

ОПЕРАТИВНО-КАЛЕНДАРНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ РАБОТЫ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ ЦЕХОВ

*Ю. В. Шагаев, Н. Т. Куценко, Г. А. Веремей,
А. Г. Светличная*

Харьков

Техническая революция на современном этапе характеризуется непрерывным совершенствованием существующих конструкций, заменой морально устаревших более прогрессивными, появлением принципиально новых технологических решений, форм организации и управления производством.

Рассматривая промышленное предприятие как отдельное подразделение отрасли и всего народного хозяйства в целом, следует остановиться на роли его инструментального хозяйства в решении поставленных перед ним производственных задач. Одной из них является выполнение директивных сроков освоения в производстве новых видов изделия, что полностью зависит от своевременного изготовления необходимого количества специального вида оснастки. Не менее важная задача — обеспечение оснасткой основных производственных цехов и создание при этом нормальных условий для выполнения операций технологического процесса по изготовлению продукции. Увеличение оснащенности производства, как правило, определяет также рост производительности труда и снижение себестоимости выпускаемой продукции.

Авторы ряда работ об организации и планировании ввиду большой номенклатуры и сравнительно редкой повторяемости заказов относят инструментальное производство к единичному, автоматически перенося на него присущие единичному производству методы организации и планирования. При этом не учитываются весьма важные, на наш взгляд, особенности, которые оказывают существенное влияние на эффективность используемых методов. Особенности эти заключаются в следующем.

1. Плановое задание на очередной календарный период окончательно формируется примерно за 2—3 дня до его начала, что практически не оставляет времени для глубокого анализа и выбора наилучшего решения.

2. Ввиду того, что плановые задания набираются по укрупненным нормативам (проверяется соответствие суммарной трудоемкости планируемых заказов общей мощности инструментального цеха), отсутствует возможность довести плановое задание по отдельным деталям до каждого рабочего места в рамках планируемого промежутка времени. А это, как показывает опыт работы инструментальных цехов ряда промышленных предприятий, приводит к тому, что коэффициент использования оборудования во времени обычно не превышает 45—55%.

3. Различны требования к выполнению отдельных позиций портфеля

заказов инструментального цеха. Так, при технической подготовке производства нового изделия необходимым условием является прежде всего комплектное изготовление оснастки к определенному директивному сроку. Но при этом появляются бесконечные дополнительные «срочные» заказы, часто нарушающие ритм работы цеха.

Перечисленные особенности работы инструментального цеха делают необходимой разработку принципиально новых методов оперативного планирования, основанных на широком использовании математического моделирования и современных вычислительных средств. Предлагается следующая общая формулировка задачи оперативно-календарного планирования в инструментальном производстве.

План-график производства оснастки должен состоять из максимально возможного количества позиций, подлежащих изготовлению в планируемом периоде при условии:

а) минимальной длительности производственного цикла для отдельных «срочных» и всех планируемых заказов;

б) максимального использования эффективного рабочего времени рабочих всех специальностей, а также технологического оборудования;

в) учета возможных задержек в выполнении отдельных заказов или операций ввиду отсутствия необходимых материалов или занятости оборудования выполнением другого заказа;

г) простоты контроля за ходом изготовления оснастки на протяжении планируемого периода и в случае необходимости быстрого нахождения приемлемого решения при изменившихся производственных условиях.

Постановка задачи. В инструментальный цех промышленного предприятия к началу планируемого периода поступает m заказов.

$\mathcal{Z}_i$ ($i = 1, 2, 3, \dots, m$), каждый из которых состоит из n_{ij} деталей D_i ($j = 1, 2, 3, \dots, n_{ij}$). Для выполнения заказов необходимо провести комплекс из P технологических операций O_{ip} ($p = 1, 2, 3, \dots, q$). Любая операция выполняется до момента ее окончания на данном из рабочих мест C_{pk} ($k = 1, 2, \dots, l$).

Обозначим через t_{ip}^0 и t'_{ip} момент начала и окончания операции O_{ip} , тогда

$$t'_{ip} = t_{ip}^0 + T_{ip}, \quad (1)$$

где T_{ip} — трудоемкость выполнения операции O_{ip} .

