

ЗАМЕТКИ И ПИСЬМА

К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НОРМАТИВОВ ДЛИТЕЛЬНОСТЕЙ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЦИКЛОВ

В. М. ПОРТУГАЛ, А. И. СЕМЕНОВ

(Москва, Горький)

Решение задач оперативного управления связано с необходимостью использования различных видов информации, особенно нормативной. Это объясняется тем, что она облегчает расчет оперативного плана и повышает его технико-экономическое обоснование. Надежное и устойчивое функционирование системы оперативного управления предполагает хорошо организованную и постоянно совершенствующуюся нормативную базу. Для того чтобы правильно рассчитать календарное движение производства и осуществлять его регулирование, нужно располагать точными данными о маршруте движения деталей, необходимых затратах времени на их изготовление, возможностях производительности используемых в производстве машин и оборудования и т. п. Эти данные в подразделении оперативного управления поступают из соответствующих служб предприятия: технологические карты и технология — из отдела главного технолога, нормы времени на изготовление продукции — из отдела труда и заработной платы, данные о состоянии оборудования и сроках его ремонта — из отдела главного механика.

На основе этой информации создаются календарно-плановые нормативы. К наиболее важным из них относятся нормативы длительности производственных циклов изготовления деталей, узлов и изделий. В расчетах длительности производственных циклов основную трудность представляет получение значений величин межоперационного пролеживания каждой детали. Определение этих значений, как указано в [1, 2], возможно путем фактических замеров в конкретных условиях производства. В связи со значительной номенклатурой деталей, обрабатываемых в цехах, и мелкосерийным типом производства определение $t_{цк}$ проводится по определенным типовым представителям, а затем, после анализа и уточнения, эти результаты распространяются на группу однородных деталей. В принятых методах определения длительности производственных циклов обработки деталей содержится ряд существенных недостатков, ставящих под сомнение достоверность найденных значений длительностей. Кроме того, практика показывает, что найденные таким образом длительности циклов обработки деталей служат базой для расчетов длительности обработки циклов узлов и даже изделий, что приводит к накоплению ошибок и, следовательно, к искажению нормативных данных. Это вызывает ухудшение качества плановых заданий. Другой недостаток принятых методов формирования нормативов производственных циклов в том, что существующие методики не в полной мере учитывают возможность параллельной обработки деталей. Наиболее существенный недостаток, на наш взгляд, следующий.

Определенная по существующим методикам длительность межоперационного пролеживания $t_{мо}$ может быть представлена в виде двух составляющих: $t_{мо} = t_{р.мо} + t_n$, где $t_{р.мо}$ — регламентированное время межоперационного пролеживания (пролеживание, связанное с занятостью необходимого оборудования); t_n — время потерь (несвоевременная подача заготовок, отсутствие технической документации, поломка станка и инструмента и т. д.). Включение t_n в норматив длительности неправомерно, однако при существующей методике неизбежно. В ранг норматива вводятся существующие недостатки организации производства. Доля t_n в нормативе длительности обычно бывает весьма существенной. Предлагаемый метод определения длительности циклов изготовления деталей, узлов изделий ликвидирует некоторые из перечисленных недостатков, хотя и содержит упрощенные модели производства.

При современном уровне технического нормирования получение норм времени обработки деталей производится с большой степенью достоверности. В связи с ис-

пользованием электронно-вычислительной техники в планировании и развитием формальных методов календарного планирования — теории расписаний — имеется возможность составления календарных графиков обработки деталей, близких к оптимальным. В этих графиках время межоперационного пролеживания деталей содержит только компоненту $t_{p.мо}$. Таким образом появляется принципиальная возможность научно обоснованного нахождения нормативов длительности изготовления деталей. Описанная задача формализуется следующим образом.

В план участка включено m партий одинаковых деталей (в дальнейшем о партии будет говориться просто как о детали). Для каждой детали задана технология обработки F_i , $i = 1, 2, \dots, m$, которая состоит из операций f_{ij} , $j = 1, 2, \dots, j_{oi}$, $f = 1, 2, \dots, n$ — номер группы оборудования, имеющегося на участке. Каждая группа состоит из p_j эквивалентных единиц; j_{oi} — количество операций, необходимое для изготовления i -й детали. Каждой операции f_{ij} сопоставлено $t_{ij} > 0$ — время выполнения операции f_{ij} .

