

**ОБ ОДНОМ ЭВРИСТИЧЕСКОМ АЛГОРИТМЕ СОСТАВЛЕНИЯ  
РАСПИСАНИЯ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ**

Ю. Н. ЕФИМОВ, В. М. РЕЙДЕР

(Представлена научным семинаром УВЛ)

Технический прогресс до настоящего времени отмечался в основном в области широкой автоматизации отдельных участков производства и совершенствовании технологических процессов.

При этом развитие науки управления производством резко отставало от потребностей производства. Эта, наметившаяся особенно в последнее время, диспропорция в развитии народного хозяйства между техническим прогрессом в сфере производства и уровнем научной организации труда на производстве, является серьезным тормозом на пути дальнейшего развития социалистической экономики. Большие резервы в развитии производства имеются в сфере оперативного календарного планирования. Мелкосерийное и единичное производство является наиболее сложным с точки зрения организации оперативного планирования и управления. Волевой подход к решению этой задачи конечно не является наилучшим. При 50 ÷ 60 различных по своей структуре заказов, из которых каждый включает в себя изготовление порядка 600 различных наименований деталей и, если каждая деталь проходит в среднем 6 ÷ 8 операций механической обработки, то ежемесячно вводится в производство объем работы, насчитывающий 300 тысяч деталей-операций [1]. Другая особенность оперативно-календарного планирования, характерная для мелкосерийного и единичного типа производства с относительно большим циклом изготовления, заключается в том, что при определении загрузки оборудования и построения планов необходимо распределять объемы работ по каждому подразделению производства в определенной календарной последовательности. Поэтому одним из основных требований к оперативному планированию и управлению производством является распределение объемов работ в определенной календарной последовательности с учетом оптимальной и равномерной загрузки оборудования на протяжении всего периода изготовления заказов.

Важной особенностью мелкосерийного и единичного производства является то, что постоянно в изготовлении находятся тысячи деталей с различными технологическими маршрутами. Своевременное поступление их на сборку должно быть обеспечено с минимальными экономическими потерями.

В настоящее время нет строгих математических решений для задач формирования планов. Попытки использовать линейное программирование не дают, как правило, ощутимых результатов вследствие нецело-

численных решений, большой величины матрицы и длительности расчета [1]. Поэтому для решения подобных задач предлагаются различные эвристические алгоритмы. Понятно, что строго оптимальных решений они не дают, тем не менее результаты решений достаточно близко подходят к оптимальным.

Ниже приводится эвристический алгоритм составления оптимального расписания работ участка или цеха, имеющего  $m$  станков, на которых обрабатываются  $n$  типов деталей. В ряде публикаций [2, 3] приводятся различные эвристические алгоритмы построения оптимальных расписаний работ, в которых функцией цели рассматривается минимизация простоя оборудования. Поскольку цех (участок), для которого составляется расписание работ, является неразрывным звеном в системе производства, в основу построения календарного графика должна быть положена функция цели, минимизирующая отклонения от заданных сроков подачи деталей на последующий участок или цех. Минимизация простоев оборудования при этом, хотя и является важной, однако менее существенна, чем изготовление продукции к заданному сроку.

Исходными элементами для решения задачи являются заданные — время запуска деталей (партий деталей) в данный цех  $t_3$ , время выпуска деталей  $t_B$ , количество деталей, поступающих на обработку с индивидуальными маршрутными картами  $n$ , фонд оборудования  $m$  станков данного производственного подразделения. Задача решается для случая, когда в каждый тип оборудования входит лишь один станок. Обозначим через  $j$  детали, поступающие на обработку. В маршрутных картах деталей приведены операции  $i$  обработки деталей, время обработки  $j$ -й детали на  $i$ -й операции  $\tau_{ij}^{op}$  и время настройки ее на каждую  $i$ -ю операцию  $t_{ij}^n$ . Через  $p$  обозначим число операций  $j$ -й детали.

Разработанный эвристический алгоритм основывается на следующих основных моментах.

1. Исходя из заданных времен запуска и выпуска детали (партий деталей), подлежащих обработке в данном цехе, определяется функция предпочтения

$$\tau_{рез} = (t_B - t_3) - T_m - t_{пр}, \quad (1)$$

где  $t_{пр}$  — время простоя детали перед очередной операцией;

$T_m$  — время обработки детали в цеху определяется:

$$T_m = \sum_{i=1}^p (\tau_{ij}^{op} + t_{ji}^n). \quad (2)$$

В начальный момент времени  $t_{пр}$  равно нулю. Очевидно, эта функция определяет степень срочности изготовления  $j$ -й детали. По мере прохождения детали в данном цехе  $\tau_{рез}$  непрерывно уменьшается за счет пролеживания деталей между операциями ввиду занятости оборудования.