В начальный момент времени планируемого периода по различным причинам не все заказы готовы к выполнению. Например, для изготовления некоторых деталей заказа нет необходимого материала.

Момент времени V_{ij} , начиная с которого деталь D_{ij} (для всех j) заказа $\mathcal{Z}_i$ может быть запущена в производство, назовем сроком готовности детали. Очевидно, что для него всегда выполняется условие

$$V_{ij} \leq t_{ij}^0. \quad (2)$$

Момент времени $B_{pk}(O_{ip})$, начиная с которого рабочее место C_{pk} готово к выполнению операции O_{ip} , назовем временем готовности рабочего места. Тогда при планировании выполнения операций на отдельных рабочих местах должно выполняться условие

$$t_{ip}^0 \geq B_{pk}(O_{ip}). \quad (3)$$

Наличие директивных сроков изготовления отдельных заказов предполагает введение следующего ограничения

$$\max_{i,q} t'_{iq} \leq P_i. \quad (4)$$

где $\max_{iq} t'_{iq}$ — момент выполнения последней технологической операции в общем комплексе операций по изготовлению i -го изделия;
 P_i — директивный срок выполнения i -го заказа.

Величину

$$L_i = \max \{ 0, \max_{iq} t_{iq} - P_i \} \quad (5)$$

назовем общей задержкой выполнения заказа.

Если, исходя из условий ограничения по имеющимся ресурсам, нельзя удовлетворить условие (4), то, естественно, целью решения задачи является минимизация задержки Z_i .

В зависимости от конкретной производственной ситуации вся номенклатура портфеля заказов инструментального цеха подразделяется на ряд категорий: заказы аварийные, срочные и обычные. Такое деление позволяет установить определенные правила приоритета в последовательности их выполнения, уменьшая при этом количество возможных вариантов очередности запуска заказов в производство. Категория срочности заказа определяется «степенью напряженности работ» (η)

$$\eta = \frac{Q_i}{P_i - P_0}, \quad (6)$$

где Q_i — общая трудоемкость выполнения i -го заказа;

P_0 — предполагаемая (или возможная) дата начала его выполнения.

Приоритет заказов с примерно равной степенью срочности определяется по отношению

$$\lambda_i = \frac{\sum_j T'_{ij}}{\sum_j T^2_{ij}}, \quad (7)$$

где T'_{ij} — общая трудоемкость первых по технологическому маршруту $\frac{n_{ij}}{2}$ операций детали D_{ij} ;

T^2_{ij} — трудоемкость остальных операций.

Предпочтение отдается заказам с меньшим λ_i . Такое правило позволяет более равномерно разгрузить оборудование, используемое на завершающем этапе изготовления изделий.

Таким образом, общим условием задач по оперативно-календарному планированию работы инструментального цеха следует считать: достижение минимума длительности цикла изготовления оснастки как по отдельным заказам, так и по заранее оговариваемым комплектам при максимальном использовании имеющихся в наличии ресурсов. Искомые параметры определяются при следующих исходных данных:

а) составе и количественной характеристике имеющихся в наличии ресурсов на планируемый календарный промежуток времени;

б) технологическом маршруте и трудоемкости по каждой детали операции T_{ijp} ;

в) времени готовности деталей V_{ij} ;

г) директивном сроке завершения заказа P_i .

Реализация программы по расчету оперативно-календарных графиков работы инструментальных цехов дает возможность проделать следующее.

1. Просчитать портфель заказов по инструментальному цеху для определения сроков окончания работ по всем заказам ($\max_{iq} t'_{iq}$). Это необходимо осуществлять, так как длительность цикла изготовления

оснастки в общей своей массе обычно больше планируемого календарного периода времени, и срок выполнения заказа выходит за его пределы. Поэтому необходимо проверить выполнение условия (4). В случае, если это условие по каким-либо причинам не выполняется, принимается решение об изменении категории заказа либо подчинение его выполнению условия (5).

При таком просчете сроки выполнения заказов определяются ориентировочно, так как непрерывно меняется производственная ситуация.