Расписанием назовем $m \times \max_i j_{oi}$ матрицу $G = \|g_{ij}\|$, элементами которой являются календарные времена начал (или концов) выполнения всех операций (недостающие элементы — нули). Расписание должно удовлетворять следующим ограничениям:

- 1) на одной единице оборудования одновременно не может обрабатываться больше одной детали;
- 2) каждая деталь обрабатывается на одной единице оборудования;
- 3) если обработка детали на станке начинается, она продолжается до окончания операции;
- 4) последующая операция начинается после полного завершения предыдущей.

В качестве критерия оптимальности принимается минимизация общего времени завершения всех работ по изготовлению деталей.

При решении данной задачи можно применить методы нахождения близких к оптимальным решений больших задач [3]. По составленному расписанию нетрудно определить длительность изготовления каждой партии деталей, которую в плановых расчетах можно принимать в качестве нормативной длительности цикла обработки. Определенный норматив свободен от ряда недостатков, упомянутых выше. Для получения нормативов длительности изготовления узлов или изделий необходимо рассмотреть следующую модель.

Требуется изготовить m изделий, причем каждое должно пройти в определенной последовательности некоторые или все имеющиеся n подразделений. Последовательность прохождения каждого изделия по подразделениям задается.

Назовем работой обработку i -го изделия, $i = 1, 2, \dots, m$, в f -м подразделении, $f = 1, 2, \dots, n$. Для i -й работы, $j = 1, 2, \dots, j_{oi}$, задается: f_{ij} — подразделение, в котором выполняется работа; t_{ij} — длительность выполнения работы; t_{ij} — трудоемкость работы.

По каждому подразделению задается мощность p_j (фонд времени работы подразделения); по каждому изделию — сроки запуска τ_i и директивные сроки выпуска τ_i . (Если директивные сроки выпуска не заданы, в качестве τ_i принимается конец планируемого периода.) Требуется составить календарный график выполнения всех работ. При этом накладываются следующие ограничения:

- 1) все сроки запуска и выпуска соблюдаются;
- 2) в каждый момент времени загрузка любого оборудования не превышает его мощности;
- 3) начатая работа не должна прерываться до полного завершения;
- 4) последующая работа начинается после полного завершения предыдущей.

Условие 3) эквивалентно тому, что дробление партии не допускается.

Поставленная задача является задачей теории расписаний и может рассматриваться как обобщение задачи планирования работы участка. Действительно, то ограничение, что на одном станке может одновременно обрабатываться лишь одна деталь, справедливо для модели «детали — станки». Однако если мы рассматриваем не детали, а изделия, операция «токарная обработка», к примеру, означает изготовление комплекта деталей для данного изделия и вполне может осуществляться на нескольких рабочих местах. В этом случае кроме длительности каждой операции t_{ij}^1 должно задаваться и количество рабочих мест p_{ij} , на которых исполняется работа, или, что более традиционно для производства, — трудоемкость операции t_{ij}^2 . Трудоемкость, длительность и количество станков связаны: $p_{ij} = t_{ij}^1 / t_{ij}^2$, и достаточно задавать любые две из них. В случае «детали — станки» $t_{ij}^2 = t_{ij}^1$ численно, $p_{ij} = 1$. Однако для большинства видов производства необходимо еще одно обобщение.

Ограничение 4) определяет, что технологическая последовательность изготовления изделия представляет собой цепь, каждая операция в которой начинает выполняться не ранее чем окончится предыдущая. Но в реальных условиях зачастую изготовление изделия может проходить параллельно в нескольких подразделениях. К примеру, изготовление наладок для механической обработки может осуществляться

одновременно с изготовлением литя и поковок и т. д. Для такого производства ограничение 4) неприемлемо. Естественным обобщением является представление технологии изготовления изделия в виде сетевого графика T_i . Таким образом мы приходим к задаче многосетевого планирования с ограничениями по ресурсам.

