

АЛГОРИТМЫ ПЛАНИРОВАНИЯ КОНВЕЙЕРНЫХ ПРОИЗВОДСТВ

Зубок И.Г.

Волгоградский государственный педагогический университет, Россия.

e-mail: zubok@vspu.ru

Зубок А.И.

Волгоградский государственный технический университет, Россия.

168 variants of computational technologies of operational planning of conveyer manufacturing were considered in this work. In the first part planning algorithms are based on a day complete set, in the second – on a machine complete set, the third part has general element of all systems, in the fourth part continuous planning is described. Remainders, stocks, advances, subperiods and minimal volumes of output lots of semi-finished products, parts and assembly units are considered to be operating factors determining these variants.

Введение

Алгоритмы планирования и соответствующие им банки данных (набор баз) зависят от необходимой и возможной для конкретного производства и коллектива точности. Рассматриваются три подхода к проектированию информационных систем планирования и управления: в суткокомплектах, в машинокомплектах и непрерывное. Речь идет о точности принятия решений на этапе месячного планирования и суточного регулирования межцеховых передач (управление) предметов производства [1]. Суткокомплект (с/к) считается из условия задания планируемой товарной продукции на весь плановый период, т.е. равномерное планирование товара по суткам периода (месяца). Машинокомплект (м/к) предполагает планирование машин на каждые сутки без уточнения модификаций из месячного плана. Тот и другой подходы в простейшем виде основаны на одной потребности в деталях и сборочных единицах (ДСЕ) на машины, запасные части и кооперированные поставки. Этот вариант характерен при отсутствии ЭВМ. Несколько сложнее учитывать остатки ДСЕ и полуфабрикатов (предметов труда – ПТ).

Информационные системы планирования качественно усложняются при учете нормативных заделов или опережений выпуска ДСЕ над машиной [2], а также минимальных партий производства. Количество баз и их объем вырастают на порядок, а сложность и трудоемкость вычислительных работ делают невозможными эти методы без ЭВМ. Универсальные алгоритмы даны в работе [3]. Нормативные заделы задаются в штуках либо по цеху, либо по обозначению чертежа, либо по тому и другому. Они не меняются от месяца к месяцу, т.к. не зависят от программы производства. Более сложны алгоритмы работающие с опережениями. Они тоже задаются в трех видах. Сложность определяется необходимостью пересчетов заделов на начало каждого месяца, т.е. дается возможность работать с разными программами по количеству и модификациям.

Если применяемость ДСЕ в разных модификациях существенно отличается и сборка идет по модификациям (одна кончается, начинается другая), то учет запуска модификаций необходим. Это достигается двумя способами: делением месячного плана по декадам либо дополнительными расчетами на $1\div 3$ суток при регулировании.

Самой сложной вычислительной технологией в информационном и организационном смыслах является непрерывное планирование: задание в системе товара на сутки выпуска не позднее максимального опережения ДСЕ. В статье рассмотрены 168 вариантов

вычислительных технологий оперативного планирования, что является естественным продолжением работы [4].

1. Алгоритмы планирования в суткокомплектах

Пусть планируемый месяц (или квартал) состоит из C рабочих дней (или смен), тогда переменная c пробегает значения из множества $\{1, 2, \dots, C\}$ номеров рабочих дней. База данных планируемой товарной продукции (товар) состоит из записей с тремя полями: чертежное обозначение (r), номер склада готовой продукции (цеха консервации, s) и количества (t). Обозначение $t(r, s)$ есть количество номенклатурных единиц товара по ключам (r, s) . Множество $\{t(r, s)\}$ есть товар планируемого месяца. Чтобы изготовить товар, нужны все входящие в него ДСЕ в количестве согласно применяемости. Например, в запасные части (склад 4) запланирован узел 35.11.000 в количестве 2 штуки, который состоит из деталей: 35.11.101 (применяемость – 2) и 35.11.102 (применяемость – 3). Разузловать запись базы планируемого товара, соответствующую этому узлу, значит сформировать 3 записи базы ДСЕ:

$$\begin{pmatrix} 35.11.000, 4, 2 \\ 35.11.101, 120, 4 \\ 35.11.102, 120, 6 \end{pmatrix},$$

где 120 – номер цеха изготовления узла последний в маршруте деталей. Процедура R , осуществляющая разузлование (с подсуммированием),

$$R\{t(r, s)\} = \{p(r, \underline{a})\}$$

переводит базу данных товара в базу ДСЕ $\{p(r, \underline{a})\}$, из которых состоит товар. Ее структура: чертежное обозначение ДСЕ (r), адрес (\underline{a}) цеха или склада получателя последнего по маршруту изготовления, количество согласно применяемости (p).

Одна и та же ДСЕ может иметь несколько, заканчивающихся разными цехами и складами, маршрутов. Коды цехов (обозначаются 3 цифрами) и склада (обозначаются 1 цифрой) составляющие маршрут называются адресами, которые могут быть изготовителями (a) и получателями (\underline{a}). Например, деталь 35.11.102 имеет маршрут (103, 117, 120), где цех 117 одновременно является изготовителем и получателем. Выполнить процедуру маршрутизации детали 35.11.102 значит запись базы ДСЕ (35.11.102, 120, 6) перевести в две записи базы ПТ:

$$\begin{pmatrix} 35.11.102, 103, 117, 6 \\ 35.11.102, 117, 120, 6 \end{pmatrix},$$

имеющей структуру: обозначение (r), цех изготовитель (a), цех либо склад получатель (\underline{a}), количество (u). Последнее поле одинаково для всех записей с одним ключом (r, a, \underline{a}) .

