

УДК 512.25/26+519.3:330.115

ОПТИМАЛЬНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ
ПРОГРАММЫ ЗАВОДОВ СЕРИЙНОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ

В. В. ТИТОВ

Рассмотрим модель оптимального планирования производства.

ЗАДАЧА А. Максимизировать

$$L_i(x) = \sum_{i=1}^M \zeta_i x_i \quad (1)$$

при условиях:

$$\sum_{i=1}^M a_{ij} x_i \leq A_j, \quad j=1, \dots, N, \quad (2)$$

$$\underline{b}_i \leq x_i \leq \bar{b}_i, \quad i=1, \dots, M, \quad (3)$$

$$x_i \geq 0, \quad i=1, \dots, M, \quad (4)$$

где ζ_i - оптовая цена i -го изделия; a_{ij} - нормативные затраты j -го фактора производства на i -е изделие; A_j - допустимые затраты j -го фактора производства в данном плановом периоде; \underline{b}_i (\bar{b}_i) - обязательный план (максимально допустимый) выпуска i -го изделия в данном плановом периоде; x_i - количество изделий " i ", подлежащих выпуску в данном плановом периоде.

Эта модель может быть использована для определения оптимальной производственной программы на любой плановый период.

Решение задачи А позволяет наиболее полно и равномерно загрузить оборудование производственных цехов, получить максимум товарной продукции при ограничениях на выпуск продукции в указанных границах на данный плановый период.

Результаты решения задачи А позволяют проводить такой анализ производства, [1,2] который при обычных методах планирования не проводился. Решение задачи А дает качественно новые технико-

экономические показатели: объективно обусловленные (о.о.) оценки изделий и оборудования. О.о. оценка оборудования означает, что при увеличении эффективного фонда времени работы данной группы оборудования на единицу времени можно увеличить выпуск товарной продукции на величину о.о. оценки (прокатной оценки) данного оборудования. О.о. оценка изделия означает, что включение в план дополнительной единицы данного изделия дает увеличение (уменьшение) выпуска товарной продукции на величину о.о. оценки данного изделия. О.о. оценки могут быть использованы не только для технико-экономических расчетов, но и для анализа устойчивости модели по отношению к изменениям исходных данных.

Практическое использование модели А обычно затрудняется большим количеством ограничений (2). Поэтому целесообразно оставлять в модели только те ограничения, которые соответствуют лимитирующим (дефицитным) факторам производства.

Расчеты по модели А проводились на базе Новосибирского инструментального завода (по программе для ЭВМ [3]). Как показали результаты этих расчетов, модель А может успешно применяться в практике заводского планирования.

Однако модель А не учитывает выполнение некоторых технико-экономических показателей предприятия. Одним из них является выполнение плана по себестоимости, т.е. по затратам на рубль товарной продукции. Выполнение этого показателя заставляет предприятие соблюдать более точно номенклатуру выпускаемых изделий.

Пусть для данного планового периода, для которого рассчитывается оптимальная производственная программа $X=(x_i)$, запланированы следующие показатели: β - затраты на рубль товарной продукции; c_i - себестоимость i -го изделия ($i = 1, 2, \dots$

M). Считается, что программа производства обеспечивает выполнение плана по себестоимости, если

$$\frac{\sum_{i=1}^M c_i x_i}{\sum_{i=1}^M U_i x_i} = \beta, \quad (5)$$

иначе

$$\sum_{i=1}^M (\beta U_i - c_i) x_i = 0. \quad (6)$$

Для того чтобы выполнить план по себестоимости, к модели А добавляем условие (6). Получается

ЗАДАЧА Б. Максимизировать

$$L_2(x) = \sum_{i=1}^M U_i x_i \quad (7)$$

при условиях:

$$\sum_i (\beta c_i - c_i) x_i = 0, \quad (8)$$

$$\sum_j a_{ij} x_i \leq A_j, \quad (9)$$

$$\underline{b}_i \leq x_i \leq \bar{b}_i, \quad (10)$$

$$x_i \geq 0. \quad (11)$$

Если учесть, что имеются еще и непланируемые затраты Z (брак и т.п.), величину которых можно предусмотреть на опыте предыдущих периодов работы предприятия, то условие (8) в задаче Б нужно заменить так :

$$\sum_i (\beta c_i - c_i) x_i = Z, \quad (12)$$

т.е. мы должны получить дополнительную сверхплановую прибыль на покрытие непланируемых расходов.

Как показывают практические расчеты, задача Б может успешно применяться в оптимальном планировании производства.