Поставленная задача — задача на поиск допустимого решения. При ее решении возможен случай, когда нет ни одного допустимого решения из-за того, что исходные данные для задачи формируются методами объемного планирования, которое не учитывает технологических порядков изготовления изделий. Объемное соответствие трудоемкости изделий имеющимся мощностям не означает того, что существует график, удовлетворяющий всем ограничениям. Когда в реальном производстве сталкиваются с такой ситуацией, то, поскольку план необходимо выполнять, проводят ряд организационно-технических мероприятий по увеличению мощности имеющегося оборудования, производительности труда, сменности работы. Возникает задача: минимизировать стоимость этих организационно-технических мероприятий, необходимых для выполнения плана. Другой выход из создающегося положения — нарушение сроков выпуска. В этом случае задача сводится к минимизации суммы штрафов за нарушение сроков выпуска. В переводе на язык нашей модели это означает:

1) для заданных $\{\|t_{ij}^1\|, \|t_{ij}^2\|, \tau, \bar{\tau}, \{T_i\}, \|f_{ij}\|\}$ найти такой набор оборудования $p^{\min} = (p_1^{\min}, p_2^{\min}, \dots, p_n^{\min})$, чтобы существовало допустимое расписание G и

чтобы $\sum_{j=1}^n c_j p_j^{\min} = \min_p \sum_{j=1}^n c_j p_j$ по всем $p \geq p^0$, где p^0 — имеющийся набор оборудования;

c_j — стоимость увеличения мощности j -го оборудования на единицу;

2) для заданных $\{\|t_{ij}^1\|, \|t_{ij}\|, \{T_i\}, \|f_{ij}\|, \tau, p^0\}$ найти такой набор сроков выпуска $\bar{\tau}^{\min}$, чтобы существовало допустимое расписание и $\sum_{j=1}^m c_j \bar{\tau}_j = \min_{\bar{\tau}} \sum_{j=1}^m c_j \bar{\tau}_j'$,

$\tau \geq \bar{\tau}$; $\bar{\tau}^0$ — заданный набор сроков выпуска; c_j — штраф за нарушение j -го срока выпуска за единицу времени.

Описанная задача может решаться методами многосетевого планирования [4] либо теории расписаний [5]. Для задачи планирования изготовления узлов нормативы длительности изготовления деталей берутся из плана их изготовления. По составленному план-графику изготовления узлов определяется длительность изготовления всех узлов, которая в плановых расчетах следующего уровня планирования (изготовление изделий) принимается в качестве норматива. Далее решается задача планирования изготовления изделия, в результате решения которой определяется календарно-плановый норматив длительности изготовления изделий. Таким образом имеем набор необходимых нормативов для планирования производства.

В условиях мелкосерийного производства с частой сменяемостью производимой продукции статистическое определение нормативов длительности для каждого вновь запускаемого изделия практически невозможно. Использование для этих целей предложенных методов на базе ЭВМ значительно сокращает трудоемкость расчетов и позволяет получить необходимые нормативы в приемлемые сроки.

Изложенный подход к расчету нормативов длительности производственного цикла не исчерпывает всей сложной задачи определения научно обоснованных календарно-плановых нормативов. Однако в условиях развивающейся автоматизации управления он достаточно перспективен.

ЛИТЕРАТУРА

1. К. Г. Тетевосов. Основы оперативно-производственного планирования на машиностроительном предприятии. М. — Л., «Машиностроение», 1965.
2. Г. Слущкий, А. Семенов. Применение ЭВМ для нормирования труда. Соц. труд, 1965, № 2.
3. Э. Е. Альперович, В. М. Португал. Автоматизация планирования работы участка мелкосерийного производства. В сб. Автоматизированные системы управления предприятиями. М., 1969 (ЦЭМИ АН СССР).
4. Л. Я. Лейфман. Об одной задаче распределения ресурсов в сетевом планировании. Докл. АН СССР, 1967, т. 175, № 1, 2.
5. В. М. Португал. Автоматизация укрупненного общезаводского планирования мелкосерийного производства. В сб. [3].

Поступила в редакцию
25 IX 1970