Процедура маршрутизации M переводит каждый элемент базы ДСЕ в базу потребности в ПТ на планируемый товар:

$$M\{p(r, a)\} = M\{R\{t(r, s)\}\} = \{u(r, a, \underline{a})\}.$$

1.1. Система по потребности

Эта система применялась до введения вычислительной техники на большинстве машиностроительных предприятий. Планировались не все ДСЕ. Комплектации модификаций не учитывались.

Месячное планирование. Если разделить потребность в ПТ на количество дней в месяце, то получится «условное количество» на сутки (у/к/с). База данных у/к/с пересчитывается на начало каждого месяца.

$$y^c(r, a, \underline{a}) = \frac{u(r, a, \underline{a})}{C},$$

где верхний индекс указывает на планирование в с/к.
Месячный план межцеховых передач есть потребность

$$n(r, a, \underline{a}) = u(r, a, \underline{a}).$$

Регулирование. Передача по маршруту ПТ с накоплением с начала месяца содержится в базе межцеховых передач ПТ. Аналогично предыдущему, $b(r, a, \underline{a})$ есть количество межцеховой передачи ПТ с ключом: обозначение (r), цех изготовитель (a) и цех получатель или склад готовой продукции (\underline{a}). Величина b на каждый день c может быть различной. Запись этой базы имеет четыре поля: r, a, \underline{a}, b .

На любую дату плановый с/к равен номеру по порядку рабочего дня c , а фактический -

$$c_f(r, a, \underline{a}) = \frac{b(r, a, \underline{a})}{y^c(r, a, \underline{a})}, \quad \Delta c(r, a, \underline{a}) = c_f(r, a, \underline{a}) - c.$$

Разница этих с/к характеризует комплектность по каждому обозначению ПТ и паре цехов. В штуках разница фактической и плановой межцеховой передачи используется в задании (суточном плане) на следующие сутки, которые рассчитываются по формулам:

$$\Delta b^c(r, a, \underline{a}) = b(r, a, \underline{a}) - y^c(r, a, \underline{a}) \times c, \quad \hat{n}^c(r, a, \underline{a}) = y^c(r, a, \underline{a}) - \Delta b^c(r, a, \underline{a}).$$

Суточный план метится “крышечкой” в отличие от месячного и имеет индекс c , указывающий на расчет в с/к. Месячный же план от с/к не зависит. Суточный план рассчитывается на $(c+1)$ сутки, тогда как данные для расчета берутся по состоянию на сутки c (текущие сутки).

Замечание. Представление баз данных функциями от ключевых полей дает возможность представить алгоритмы расчетов формулами от этих функций. Индексы в функциях не являются переменными, а лишь указывают на принадлежность к базе данных или методу расчета.

1.2. Система с остатками

Эта система требует ведения базы остатков ПТ, а также инвентаризации. Если взять результаты инвентаризации и удалить из них ПТ, не участвующие в межцеховых передачах, то получатся остатки $o^a(r, a, \underline{a})$, находящиеся в цехе получателе \underline{a} . После разъязвления и маршрутизации последние перейдут в остатки ПТ потока $o(r, a, \underline{a})$, которые используются в планировании

$$\{o(r, a, \underline{a})\} = M\{R\{o^a(r, a, \underline{a})\}\}.$$

В базе межцеховых передач ПТ есть готовая продукция – фактический товар

$$\{b(r, a, s)\} \subset \{b(r, a, \underline{a})\}.$$

Его цех получатель есть склад готовой продукции ($\underline{a}=s$). Если фактический товар разъязвить и маршрутизировать, то получатся ПТ подлежащие списанию с потока

$$\{w(r, a, \underline{a})\} = M\{R\{b(r, a, s)\}\}.$$

Когда инвентаризация не охватывает всех ПТ, можно воспользоваться расчетными остатками на конец месяца

$$o^p(r, a, \underline{a}) = o(r, a, \underline{a}) + b(r, a, \underline{a}) - w(r, a, \underline{a}),$$

где базы межцеховых передач $b(r, a, \underline{a})$ и списания ПТ $w(r, a, \underline{a})$ берутся по состоянию на конец месяца.

