АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ОПЕРАТИВНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПЛАНИРОВАНИЯ В УСЛОВИЯХ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО ЦЕХА

А. Г. Светличная

Харьков

Внедрение в производство новейших достижений науки и техники способствует непрерывному совершенствованию конструкций выпускаемых изделий, технологических процессов, освоению большого количества новых заказов. Значительную роль в техническом прогрессе, ритмичной работе промышленного предприятия, росте выпускаемой продукции и снижении ее себестоимости играет инструментальное производство, призванное обеспечить производственный процесс всей необходимой оснасткой и инструментом. Поэтому механизация и автоматизация процессов управления инструментальным цехом является важной задачей в подсистеме технической подготовки производства.

От того, как будет спланирована работа инструментальных цехов, зависит цикл освоения и выпуска новых изделий. Система оперативно-производственного планирования в условиях инструментального цеха должна позволить осуществлять решения, которые бы обеспечивали выполнение производственного задания при наиболее эффективном использовании парка оборудования, производственных площадей и рабочего времени и наиболее удачном распределении планируемого объема по участкам с учетом их производственных мощностей.

На ход производственного процесса в инструментальном производстве влияет множество переменных факторов («срочные» заказы, состояние оборудования, квалификация исполнителей и т. д.). Заранее учесть все факторы практически невозможно, а значит, невозможно составить оптимальный оперативный план на длительный срок.

Оперативный план инструментального цеха должен отвечать конкретно сложившейся ситуации и разрабатываться непрерывно. В ходе производства в цехе обращается громадное количество различных заказов, сведений, сводок, отчетов, нарядов, сдаточных накладных и т. д. Достаточно сказать, что портфель заказов ежемесячно содержит до 1000 наименований позиций технологической оснастки. Если же учесть, что оперативное планирование должно предусматривать планирование, учет и контроль выполнения каждой детале-операции, то становится ясно, что переработать такой поток информации вручную практически невозможно.

Для обеспечения комплектного своевременного выпуска технологической оснастки при наиболее эффективном использовании

наличных производственных ресурсов, в первую очередь станочного парка, необходимо иметь динамичную систему оперативного планирования, которая управляла бы повседневно работой цеха и участков и реагировала бы на малейшие изменения факторов, могущих повлиять на дальнейший ход производства.

Автоматизированная система оперативно-производственного планирования для инструментального цеха построена на базе экономико-математических методов и электронно-вычислительных машин. Эта система предполагает расчет календарного плана-графика изготовления технологической оснастки и планирование каждой детале-операции оснастки с помощью картотеки очередности их выполнения. Система должна обеспечить объективное централизованное планирование; планирование сроков изготовления технологической оснастки с точностью до смены с учетом наилучшего использования оборудования в директивные сроки; ежедневное планирование и учет выполнения заданного плана по детале-операциям; ежедневный автоматизированный учет и анализ использования оборудования; оперативный анализ выполнения плана участками и цехом в целом.

Система осуществляет составление плана-графика изготовления оснастки по сменам с помощью ЭВМ, а также выдачу заданий исполнителям с помощью картотеки, в которой находятся наряды по детале-операциям по группам оборудования в порядке их выполнения без прямого обращения к ЭВМ. Принципиальная схема планирования и управления инструментальным производством по предлагаемой системе может быть описана следующим образом.

Отдел главного технолога на основании сроков освоения новых изделий в соответствии с графиком оснащения заказа выдает инструментальному отделу заказ на изготовление оснастки, при этом указывает директивные сроки ее изготовления. Календарный план-график по номенклатуре инструментальный отдел составляет с помощью ЭВМ. Для этого необходима следующая информация: номенклатура оснастки с указанием групп срочности; критические сроки изготовления оснастки; данные о действительном сменном фонде времени по каждой группе оборудования; данные по суммарной трудоемкости по группам взаимозаменяемого оборудования для каждого наименования оснастки.

ЭВМ выдает календарный план-график с указанием порядковых номеров смен изготовления каждого наименования технологической оснастки. Если оказывается, что не вся номенклатура может быть выполнена в заданные сроки в планируемом периоде из-за ограничения ресурсов, необходимо согласовать с инструментальным отделом, для какой оснастки можно перенести срок сдачи.

Составленный таким образом план-график выдается в виде табуляграммы. Он может дополняться заказами на доработки и ремонты за счет выделенного для этой цели фонда времени.