2. Из всех маршрутных карт деталей выбираются их начальные операции и привязываются к соответствующему оборудованию. В случае нескольких претендентов среди деталей на данный тип оборудования первоочередность обработки устанавливается по правилу предпочтения — минимальному значению  $\tau_{рез}$  детали. Таким образом осуществляется привязка всех имеющихся деталей к наличному фонду оборудования. Оставшиеся детали заносятся в список претендентов на соответствующий тип оборудования.

3. Среди всех запущенных на обработку деталей определяется деталь, имеющая минимальное время обработки на данном станке, которое определяется

$$\tau_{j \min} = \min_{j \in n} (\tau_{ji}^{op} + t_{ji}^n).$$

На отрезке времени от начала запуска деталей на обработку производится изменение  $\tau_{рез}$  для претендентов и времени операции для обрабатываемых деталей:

для претендентов  $\tau_{рез} := \tau_{рез} - \tau_{j \min}$ ,

для обрабатываемых деталей  $\tau_{ji}^{on} = \tau_{ji}^{on} - \tau_{j \min}$ .

4. Оцениваются претенденты на освободившееся оборудование и деталь с минимальным значением функции предпочтения привязывается к данному типу оборудования. Из списка претендентов она вычеркивается.

5. Для детали, прошедшей обработку на  $i$ -й операции, анализируется  $i+1$ -я операция. Отыскивается тип оборудования для  $i+1$ -й операции; если оборудование свободно, осуществляется привязка данной детали к найденному типу оборудования. Если оборудование занято, производится сравнение по предпочтительному признаку  $\tau_{рез}$  с учетом времени окончания обработки детали на занятом типе оборудования. Очевидно, не всегда целесообразно снимать деталь с оборудования, если она близка к окончанию обработки, даже в случае ее  $\tau_{рез}$  больше, нежели у претендента. Оценка осуществляется сравнением величин

$$k t_{ji}^H < \tau_{ji}^{on},$$

где  $k$  — коэффициент. Деталь снимается в том случае, если оставшееся время обработки больше  $kt_{ji}^H$ . Понятно, что с увеличением коэффициента  $k$  вероятность снятия необработанной детали с оборудования уменьшается. При  $k$ , стремящемся к бесконечности, эта вероятность стремится к нулю. На следующем этапе работы алгоритма снова просматриваются все запущенные в производство детали, отыскивается деталь с минимальным временем обработки и так продолжается до расстановки всех деталей по всем операциям.

Если в полученном расписании обработки деталей некоторые детали не укладываются в заданное время  $t = t_b - t_3$ , то уменьшением коэффициента  $k$  можно, изменив составленное расписание, разместить обработку всех деталей в заданное время. При этом соответственно возрастет суммарное время занятости оборудования, поскольку каждая замена неотработанной детали на оборудовании увеличивает суммарное время обработки всех деталей на величину времени настройки  $t_{ji}^H$   $j$ -й детали на  $i$ -ю операцию. Если обозначить через  $j$  число замен необработанных деталей, то величина суммарного времени занятости оборудования примет вид

$$T = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^p (\tau_{ji}^{on} + t_{ji}^H) + \sum_{k=1}^f t_k^H.$$

В качестве функции предпочтения при установлении очередности запуска детали в решаемой задаче принимался резерв времени, которым располагала каждая деталь. В принципе возможен выбор любого другого критерия, в функции которого может устанавливаться очередность запуска деталей.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. С. А. Думлер, Р. С. Седегов, Л. П. Карп. Система оперативного управления с использованием СПМ и ЭВМ на предприятиях единичного и мелкосерийного производства. Автоматизированные системы управления. под ред. С. А. Думлера, Минск, 1965.

2. В. Н. Резниченко. Решение одной задачи теории расписаний эвристическим методом. Труды семинара «Алгоритмизация производственных процессов». АН УССР, вып. I, Киев, 1968.

3. В. В. Шкурба. Вычислительные схемы решения задач теории расписания. «Кибернетика», № 3, М., 1965.