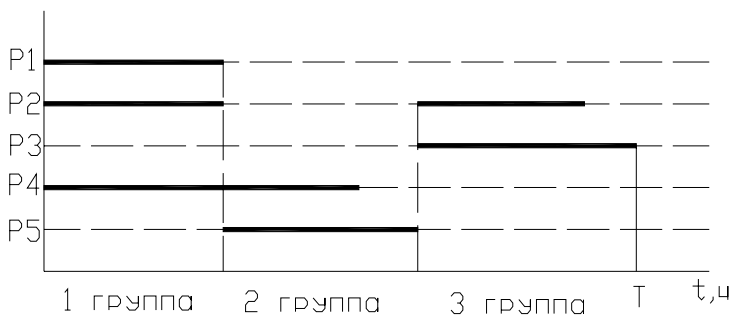


Рис. 1. Временной график выпуска продукции на ГХТС

Список литературы

1. Кафаров В.В., Макаров В.В. Гибкие автоматизированные производственные системы химической промышленности М.:Химия, 1990. -320 с.
2. Михалевич В.С., Волкович В.Л. Вычислительные методы исследования и проектирования сложных систем. М.: Наука, 1982.