Периодически (например, раз в неделю) вычислительный центр анализирует пропускную способность отдельных групп оборудования. Одним из основных исходных документов для осуществления оперативного планирования является форма ИО-1, содержащая информацию: спецификация деталей, входящих в технологическую оснастку; технологический маршрут изготовления каждой детали по группам оборудования; пооперационные нормы времени.

Эта информация поступает из технологического бюро цеха в бюро технического нормирования. На основе полученных данных о трудоемкости каждой операции плановое бюро рассчитывает норматив опережения. Опережение k-й операции i-й детали относительно срока окончания механической обработки обозначим через Δ_i^k, опережение k-й операции i-й детали относительно последующей $(\kappa + 1)$-й операции через δ_i. Величина δ_i^k соответствует величине цикла выполнения операции. Величина Δ_i^k определяется по следующим правилам:

1) для детале-операций, по которым не предусматривается совместная обработка с другими деталями, $\Delta_i^k = \Delta_i^{k+1} + \delta_i^k$, при этом для последней n-й операции технологического маршрута $\Delta_i^{n+1} = 0$;

2) для детале-операций, по которым по технологическому маршруту предусмотрена совместная обработка с другими деталями

$$\Delta_i^k = \max\left(\Delta_{i_1}^{k_1+1}, \ \ldots \ \Delta_{i_s}^{k_s+1}\right) + \delta_i^k.$$

Заполненная форма ИО-1 поступает к оператору планового бюро, который вычисляет суммарную трудоемкость по каждой технологической оснастке в разрезе групп оборудования. Эти данные заносятся в форму ИО-2 и передаются на ВЦ. После получения от ВЦ плана-графика с указанными номерами смен выпуска оснастки и имеющегося опережения по каждой детале-операции определяется номер смены запуска детале-операций в производство. Эти номера смен записываются в наряд и указывают на приоритет запуска детале-операций.

Наряды раскладываются в ячейки картотеки по группам оборудования в порядке выполнения их по сменам. Эта картотека дает наглядную отсортированную информацию, необходимую для пооперационного планирования.

В порядке установленной очередности планировщик участка набирает сменное задание каждой группе оборудования. После выполнения работы наряд закрывается БТК и передается в плановое бюро для отметки о выполненной работе в форме ИО-1.

В конце смены закрытые наряды передаются на ВЦ, где ведется учет выполненных работ за каждую смену по группам оборудования, использованной зарплаты и других показателей, характеризующих работу участка за смену.

Математическое описание задачи оперативно-календарного планирования для инструментального цеха

Ставится задача разработать календарный план-график сроков сдачи технологической оснастки по каждому наименованию. Этот график должен обеспечить изготовление оснастки в установленные сроки при равномерной загрузке оборудования на всех отрезках планируемого периода. Эта задача содержит в себе большой объем вычислительных работ, и решить ее вручную не представляется возможным.

Предлагаемая система внутрицехового оперативно-календарного планирования инструментального производства предусматривает реализацию этой задачи на ЭВМ «Минск—22». На магнитной ленте ЭВМ по каждой позиции портфеля заказов инструментального цеха имеется информация о суммарной трудоемкости невыполненных работ по группам оборудования. Эта информация периодически корректируется по ходу выполнения работ и поступления новых заказов.

Кроме суммарной трудоемкости по группам оборудования необходимо иметь номенклатурный график изготовления технологической оснастки по группам срочности, исходя из требований основного производства. В зависимости от конкретной производственной ситуации вся номенклатура инструментального цеха может быть разделена на три группы срочности: заказы аварийные; заказы срочные; заказы обычные.

Такое деление позволяет установить правила приоритета в последовательности выполнения заказов. Внутри групп срочности приоритет выполнения отдельных позиций устанавливают исходя из условий оптимального использования оборудования.

Принимая во внимание особенности инструментального производства, поставленную задачу предлагаем решить следующим образом. Введем обозначения:

a_{ij} — оставшаяся трудоемкость j-го заказа по i-й группе оборудования;

Π_i — действительный фонд времени по i-й группе оборудования;

C_j — общая трудоемкость механической обработки по j-у заказу.