Месячное планирование отличается от предыдущего остатками ПТ на начало месяца

$$n(r, a, \underline{a}) = u(r, a, \underline{a}) - o(r, a, \underline{a}).$$

Регулирование на любую дату c осуществляется сравнением фактического и планового суткокомплекта:

$$c_f(r, a, \underline{a}) = \frac{b(r, a, \underline{a}) + o(r, a, \underline{a})}{y^c(r, a, \underline{a})},$$

где $b(r, a, \underline{a})$ берется по состоянию на эту дату. Отклонения от плана в с/к и в штуках есть:

$$\Delta c(r, a, \underline{a}) = c_f(r, a, \underline{a}) - c, \quad \Delta b^c(r, a, \underline{a}) = b(r, a, \underline{a}) + o(r, a, \underline{a}) - y^c(r, a, \underline{a}) \times c.$$

Задание на следующие сутки рассчитывается по формуле:

$$\hat{n}^c(r, a, \underline{a}) = y^c(r, a, \underline{a}) - \Delta b^c(r, a, \underline{a}).$$

1.3. Системы с остатками и заделами

Заделы ПТ могут задаваться (в штуках) в трех видах: по адресам - $h(a, \underline{a})$, по чертежным обозначениям - $h(r)$, по адресам и обозначениям - $h(r, a, \underline{a})$. Первый вид самый простой, т.к. пар цехов (изготовитель-получатель) не много, но сами заделы очень грубы. Второй вариант требует ведения базы данных с записями в структуре: обозначение (r), количество (h). Определение и ведение базы данных заделов (третий вид) в структуре записи: r, a, \underline{a}, h – самое сложное, но дает более экономичное планирование. Ниже рассмотрены три варианта вычислительных технологий с использованием одного из видов задела – $h()$.

Месячное планирование отличается от варианта описанного в пункте 1.2 учетом нормативных заделов в одном из трех видов:

$$n(r, a, \underline{a}) = u(r, a, \underline{a}) - o(r, a, \underline{a}) + h().$$

Регулирование тоже отличается от предыдущего заделами.

Задание на следующие сутки рассчитывается из потребности на $(c+1)$ сутки, нормативного задела, результатов межцеховых передач за c суток и остатков на начало месяца:

$$c_f(r, a, \underline{a}) = \frac{b(r, a, \underline{a}) + o(r, a, \underline{a}) - h()}{y^c(r, a, \underline{a})}, \quad \Delta c(r, a, \underline{a}) = c_f(r, a, \underline{a}) - c.$$

$$\hat{n}^c(r, a, \underline{a}) = y^c(r, a, \underline{a}) \times (c+1) + h() - b(r, a, \underline{a}) - o(r, a, \underline{a}).$$

1.4. Система с остатками и опережениями

В системах с опережением выпуска ПТ над выпуском машины требуется задание планируемого на следующий месяц товара. Опережение создает задел для этого следующего месяца, который имеет C_z рабочих дней. Пусть $\{t_z(r, s)\}$ планируемый на следующий месяц товар. Тогда потребность в ПТ и условное количество будут равны:

$$\{u_z(r, a, \underline{a})\} = M\{R\{t_z(r, s)\}\}, \quad y_z^c(r, a, \underline{a}) = \frac{u_z(r, a, \underline{a})}{C_z}.$$

Опережение может быть определено в трех видах: по адресам - $z(a, \underline{a})$, по обозначениям ПТ - $z(r)$, по адресам и обозначениям - $z(r, a, \underline{a})$. В общем виде опережение обозначается $z()$. Опережения не превышают месяца. С помощью такого обозначения рассматриваются

одновременно три вычислительные технологии. Из опережений рассчитываются нормативные заделы на плановый и следующий месяцы:

$$h^c(r, a, \underline{a}) = y^c(r, a, \underline{a}) \times z(), \quad h_z^c(r, a, \underline{a}) = y_z^c(r, a, \underline{a}) \times z().$$

Для различных видов опережений эти заделы различны. Для одного опережения, но разных планируемых по месяцам товаров рассчитанные заделы тоже различны. Эта разница должна быть равномерно распределена на плановый месяц. Доля этой разницы на одни сутки составит $u/k/c$

$$\Delta h^c(r, a, \underline{a}) = h_z^c(r, a, \underline{a}) - h^c(r, a, \underline{a}), \quad y_h^c(r, a, \underline{a}) = \frac{\Delta h^c(r, a, \underline{a})}{C}.$$

Месячное планирование в этих обозначениях примет вид:

$$\begin{aligned} n^c(r, a, \underline{a}) &= [y^c(r, a, \underline{a}) + y_h^c(r, a, \underline{a})] \times C + h^c(r, a, \underline{a}) - o(r, a, \underline{a}) = \\ &= u(r, a, \underline{a}) + \Delta h^c(r, a, \underline{a}) + h^c(r, a, \underline{a}) - o(r, a, \underline{a}). \end{aligned}$$

Регулирование в этой системе имеет свои алгоритмы учитывающие опережения и разницу товаров по месяцам

$$c_f(r, a, \underline{a}) = \frac{b(r, a, \underline{a}) + o(r, a, \underline{a})}{y^c(r, a, \underline{a}) + y_h^c(r, a, \underline{a})} - z(), \quad \Delta c(r, a, \underline{a}) = c_f(r, a, \underline{a}) - c.$$

Во всех случаях, фактический c/k при расчетах с опережениями немного не верен при переходе на следующий месяц до того как он станет плановым. Задание на следующие сутки основано на выполнении плана с начала месяца, остатков на начало месяца и вида опережения:

$$\hat{n}^c(r, a, \underline{a}) = [y^c(r, a, \underline{a}) + y_h^c(r, a, \underline{a})] \times (c + 1) + h^c(r, a, \underline{a}) - b(r, a, \underline{a}) - o(r, a, \underline{a}).$$

