

**УДК 621.003: 658.523**

Клепцов Александр Алексеевич, доцент, к.т.н.  
(КузГТУ, г. Кемерово)

**ПЛАНИРОВАНИЕ ЗАПУСКА ИЗДЕЛИЙ В УСЛОВИЯХ  
РЕМОНТНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

**PLANNING START UP PARTS UNDER CONDITIONS  
OF REPAIR PRODUCTION**

Представлена методика оптимизации оперативно-технического планирования мелкосерийного и единичного производства, направленная на формирование оптимальных планов запуска в производство продукции.

The method for optimization of operational planning mechanical-assembly small-serial production is presented. This method is intended for form of optimal plans of start up production.

Значительная часть предприятий машиностроения характеризуется единичным или мелкосерийным типом производства в сочетании с многономенклатурностью производственного плана и малой повторяемостью выпускаемых изделий. В этих условиях очень важно оптимально распределить производство изделий в планируемом периоде.

Сущность оперативно-технического планирования в наибольшей мере отражает такой критерий оптимальности, как минимизация длительности выполнения плана, или суммарного времени межоперационного пролеживания деталей (изделий) [1].

Действительно, поиск оптимального плана – это сведение к минимуму не столько простого оборудования (рабочих мест), сколько времени, в течение которого детали (изделия) ожидают обработки (сборки). Сведение к минимуму пролеживания обеспечивается расчетом такого пооперационного распределения обработки деталей (изделий), при котором наилучшим образом синхронизируется длительность технологических операций и повышается загрузка оборудования.

В рассматриваемой модели объектом планирования принято изделие, а планово-учетной единицей – технологическая операция. На стадии оперативно-технического планирования определяются сроки запуска-выпуска каждого изделия по выбранным для данного производственного участка операциям.

Количество и состав операций определяются по каждому цеху (участку) с учетом действующей на предприятии технологии.

Решение задачи определения очередности запуска изделий в производство сводится к отысканию такого оптимального варианта

последовательности запуска изделий в производство, при котором суммарное время пролеживания деталей (изделий) перед обработкой будет минимальным.

Введем обозначения:  $q_e^c$ ,  $q_e^m$ ,  $q_e^3$  – сроки выпуска изделий соответственно в сборочном, механическом и заготовительном цехах;  $q_3^c$ ,  $q_3^m$ ,  $q_3^3$  – сроки запуска изделий соответственно в сборочном, механическом и заготовительном цехах. Зная время изготовления изделий в каждом из цехов и срок выпуска этого изделия в любом из них, определяем все остальные значения сроков запуска-выпуска.

Приняв за исходную величину срок выпуска изделия в сборочном цехе  $q_e^c$ , получаем все значения сроков:

$$\begin{aligned} q_{3j}^c &= q_{e_j}^c - \sum_{i=1}^I t_{um-\kappa_{i,j}}^c - \sum_{i=1}^I \delta_{i,j}^c; \\ q_{e_j}^m &= q_{3j}^c; q_{3j}^m = q_{e_j}^m - \sum_{i=1}^I t_{um-\kappa_{i,j}}^m - \sum_{i=1}^I \delta_{i,j}^m; \\ q_{e_j}^3 &= q_{3j}^m; q_{3j}^3 = q_{e_j}^3 - \sum_{i=1}^I t_{um-\kappa_{i,j}}^3 - \sum_{i=1}^I \delta_{i,j}^3. \end{aligned}$$

Здесь  $j$  – номер детали, изделия, заготовки;  $i$  – номер операции обработки детали, сборки изделия, получения заготовки;  $t_{um-\kappa_{i,j}}^c$ ,  $t_{um-\kappa_{i,j}}^m$ ,  $t_{um-\kappa_{i,j}}^3$  – нормы штучно-калькуляционного времени по операциям сборки изделий, обработки деталей, получения заготовок;  $\delta_{i,j}^c$ ;  $\delta_{i,j}^m$ ,  $\delta_{i,j}^3$  – время межоперационного транспортирования, пролеживания изделий, деталей, заготовок, непроизводительные потери времени.