2. Выделить задания на планируемый период (обычно месяц) с размещением выполнения отдельных операций по разным заказам во времени с максимально возможным использованием ресурсов при минимальной длительности цикла как отдельных срочных заказов, так и комплектного их выполнения при технической подготовке производства.

3. Создать план-график с выведением на печать для каждого рабочего места на период в пять дней (при пятидневной рабочей неделе) со сроками начала (t_{ijp}^0) и окончания (t_{ijp}') выполнения технологических операций всех i -ых заказов, выполняемых на протяжении рабочей недели.

4. Выделить в отдельный график сроки окончания t_{ijp}' по каждой из операций O_{ijp} для контроля диспетчерской службой цеха момента передачи изготовления детали оснастки с рабочего места выполнения производственной операции на последующее.

Сформированная таким образом программа предполагает наличие нормативов трудоемкости по каждой детали-операции всех заказов. В настоящее время в условиях работы инструментальных цехов используются укрупненные нормативы, характеризующие общую трудоемкость изготовления отдельной позиции плана без детализации ее по видам работ. Такого типа нормативы не отвечают целям поставленной задачи оперативно-календарного планирования. Необходимо их заменить подетальными нормативами, но это, в свою очередь, потребовало бы значительного увеличения трудоемкости работ по нормированию технологических процессов, что отрицательно сказалось бы на общей длительности цикла изготовления оснастки. Применение же эмпирических зависимостей, используемых в практике определения научно-обоснованных нормативов, в значительной степени усложнило бы машинную программу. В связи с этим для упрощения решения задачи приняты за основу несколько иные методы расчета подетальных норм, характеризующихся достаточно высокой точностью при сравнительной простоте их определения.

Каждая из деталей, изготавливаемая для какого-либо вида оснастки, отличается в разных конструкциях геометрическими формами и размерами, расположением отверстий, частотой и точностью обработки отдельных элементарных поверхностей и т. д. Казалось бы, на первый взгляд, существенное различие в геометрических формах деталей и конструктивном исполнении оснастки делают невозможным автоматическое формирование технологического процесса и норм на выполнение его операций. Это особенность прежде всего сложившихся условий индивидуального подхода к разработке технологии на каждую деталь любого заказа.

Конструктивные формы любой детали можно классифицировать совокупностью множества элементарных поверхностей (наружные и внутренние поверхности вращения, конические поверхности, плоскости и т. д., расположенные концентрично, параллельно или перпендикулярно оси детали), поэтому весь технологический процесс можно разложить на отдельные элементы, упорядоченная совокупность которых дает

полное описание состава законченной технологической операции. Таким образом, если существует полный список элементов трудовых действий, необходимых для осуществления всего возможного состава работ при изготовлении оснастки, то из этого перечня при определенных условиях выбора может быть составлен необходимый технологический процесс.

На первом этапе создания программы нормирования последовательность набора элементов операции технологического процесса реализуется технологом в таком порядке: из общего перечня элементов в соответствии с принятыми методами кодирования указывается последовательность выполнения трудовых приемов на рабочем месте через совокупность технологических элементов.

Упорядоченное расположение технологических элементов неполностью определяет технологический процесс. Необходимость исчисления затрат времени по каждой операции предопределяет назначение норм на выполнение каждого технологического элемента.

Поэлементные нормы времени для обрабатываемых поверхностей зависят от ряда факторов: геометрических форм, размеров обрабатываемого материала, точности обработки, характеристики процесса в целом. Вычисляются они по следующей зависимости:

$$t_s = k_1, k_2, \dots, k_l f(x_1^0, x_2^0, \dots, x_l^0) \alpha, \quad (8)$$

где: $k_1, k_2, \dots, k_l$ — коэффициенты, отражающие изменение нормативных затрат времени в зависимости от изменяющихся значений аргументов функции;

$f(x_1^0, x_2^0, \dots, x_l^0)$ — нормативные затраты времени на выполнение элементов технологического процесса при заданных фиксированных значениях аргумента;

α — коэффициент, отражающий конкретные условия работы инструментального цеха на данном промышленном предприятии.

Дальнейшее совершенствование алгоритма задачи по техническому нормированию будет связано с разработкой стандартных и типовых программ для упрощения и ускорения разработки и нормирования технологических процессов изготовления оснастки.