1.5. Системы с остатками, заделами и подпериодами

Для планирования запуска на конвейере разных модификаций машин плановый период (месяц, квартал) можно разбить на $2 \div 4$ подпериода. В одном подпериоде собираются одинаковые модификации машин. Подпериоды могут иметь разную длину, и их может быть разное количество в разные периоды. Пусть планируемый месяц разбит на D подпериодов, номер которого обозначается $d \in \{1, 2, \dots, D\}$. Тогда функция $d(c)$ равна подпериоду - d , в который входит c , а функция $c(d)$ равна последнему дню подпериода d . Граничные значения равны $c(0) = 0$, а $c(D) = C$. Пусть также $\{t(r, s, d)\}$ – планируемый товар на подпериод d , тогда потребность в ПТ в подпериод d есть

$$\{u(r, a, \underline{a}, d)\} = M \{R \{t(r, s, d)\}\}, \text{ где } \sum_d t(r, s, d) = t(r, s), \text{ а } \sum_d u(r, a, \underline{a}, d) = u(r, a, \underline{a}).$$

Условное количество ПТ на подпериод d равно:

$$y^c(r, a, \underline{a}, d) = \frac{u(r, a, \underline{a}, d)}{c(d) - c(d-1)}$$

При использовании или не использовании остатков на конец месяца и разных видов заделов, получаются различные варианты технологий планирования.

Месячный план выдается по подпериодам с подсуммированием предшествующих подпериодов (с нарастанием):

$$n(r, a, \underline{a}, d) = \sum_{i=1}^d u(r, a, \underline{a}, i) - o(r, a, \underline{a}) + h(), \quad n(r, a, \underline{a}) = n(r, a, \underline{a}, D).$$

Регулирование требует введения промежуточных функций и процедуры. Пусть функция $B(r, a, \underline{a})$ рассчитывается по состоянию на день c :

$$B(r, a, \underline{a}) = b(r, a, \underline{a}) + o(r, a, \underline{a}) - h().$$

Процедура W от разности величин при фиксированных (r, a, \underline{a}) и переменной d перебирает по порядку подпериоды, начиная с 1, пока разность не станет отрицательной:

$$W [B(r, a, \underline{a}) - \sum_{i=1}^d u_i(r, a, \underline{a})] = (V(r, a, \underline{a}), d).$$

Тогда процедура выдает пару чисел: $V(r, a, \underline{a})$ – первую отрицательную разность и d подпериод, на котором она достигается. Если разность не стала отрицательной при $d=D$, то $V(r, a, \underline{a})=0$, а $d=D$.

Фактический c/k и его разность с плановым будут равны

$$c_f(r, a, \underline{a}) = c(d) + \frac{V(r, a, \underline{a})}{y^c(r, a, \underline{a}, d)}, \quad \Delta c(r, a, \underline{a}) = c_f(r, a, \underline{a}) - c.$$

Задание на следующие сутки рассчитывается по формуле:

$$\hat{n}^c(r, a, \underline{a}) = y^c(r, a, \underline{a}, d(c+1)) - b(r, a, \underline{a}) + n(r, a, \underline{a}, d(c)) - y^c(r, a, \underline{a}, d(c)) \times (c(d(c)) - c),$$

где $c(d(c))$ – последние сутки подпериода, в котором находится c .

1.6. Системы с остатками, опережениями и подпериодами

Пусть $z()$ – все три вида опережения, а $d(z)=d(z())$ – подинтервал, в который попадает опережение, тогда

$$h_z^c(r, a, \underline{a}) = y_z^c(r, a, \underline{a}) \times z(), \quad h^c(r, a, \underline{a}) = \sum_{i=1}^{d(z)} u(r, a, \underline{a}, i) - y^c(r, a, \underline{a}, d(z)) \times (c(d(z)) - z()).$$

Разница нормативных заделов, рассчитанных по опережениям, образуется из разницы товара по месяцам и должна быть разделена равномерно по суткам планового месяца. Она может быть как положительной, так и отрицательной

$$\Delta h^c(r, a, \underline{a}) = h_z^c(r, a, \underline{a}) - h^c(r, a, \underline{a}), \quad y_h^c(r, a, \underline{a}) = \frac{\Delta h^c(r, a, \underline{a})}{C}.$$

Месячный план по подпериодам с нарастанием рассчитывается по формулам:

$$n^c(r, a, \underline{a}, d) = \sum_{i=1}^d u(r, a, \underline{a}, i) + y_h^c(r, a, \underline{a}) \times c(d) - o(r, a, \underline{a}) + h^c(r, a, \underline{a}, d),$$

$$n^c(r, a, \underline{a}) = n^c(r, a, \underline{a}, D).$$

Регулирование отличается от рассмотренного в пункте 1.5 заделами. Так

$$B(r, a, \underline{a}) = b(r, a, \underline{a}) + o(r, a, \underline{a}) - h^c(r, a, \underline{a}) - y_h^c(r, a, \underline{a}) \times c,$$

$$N(r, a, \underline{a}, d) = \sum_{i=1}^d u(r, a, \underline{a}, i) + y_h^c(r, a, \underline{a}) \times c(d),$$

соответственно

$$(V(r, a, \underline{a}), d) = W [B(r, a, \underline{a}) - N(r, a, \underline{a}, d)],$$

если разность не стала отрицательной при $d=D$, то $V(r, a, \underline{a})=0$.