Производственный цикл изготовления изделия  $C$  определяется выражением

$$C = q_e^c - q_3^3.$$

Величины  $\delta_{i,j}$  для каждого из участков находятся путем построения календарного плана-графика обработки изделия в соответствующем цехе, основанного на оптимальной последовательности запуска.

Сроки запуска-выпуска изделий по операциям в сборочном цехе определяются путем последовательного перехода от предыдущей операции к последующей. Срок запуска первого изделия в сборочном цехе всегда может быть задан. На основании сопоставления суточной реально возможной длительности работы на  $i$ -й операции с расчетной длительностью изготовления данного изделия определяются даты конца и начала  $i$ -й операции для последующего изделия. При переходе к выполнению последующих операций предполагается, что окончание  $i$ -й операции  $i$ -го изделия совпадает с началом обработки на  $(i+1)$ -й операции  $j$ -го изделия при условии готовности рабочего места по  $(i+1)$ -й операции.

При этом возможны три варианта:

1.  $t_{um-\kappa_{i,j}} = t_{um-\kappa_{(i+1),(j-1)}}$ ;
2.  $t_{um-\kappa_{i,j}} > t_{um-\kappa_{(i+1),(j-1)}}$ ;
3.  $t_{um-\kappa_{i,j}} < t_{um-\kappa_{(i+1),(j-1)}}$ .

В первых двух случаях к моменту начала  $(i + 1)$ -й операции  $j$ -го изделия рабочее место готово. В третьем случае готовность рабочего места определяется окончанием  $(i + 1)$ -й операции  $(j - 1)$ -го изделия.

Тогда для определения сроков запуска-выпуска в сборочном цехе справедливы следующие соотношения:

- при  $t_{\text{шт-к}_{i,j}} \geq t_{\text{шт-к}_{(i+1),(j-1)}}$   $q_{3(i+1),(j-1)}^c = q_{B_{i,j}}^c$ ;
- при  $t_{\text{шт-к}_{i,j}} < t_{\text{шт-к}_{(i+1),(j-1)}}$   $q_{3(i+1),j}^c = q_{B_{(i+1),(j-1)}}^c$ .

При наличии нескольких рабочих мест (станок, сборочный стенд) для выполнения операций выбираются места с наиболее производительным оборудованием.

Для планирования сроков запуска-выпуска деталей в механическом цехе целесообразно произвести группирование оборудования по типам и технологическим характеристикам. Группирование оборудования позволяет представить технологический маршрут обработки изделия как параллельно-последовательный переход от одной группы оборудования к другой. Основное различие методов построения графика запуска-выпуска на сборочном и механическом участках состоит в том, что на механическом участке расчет ведется с последнего изделия из очередности и с последней операции обработки. При этом принимается во внимание возможность начала последующей операции раньше, чем закончится предыдущая, в зависимости от размера партии деталей.

На рис. 1 показан график по шкале времени запуска-выпуска изделия по двум группам оборудования и шести операциям. Первая группа оборудования включает четыре операции токарной обработки (с 1-й по 4-ю), вторая группа – две операции фрезерования плоскостей (операции 5 и 6).

Задается срок выпуска изделий в сборочном цехе, определяется срок выпуска изделий в механическом цехе.

Срок запуска изделия по второй группе оборудования:

$$q_{3_6,j}^M = q_{B_{6,j}}^M - t_{\text{шт-к}_{6,j}};$$

$$q_{3_5,j}^M = q_{B_{5,j}}^M - t_{\text{шт-к}_{5,j}}.$$

Из значений  $q_{3_6,j}^M$  и  $q_{3_5,j}^M$  выбирается минимальное, например  $q_{3_6,j}^M$ .

Срок начала изготовления изделий первой группой оборудования устанавливается из сопоставления длительности каждой из операций по этой группе оборудования и длительности операции по второй группе с минимальным сроком запуска, т.е.  $q_{3_6,j}^M$ .

В случае, когда предшествующая операция короче шестой операции, время начала выполнения ее меньше времени начала шестой операции на отрезок, равный интервалу транспортировки и времени изготовления партии деталей.

При условии, что предшествующая операция оказывается длиннее шестой операции, время окончания ее следует сместить влево от времени

окончания шестой операции на отрезок, равный интервалу транспортирования и времени изготовления партии деталей.