Так как цех располагает определенным ресурсом времени оборудования, должно выполняться следующее условие:

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + a_{13}x_3 + \ldots + a_{1m}x_n \leqslant \Pi_1;$$

$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + a_{23}x_3 + \ldots + a_{2m}x_n \leqslant \Pi_2; \qquad (1)$$
$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$
$$a_{n1}x_1 + a_{n2}x_2 + a_{n3}x_3 + \ldots + a_{nm}x_n \leqslant \Pi_n,$$

где x_j — переменная величина, которая принимает значение $x_j = 1$, если заказ включен в план-график, и $x_j = 0$, если заказ не включен в план-график.

Если бы ставилась задача максимизировать загрузку оборудования только при указанных ограничениях, получилась бы задача целочисленного линейного программирования с целевой функцией $Z = \max \Sigma C_j x_j$.

Но в условиях инструментального производства следует учитывать требования изготовления каждого наименования технологической оснастки в определенные сроки. Это условие можно выполнить, преобразовав целевую функцию.

Номенклатурный график изготовления оснастки, как говорилось, разбит на три группы срочности — заказы аварийные, срочные и обычные. Для каждой группы срочности введен свой весовой коэффициент K. Так, для заказов первой группы срочности $K_1 = 1$; для второй группы срочности $K_2 < K_1 < 1$; для третьей $K_3 < K_2$.

Абсолютные значения коэффициентов K_2 и K_3 устанавливаются в процессе внедрения системы на основании конкретных данных. С учетом этих коэффициентов целевая функция примет вид

$$Z_1 = \max \left(K_1 \sum_{j \in I_1} C_j x_j + K_2 \sum_{j \in I_2} C_j x_j + K_3 \sum_{j \in I_3} C_j x_j \right),$$

где I_1, I_2, I_3 — множества заказов 1, 2, 3-й групп срочности соответственно, или

$$Z_1 = \max \Sigma \tilde{C}_j x_j, \text{ где } \tilde{C}_j = K_j C_j.$$

В результате решения задачи с такой целевой функцией получим план-график инструментального цеха с учетом выполнения заказов в директивные сроки при условии, что пропускная способность цеха позволяет их выполнить. В противном случае для некоторых позиций могут возникнуть отклонения.

Вопрос о переносе сроков для отдельных позиций решается плановым бюро инструментального отдела с учетом сложившейся производственной ситуации.

Принимая во внимание перечисленные особенности, предлагаем динамическую модель решения задачи.

Алгоритм решения

Последовательно из всего портфеля заказов выбираем те заказы, которые наилучшим образом загружают оборудование, и назначаем для них сроки. Условие (1) перепишем в следующем виде:

$$b_{11}x_1 + b_{12}x_2 + b_{13}x_3 + \ldots + b_{1m}x_n \leqslant b_1^{(1)},$$
$$b_{21}x_1 + b_{22}x_2 + b_{23}x_3 + \ldots + b_{2m}x_n \leqslant b_2^{(1)};$$
$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$
$$b_{n1}x_1 + b_{n2}x_2 + b_{n3}x_3 + \ldots + b_{nm}x_n \leqslant b_n^{(1)},$$

где

$$b_{ij} = \frac{a_{ij}}{\Pi_j},\ b_i^{(1)} = 1.$$

1. Находим

$$\max_j \left(\min_i \frac{b_i}{b_{ij}} \cdot \tilde{C}_j \right). \qquad (2)$$

Позиция номенклатурного графика, соответствующая номеру j_0, для которой достигается максимум выражения (2), включается в план-график как первоочередная.

2. Рассчитываем оставшуюся часть фонда времени по группам оборудования

$$b_i^{(k)} = b_i^{(k-1)} - b_{ij_0}, \qquad (3)$$

индекс k обозначает номер шага.

3. После включения в план-график k заказов по 1-й группе оборудования израсходована часть фонда, равная $(1 - b_i^{(k)})$. Определяем $\max(1 - b_i^{(k)})$. Обозначим $\max(1 - b_i^{(k)})$ через $t^{(k)}$.

По этой величине можно установить момент времени, когда j_0-заказ обеспечен ресурсом оборудования.