Фактический с/к и его разность с плановым равны

$$c_f(r, a, \underline{a}) = c(d) + \frac{V(r, a, \underline{a})}{y^c(r, a, \underline{a}, d) + y_h^c(r, a, \underline{a})}, \quad \Delta c(r, a, \underline{a}) = c_f(r, a, \underline{a}) - c.$$

Отклонение от плана в штуках на день c есть

$$\Delta b^c(r, a, \underline{a}) = b(r, a, \underline{a}) - n^c(r, a, \underline{a}, d) + [y^c(r, a, \underline{a}, d) + y_h^c(r, a, \underline{a})] \times (c(d) - c),$$

а задание на $(c+1)$ день

$$\hat{n}^c(r, a, \underline{a}) = y^c(r, a, \underline{a}, d(c+1)) - \Delta b^c(r, a, \underline{a}),$$

где правая сторона равенства рассчитывается по состоянию на день c .

2. Алгоритмы планирования в машинокомплектах

Второй подход к проектированию информационных систем планирования и управления предполагает задание графика выпуска машин по рабочим дням $\{m(c)\}$ с нарастанием. Общее число планируемых на месяц машин равно $M = m(C)$. В этих обозначениях в сутки c необходимо выпустить $(m(c) - m(c-1))$ машин. Запасные части и кооперированные поставки планируются пропорционально количеству машин.

Понятно, что месячный план межцеховых передач не отличается от расчетов в с/к, пока не вводятся опережения. Изменяются лишь алгоритмы регулирования, т.к. используется условное количество ПТ на машину (у/к/м). Количество машин по суткам в общем случае различно. Условное количество ПТ на машину рассчитывается по формуле:

$$y^m(r, a, \underline{a}) = \frac{u(r, a, \underline{a})}{M}.$$

2.1. Система по потребности

На любую дату c плановый м/к равен $m(c)$ согласно графика выпуска машин, а фактический – вычисляется по формуле

$$m_f(r, a, \underline{a}) = \frac{b(r, a, \underline{a})}{y^m(r, a, \underline{a})},$$

где $b(r, a, \underline{a})$ берется по состоянию на дату c . Разница м/к фактического и планового $\Delta m(r, a, \underline{a})$ характеризует комплектность межцеховой передачи ПТ по паре цехов (либо цех-склад).

$$\Delta m(r, a, \underline{a}) = m_f(r, a, \underline{a}) - m(c).$$

В штуках разница фактической и плановой межцеховой передачи используется в задании на следующие сутки. Она рассчитывается по формуле:

$$\Delta b^m(r, a, \underline{a}) = b(r, a, \underline{a}) - y^m(r, a, \underline{a}) \times m(c).$$

Соответственно задание (план) на следующие сутки рассчитывается по формулам:

$$\hat{n}^m(r, a, \underline{a}) = y^m(r, a, \underline{a}) \times [m(c+1) - m(c)] - \Delta b^m(r, a, \underline{a}) = y^m(r, a, \underline{a}) \times m(c+1) - b(r, a, \underline{a}).$$

2.2. Система с остатком

Регулирование на любую дату c осуществляется сравнением фактического и планового м/к

$$m_f(r, a, \underline{a}) = \frac{b(r, a, \underline{a}) + o(r, a, \underline{a})}{y^m(r, a, \underline{a})} .$$

Отклонение от плана в м/к и штуках есть

$$\Delta m(r, a, \underline{a}) = m_f(r, a, \underline{a}) - m(c) \quad , \quad \Delta b^m(r, a, \underline{a}) = b(r, a, \underline{a}) + o(r, a, \underline{a}) - y^m(r, a, \underline{a}) \times m(c) .$$

Задание на следующие сутки рассчитывается по формуле:

$$\hat{n}^m(r, a, \underline{a}) = y^m(r, a, \underline{a}) \times m(c+1) - b(r, a, \underline{a}) - o(r, a, \underline{a}) \quad ,$$

где $b(r, a, \underline{a})$ берется по состоянию на дату c .

2.3. Система с остатками и заделами

Если все три вида заделов обозначить $h()$, то регулирование осуществляется по формулам:

$$m_f(r, a, \underline{a}) = \frac{b(r, a, \underline{a}) + o(r, a, \underline{a}) - h()}{y^m(r, a, \underline{a})} \quad , \quad \Delta m(r, a, \underline{a}) = m_f(r, a, \underline{a}) - m(c) .$$

Задание на следующие сутки рассчитывается из потребности на $(c+1)$ сутки, нормативного задела, результатов межцеховых передач за c суток и остатков с начала месяца:

$$\hat{n}^m(r, a, \underline{a}) = y^m(r, a, \underline{a}) \times m(c+1) + h() - b(r, a, \underline{a}) - o(r, a, \underline{a}) .$$