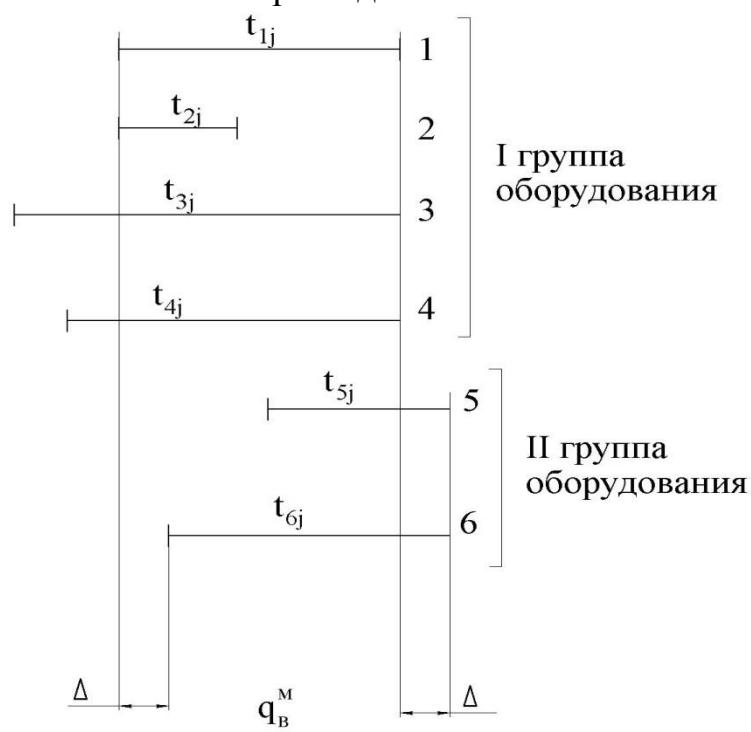


Рис. 1 Пример составления графика запуска-выпуска изделия

Таким образом, зная длительность выполнения операций и время выпуска деталей в механическом цехе, можно определить срок запуска обработки деталей по операциям, используя зависимость

$$q_{3i,j}^M = q_{B,i,j}^M - t_{шт-к_{i,j}}.$$

При известном времени запуска изделий срок выпуска определяется выражением

$$q_{B,i,j}^M = q_{3i,j}^M + t_{шт-к_{i,j}}.$$

При необходимости учета технологической привязки рассматриваемой операции к определенному рабочему месту, сравнивается время ее окончания с готовностью рабочего места к выполнению следующей операции. Это значит, что величина  $q_{B,i,j}^M$  для изделия  $j$  сравнивается с величиной  $q_{3i,(j+1)}^M$  для следующего изделия  $(j+1)$ . При этом, если  $q_{B,i,j}^M < q_{3i,(j+1)}^M$ , величина  $q_{3i,(j+1)}^M$  принимается как срок выпуска  $j$ -го изделия по  $i$ -й операции; если  $q_{B,i,j}^M \geq q_{3i,(j+1)}^M$  производится сдвиг вправо срока выпуска  $(j+1)$ -го изделия по  $i$ -й операции на величину, связанную с готовностью места, тогда  $q_{3i,(j+1)}^M = q_B^M$ .

Сроки запуска-выпуска изделий по заготовительным операциям определяются аналогично расчету этих сроков по операциям механической обработки.

Предложенная методика была реализована в виде компьютерной программы. Для получения исходной информации использовалась электронная база технологических процессов Кемеровского филиала ОАО «Сибирьэнергомонт» ОАО «Кузбассэнерго». Выходная информация включает в себя обозначения сборочных единиц и входящих в них деталей, календарные сроки запуска в производство и выпуска сборочной единицы, сроки запуска в производство и выпуска деталей, входящих в сборочную единицу, разряды работ, трудоемкость и коэффициенты загрузки оборудования по каждой операции и группе оборудования. В настоящее время методика проходит апробацию на указанном предприятии.

#### Список литературы

1. Свищевский П.В. Применение экономико-математических методов и/или моделей для оптимизации логистической системы распределения товаров. – М.: Лаборатория книги, 2012.
2. Остапенко, И.И. Преимущества и особенности оперативного управления. – М.: Лаборатория книги, 2012.