При оперативном планировании и управлении инструментальным производством удобнее оперировать временем, выраженным в сменах. Если предположить, что в планируемом периоде n смен, то порядковый номер смены (момент времени обеспечения j-го заказа ресурсом) можно выразить следующим образом:

$$N_{\text{смены}} = [t^{(k)}n] + 1.$$

В предложенной модели фонд времени выделяется непрерывно. В действительности же он распределяется по частям в интервале времени, равном максимальному опережению детале-операций (максимальное опережение по детале-операции определяет цикл механической обработки заказа в целом). Поэтому к

моменту времени обеспечения заказа ресурсом оборудования добавляем величину, равную 0,5 максимального опережения детале-операции. Таким образом, получен планируемый срок сдачи технологической оснастки.

4. Для оставшихся позиций номенклатурного плана решается задача, аналогичная изложенной, до исчерпания ресурса по одной из групп оборудования. В результате получаем календарный план-график выхода оснастки из механической обработки.

Если учесть время на выполнение сборочных операций, можно получить календарный план-график изготовления и сдачи оснастки.

Необходимо заметить, что при решении задачи по изложенному алгоритму проводятся вычисления по формуле (2) столько раз, сколько позиций оснастки включено в номенклатурный план-график. В условиях инструментального производства с достаточно большим количеством позиций по номенклатуре это довольно трудоемкая задача. Но если учесть, что трудоемкости одного заказа b_{ij} по отношению к общему фонду времени, которым располагает оборудование, небольшие, то $b_i^{(k)}$ будет отличаться от $B_i^{(k-1)}$ на незначительную величину.

Основываясь на этом, можно на каждом шаге определять не один заказ, а несколько, которые своей трудоемкостью лучшим образом выравнивают ресурс времени по оборудованию. Это осуществляется следующим образом:

1) для каждого заказа (из еще распределенных заказов номенклатурного списка) определяется величина

$$\lambda_j = \min \frac{b_i}{b_{ij}} \tilde{C}_i;$$

2) упорядочиваются λ_j в порядке убывания их значений;

3) начиная с максимального по трудоемкости набирается группа заказов, общая трудоемкость которых примерно равна дневному фонду времени оборудования;

4) заказы, которые вошли в эту группу, включаются в план-график как первоочередные.

В результате решения получаем календарный план-график изготовления технологической оснастки, предусматривающей наилучшее использование наличных производственных мощностей цеха. Эффект данной системы можно охарактеризовать качественно.

Предлагаемая система позволяет на базе проведения оперативных плановых расчетов обеспечить ритмичную работу инструментального цеха и за счет этого повысить выпуск товарной продукции и сократить цикл изготовления оснастки; обеспечивая равномерную и полную загрузку оборудования, наилучшим образом использовать в каждый момент производственные фонды и трудовые ресурсы; повысить оперативность в принятии

решений при своевременном контроле и учете; снизить объем незавершенного производства, а следовательно, улучшить использование оборотных фондов; освободить начальника цеха и мастеров от большого объема работ по планированию, учету и контролю за прохождением оснастки, что позволит им уделять больше внимания решению технических вопросов, а значит, и качественно улучшить управление; проводить на базе обработанной информации анализ работы инструментального цеха, необходимый для оптимального планирования и прогнозирования, а также для принятия решений по расшивке «узких мест» и улучшения работы участков.

ЗАДАЧИ И ФУНКЦИИ СЛУЖБ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА В УСЛОВИЯХ АСУП

К. Д. Коноваленко
Харьков

Автоматизированная система управления предприятием (АСУП) представляет собой единую управляющую систему, использующую единый комплекс технических средств программного аппарата и схем функционирования, предназначенный для повышения эффективности управления предприятием путем совершенствования информационного обеспечения, оптимального планирования и синхронизации хода производства. Она предполагает активное участие человека в процессе управления. Именно человек принимает окончательные решения на основе оценки различных расчетных вариантов и при этом учитывает имеющиеся в его распоряжении дополнительные данные.

Так же, как и при обычных методах функции управления в АСУП состоят из ряда задач, которые должны быть решены для организации нормального протекания производственного процесса. Во-первых, управление подразделяется на управление технической подготовкой производства и управление производственным процессом.

Управление технической подготовкой производства подразделяется, в свою очередь, на управление конструкторской и технологической подготовкой и производством инструмента. Управление производственным процессом подразделяется на технико-экономическое планирование, оперативно-производственное планирование, материально-техническое снабжение и учет.

Техническая подготовка производства как в обычных условиях, так и в условиях АСУП, обязана подготовить все необходимое для обеспечения производственного процесса и управления им.