2.4. Система с остатками и опережениями

Пусть $\{u_z(r, a, \underline{a})\}$ - потребность в ПТ на следующий за плановым месяц, $\{m_z(c_z)\}$ – график выпуска машин в следующем за плановым месяце, тогда

$$c_z \in \{1, 2, \dots, C_z\}, \quad m_z(C_z) = M_z, \quad y_z^m(r, a, \underline{a}) = \frac{u_z(r, a, \underline{a})}{M_z} ,$$

где $\{t_z(r, s)\}$ и M_z есть соответственно товар и количество машин планируемые к выпуску в следующем месяце. Если три вида задания опережения - $z()$, то заделы рассчитанные по ним есть:

$$h^m(r, a, \underline{a}) = y^m(r, a, \underline{a}) \times m(z()) \quad , \quad h_z^m(r, a, \underline{a}) = y_z^m(r, a, \underline{a}) \times m_z(z()) .$$

Разница в заделах проистекающая от разницы товара соотносится на одну машину планируемого месяца

$$\Delta h^m(r, a, \underline{a}) = h_z^m(r, a, \underline{a}) - h^m(r, a, \underline{a}) \quad , \quad y_h^m(r, a, \underline{a}) = \frac{\Delta h^m(r, a, \underline{a})}{M} .$$

Месячный план отличается от описанного в пункте 1.4

$$n^m(r, a, \underline{a}) = u(r, a, \underline{a}) + h_z^m(r, a, \underline{a}) - o(r, a, \underline{a}) .$$

Регулирование в этом варианте имеет свои алгоритмы, учитывающие опережения, которые зависят от разницы товаров по месяцам:

$$m_f(r, a, \underline{a}) = \frac{b(r, a, \underline{a}) + o(r, a, \underline{a})}{y^m(r, a, \underline{a}) + y_h^m(r, a, \underline{a})} - z(), \quad \Delta m(r, a, \underline{a}) = m_f(r, a, \underline{a}) - m(c) .$$

Задание на следующие сутки основано на выполнении плана с начала месяца, остатков на начало месяца и вида опережения:

$$\hat{n}^m(r, a, \underline{a}) = [y^m(r, a, \underline{a}) + y_h^m(r, a, \underline{a})] \times m(c+1) + h^m(r, a, \underline{a}) - b(r, a, \underline{a}) - o(r, a, \underline{a}) .$$

2.5. Система с остатками, заделами и подпериодами

Условное количество ПТ на одну машину в подпериод d равно

$$y^m(r, a, \underline{a}, d) = \frac{u(r, a, \underline{a}, d)}{m(c(d)) - m(c(d-1))}.$$

Из пункта 1.5 берутся так же $V(r, a, \underline{a})$ и соответствующие ему d . В этих обозначениях

$$m_f(r, a, \underline{a}) = m(c(d)) + \frac{V(r, a, \underline{a})}{y^m(r, a, \underline{a}, d)}, \quad \Delta m(r, a, \underline{a}) = m_f(r, a, \underline{a}) - m(c).$$

Задание на следующие сутки рассчитывается по формуле

$$\hat{n}^m(r, a, \underline{a}) = y^m(r, a, \underline{a}, d(c+1)) \times [m(c+1) - m(c)] - b(r, a, \underline{a}) + n(r, a, \underline{a}, d(c)) - y^m(r, a, \underline{a}, d(c)) \times [m(c(d(c))) - m(c)],$$

где план на период $d(c)$ равный $n(r, a, \underline{a}, d(c))$ берется из 1.5, а $m(c(d(c)))$ есть количество запланированных машин вплоть до подпериода, в котором находится c .

2.6. Система с остатками, опережениями и подпериодами

В случае планирования в м/к заделы на плановый месяц и следующий за ним вычисляются по формулам:

$$h^m(r, a, \underline{a}) = \sum_{i=1}^{d(z)} u(r, a, \underline{a}, i) - y^m(r, a, \underline{a}, d(z)) \times [m(c(d(z))) - m(z)],$$

$$h_z^m(r, a, \underline{a}) = y_z^m(r, a, \underline{a}) \times m_z(z).$$

Разница нормативных заделов должна быть ликвидирована плавно до конца планового месяца, отсюда

$$\Delta h^m(r, a, \underline{a}) = h_z^m(r, a, \underline{a}) - h^m(r, a, \underline{a}), \quad y_h^m(r, a, \underline{a}) = \frac{\Delta h^m(r, a, \underline{a})}{M}.$$

Месячный план по подпериодам отличается от рассмотренного в пункте 1.6, но остается также с нарастанием

$$n^m(r, a, \underline{a}, d) = \sum_{i=1}^d u(r, a, \underline{a}, i) + y_h^m(r, a, \underline{a}) \times m(c(d)) - o(r, a, \underline{a}) + h^m(r, a, \underline{a}),$$

$$n^m(r, a, \underline{a}) = n^m(r, a, \underline{a}, D).$$

Регулирование тоже отличается от рассмотренного в пункте 1.6, хоть и сохраняются основные алгоритмические черты. Так

$$B(r, a, \underline{a}) = b(r, a, \underline{a}) + o(r, a, \underline{a}) - h^m(r, a, \underline{a}),$$

$$N(r, a, \underline{a}, d) = \sum_{i=1}^d u(r, a, \underline{a}, i) + y_h^m(r, a, \underline{a}) \times m(c(d)),$$

$$(V(r, a, \underline{a}); d) = W[B(r, a, \underline{a}) - N(r, a, \underline{a})].$$

