

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 простоя 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: $q_{\varepsilon}^c, q_{\varepsilon}^m, q_{\varepsilon}^3$ – 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_{ε}^c , получаем все значения сроков:

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

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

$$C = q_{\varepsilon}^c - q_3^3.$$

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:

$$\begin{aligned} & \text{– при } t_{\text{шт-к}_{i,j}} \geq t_{\text{шт-к}_{(i+1),(j-1)}} \quad q_{z(i+1),(j-1)}^c = q_{v_{i,j}}^c; \\ & \text{– при } t_{\text{шт-к}_{i,j}} < t_{\text{шт-к}_{(i+1),(j-1)}} \quad q_{z(i+1),j}^c = q_{v_{(i+1),(j-1)}}^c. \end{aligned}$$

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:

$$\begin{aligned} q_{z6,j}^M &= q_{v6,j}^M - t_{\text{шт-к}_{6,j}}; \\ q_{z5,j}^M &= q_{v5,j}^M - t_{\text{шт-к}_{5,j}}. \end{aligned}$$

Из значений $q_{z6,j}^M$ и $q_{z5,j}^M$ выбирается минимальное, например $q_{z6,j}^M$.

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. $q_{z6,j}^M$.

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.

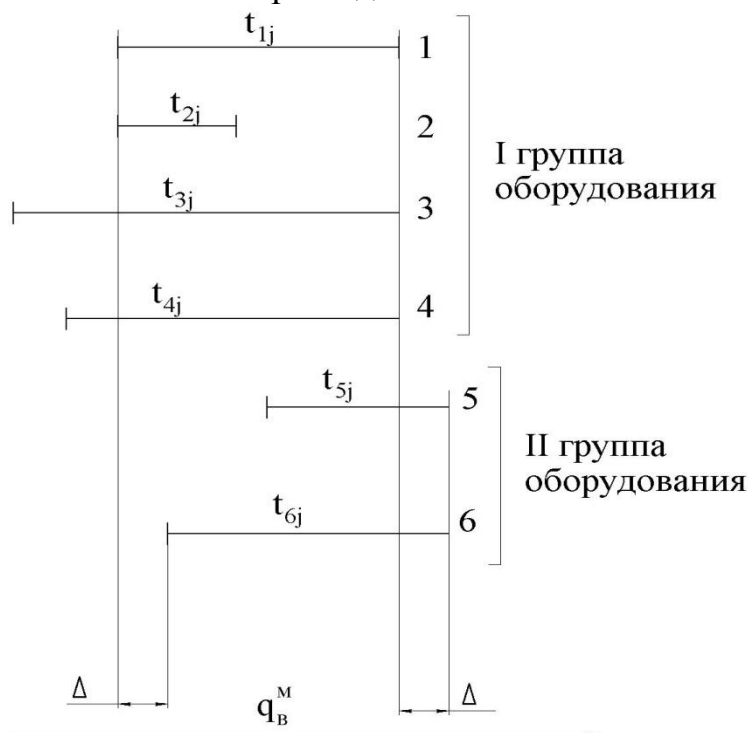


Рис. 1 Пример составления графика запуска-выпуска изделия

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 $q_{3i,(j+1)}^M = q_{B,i,j}^M$.

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 «Сибирьэнергоремонт» 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. Свирщевский 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.