Фактический м/к и его разность с плановым есть

$$m_f(r, a, \underline{a}) = m(c(d)) + \frac{V(r, a, \underline{a})}{y^m(r, a, \underline{a}, d) + y_h^m(r, a, \underline{a})},$$

$$\Delta m(r, a, \underline{a}) = m_f(r, a, \underline{a}) - m(c).$$

Отклонение от плана в штуках на день c есть

$$\Delta b^m(r, a, \underline{a}) = b(r, a, \underline{a}) - n^m(r, a, \underline{a}, d) + [y^m(r, a, \underline{a}, d) + y_h^m(r, a, \underline{a})] \times [m(c(d)) - m(c)],$$

а задание на $(c+1)$ день есть

$$\hat{n}^m(r, a, \underline{a}) = y^m(r, a, \underline{a}, d(c)) \times [m(c+1) - m(c)] - \Delta b(r, a, \underline{a}).$$

Замечание. Используя потребности, остатки, с/к, три вида заделов и три вида опережения, рассмотрено 8 вычислительных технологий планирования и управления. Их количество удвоилось при разбиении месяца на подпериоды и еще раз удвоилось при рассмотрении м/к. Итого, выше рассмотрено 32 технологии.

3. Задания, заделы и объемы партий производства

Есть несколько вопросов вычислительной технологии планирования и управления мало связанных или вовсе не связанных с с/к и м/к. Поэтому они выделены в отдельный раздел.

3.1. Дополнительные задания

При большой разнице в модификациях машин часто требуется выдать дополнительное задание цехам на товар планируемый на одни или несколько суток. В этих алгоритмах не участвуют нормативные заделы и опережения. Речь идет о «сиюминутном» планировании. Все ресурсы «подтягиваются» под конкретный товар. Эти задания значительно меньше суточных заданий, т.к. не предусматривается восстановление заделов.

Пусть требуется выдать дополнительное задание на товар – $\{t_g(r, s)\}$, тогда потребность в предметах труда ($u_g(r, a, \underline{a})$) рассчитывается аналогично плановой

$$\{u_g(r, a, \underline{a})\} = M \{R\{t_g(r, s)\}\}.$$

ПТ ушедшие в фактический товар на дату планирования рассмотрены в пункте 1.2 – $w(r, a, \underline{a})$. Учет остатков на начало месяца зависит от системы.

Таким образом, дополнительное задание ($n_g(r, a, \underline{a})$) рассчитывается по формуле:

$$n_g(r, a, \underline{a}) = u_g(r, a, \underline{a}) + w(r, a, \underline{a}) - b(r, a, \underline{a}) - o(r, a, \underline{a}).$$

Ход выполнения ведется по отклонениям суточного выпуска от этого задания.

3.2. Плавное восстановление заделов

В ранее рассмотренных системах при регулировании производства требовалось немедленное восстановление заделов. Это легко, если на начало месяца остаток не меньше нормативного задела. В противном случае возможно регулирование предусматривающее восстановление заделов в течении месяца. Ниже рассматриваются варианты суточных заданий только для случая: $h() - o(r, a, \underline{a}) > 0$.

Расчет у/к/с и у/к/м восстановления для систем с заделами, с подпериодами и без них одинаков:

$$y_q^c(r, a, \underline{a}) = \frac{h() - o(r, a, \underline{a})}{C}, \quad y_q^m(r, a, \underline{a}) = \frac{h() - o(r, a, \underline{a})}{M}.$$

Расчет у/к/с и у/к/м восстановления для систем с опережениями, с подпериодами и без них тоже одинаков:

$$y_q^c(r, a, \underline{a}) = \frac{h_z^c(r, a, \underline{a}) - o(r, a, \underline{a})}{C}, \quad y_q^m(r, a, \underline{a}) = \frac{h_z^m(r, a, \underline{a}) - o(r, a, \underline{a})}{M}.$$

Системы с остатками, заделами или опережениями имеют суточное планирование в виде:

$$\hat{n}^c(r, a, \underline{a}) = (y^c(r, a, \underline{a}) + y_q^c(r, a, \underline{a})) \times (c + 1) - b(r, a, \underline{a}),$$

$$\hat{n}^m(r, a, \underline{a}) = (y^m(r, a, \underline{a}) + y_q^m(r, a, \underline{a})) \times m(c + 1) - b(r, a, \underline{a}).$$

Системы с остатками, заделами или опережениями и подпериодами имеют суточное планирование в виде:

$$\hat{n}^c(r, a, \underline{a}) = y^c(r, a, \underline{a}, d(c + 1)) + \sum_{i=1}^{d(c)} u(r, a, \underline{a}, i) - y^c(r, a, \underline{a}, d(c)) \times (c(d(c)) - c) + y_q^c(r, a, \underline{a}) \times (c + 1) - b(r, a, \underline{a}),$$

$$\hat{n}^m(r, a, \underline{a}) = y^m(r, a, \underline{a}, d(c + 1)) \times [m(c + 1) - m(c)] + \sum_{i=1}^{d(c)} u(r, a, \underline{a}, i) - y^m(r, a, \underline{a}, d(c)) \times (m(c(d(c))) - m(c)) + y_q^m(r, a, \underline{a}) \times m(c + 1) - b(r, a, \underline{a}).$$

3.3. Учет объема партии производства

Месячные планы и суточные задания межцеховых передач обозначались с различными индексами и без них. Для дальнейшего рассмотрения, не меняя самих значений плана и задания, все индексы отбрасываются, т.е. остаются: $n(r, a, \underline{a})$, $\hat{n}(r, a, \underline{a})$. План производства на месяц и задание на сутки получают соответственно из межцеховых передач суммированием по цехам (складам) получателям:

$$n(r, a) = \sum_{\underline{a}} n(r, a, \underline{a}), \quad \hat{n}(r, a) = \sum_{\underline{a}} \hat{n}(r, a, \underline{a}).$$

Чем дальше цех от сборочного конвейера, тем существенней учет объема партии производства. Так в прессово-штамповых и кузнечных цехах невозможно работать малыми партиями: дорога наладка и велика номенклатура.

Имеет смысл задаться объемами минимальных партий производства по адресам $p(a)$, а также по адресам и обозначениям ПТ - $p(r, a)$. Определять объемы минимальных партий только по обозначениям ПТ бессмысленно. Два вида минимальных партий сводятся к одному представлению функции - $p()$.

В этих обозначениях месячный план производства будет рассчитываться по алгоритму:

$$n(r, a) = \begin{cases} n(r, a), & \text{если } n(r, a) \geq p() \\ p() & , \text{если } n(r, a) < p(). \end{cases}$$

Замечание. Дополнительное задание это третья часть в каждой системе планирования и управления после месячного плана и регулирования, поэтому оно не увеличивает число рассмотренных вариантов. Систем с плавным восстановлением заделов 24 варианта (3 – с заделами, 3 – с опережениями, в с/к и м/к – 12, с подпериодами и без). С рассмотренными в пунктах 1 и 2 их – 56. Учет партии производства рассмотрен в двух вариантах. Итого, 168 вариантов различных систем.

4. Непрерывное планирование

Система непрерывного планирования рассмотрена в этой работе, как идеал, который позволит вводить различные метрики на системах планирования.

Пусть k_0 – текущая дата в рабочем календаре (измеряется, например: год, месяц, число), тогда дата как переменная величина

$$k \in \{\dots, k_0 - 1, k_0, k_0 + 1, \dots\}.$$

Товар запланированный к выпуску в дату k_i есть $\{t(r, s, k_i)\}$. В этих обозначениях потребность в ПТ на этот товар равна

$$\{u(r, a, \underline{a}, k_i)\} = M\{R\{t(r, s, k_i)\}\},$$

где k_i для всех записей временной базы потребности одно и тоже равно дате выпуска товара. Для каждого обозначения и пары цехов определено опережение $z()$, что дает возможность построить непрерывный план межцеховых передач по выпуску вышеуказанного товара:

$$\hat{n}(r, a, \underline{a}, k) = Z[u(r, a, \underline{a}, k_i); z(r, a, \underline{a})],$$

где $k = k_i - z(r, a, \underline{a})$, а $\hat{n}(r, a, \underline{a}, k) = u(r, a, \underline{a}, k_i)$.

Процедура Z каждую запись базы потребности переводит в запись базы непрерывного плана, проставляя дату межцеховой передачи соответствующего ПТ.

В структуре непрерывного плана межцеховых передач по выпуску суточного товара построен общий непрерывный план межцеховых передач ПТ – $(n(r, a, \underline{a}, k))$. Он получается слиянием самого себя по состоянию предшествующих суток ($k_0 - 1$) с ежедневно формируемым в текущие (k_0) сутки планом – $\hat{n}(r, a, \underline{a}, k)$ и исключением из него сделанных и переданных ПТ за текущие (k_0) сутки – $\hat{b}(r, a, \underline{a})$:

$$n(r, a, \underline{a}, k) \Leftarrow n(r, a, \underline{a}, k) + \hat{n}(r, a, \underline{a}, k) - \hat{b}(r, a, \underline{a}),$$

где (r, a, \underline{a}, k) – ключ слияния. Если в общей базе непрерывного плана нет соответствующей записи для суточного плана, то последняя добавляется в общую базу. Исключение сделанных единиц начинается с ранних дат. Двойная стрелка обозначает такое слияние.

При идеально заданных опережениях этот план идеален.

Список литературы

- [1] Горнев В.Ф., Емельянов В.В., Овсяников М.В. Оперативное управление в ГПС. М.: Машиностроение, 1990.
- [2] Владовский И.М. Автоматизация управления на предприятии. Барнаул: Алтайское книжное издательство, 1974.
- [3] Кнут Д.Е. Искусство программирования на ЭВМ. М.: Мир, 1978. Т.3.
- [4] Зубок И.Г. Информационная теория оперативного управления опытными производствами. Новосибирск: Наука, 1985.