При решении задачи Б получаем объективно обусловленную оценку (о.о. оценки изделий и группы оборудования сохраняют тот же смысл, что и в задаче А) для ограничения (8). Если оценка положительна, то планирование получения дополнительной единицы сверхплановой прибыли повлечет за собой увеличение выпуска товарной продукции на величину о.о. оценки. Если о.о. оценка для условия (8) отрицательна, то планирование получения дополнительной прибыли повлечет за собой уменьшение выпуска товарной продукции, т.е. дальнейшее снижение затрат на рубль товарной продукции при сохранении тех же пропорции номенклатуры выпуска изделий невозможно без снижения себестоимости продукции.

Ясно, что $L_2(x) < L_1(x)$, но, как показывают практические расчеты, это различие небольшое и оно тем меньше, чем лучше оптовые цены на изделия отражают затраты на их производство на данном предприятии.

Включение соотношения (6) в задачу А не затрудняет ее решения, но применение модели Б дает возможность более гибко и качественно планировать производство.

Теперь рассмотрим вопрос распределения производственной программы по планируемым периодам (по месяцам, кварталам).

Распределить производственный план можно различными способами. Воспользуемся моделью Б для определения месячной

(или квартальной) программы. В большинстве случаев предприятие не выпускает в один месяц продукцию по всей номенклатуре, поэтому приходится рассчитывать оптимальный план не по всей номенклатуре изделий, а только для тех изделий, которые входят в месячный план, составленный производственным отделом завода. При неоднократном применении модели B для последующих плановых периодов мы будем получать месячные планы производства, довольно различные по объему товарной продукции и загрузке оборудования, т.к. модель B (или A) не решает вопрос — какую продукцию выпускать в тот или иной период (это не относится к продукции, которая идет каждый месяц).

Для распределения производственной программы (например, квартальной программы по месяцам) можно использовать измененную модель B (или A). Поставим ограничения на переменные $x_i \leq b_i$, где b_i — квартальная программа по i -му изделию. Считаем, что квартальная программа составлена по всей номенклатуре изделий. Отсюда при решении новой задачи на первый месяц квартала месячная программа будет выбираться относительно всей квартальной программы, а некоторые $x_i > b_i$ войдут в оптимальный план как обязательный выпуск данных изделий в данный плановый период. В этом случае уже нет необходимости полагать заранее какие-то переменные равными нулю: это мы получим уже при решении задачи. При определении оптимальной программы второго месяца нужно учесть выпуск первого месяца, т.е. ограничения на переменные должны учитывать, что часть квартальной программы уже выполнена. Составляя ограничения для плана третьего месяца квартала, нужно учитывать выпуск продукции в первых двух месяцах, ставить условия, обеспечивающие выполнение квартального плана по номенклатуре изделий.

Ясно, что при распределении программы таким образом мы будем иметь месячные программы, которые очень отличаются по товарному объему продукции. Правда, ограничение (8) в задаче B сглаживает эту разницу, но она останется, т.к. очень отличаются ограничения на переменные по месяцам. Для первого месяца будет определен план с товарным выпуском, превышающим товарный объем плана выпуска продукции на второй месяц, тем более плана на третий месяц.

Наилучшие результаты при распределении квартальной программы по месяцам (годовой программы по кварталам) дает следующая модель B .

$$\text{Максимизировать} \quad \sum_{k=1}^3 \sum_{i=1}^M C_i x_i^k \quad (13)$$

при условиях:

$$\sum_K x_i^K > b_i, \quad K=1,2,3, \quad (I4)$$

$$\sum (\beta C_i - c_i) x_i^K = z^K, \quad (I5)$$

$$\sum a_{ij} x_i^K \leq A_j^K, \quad j=1,2,\dots,N, \quad (I6)$$

$$x_i^K \geq b_i^K, \quad (I7)$$

$$x_i^K \geq 0, \quad (I8)$$

где x_i^K - выпуск i -го изделия в K -й месяц квартала;
 b_i - обязательная программа по i -му изделию в данном квартале;
 b_i^K - обязательная программа (если это необходимо) по i -му изделию в K -м месяце; A_j^K - эффективный фонд времени работы j -й группы оборудования в K -ый плановый период или допустимые затраты других факторов производства; z^K - величина непланируемых затрат в K -й месяц.

Решение задачи B может быть осуществлено по программе на ЭВМ для задач линейного программирования с матрицами блочно-диагональной структуры.

Как показали практические расчеты,^{*} модель B может успешно применяться в практике производственного планирования. Такая модель обеспечивает равномерный выпуск товарной продукции, более полную и равномерную загрузку оборудования, выполнение плана по себестоимости, способствует увеличению производительности труда за счет специализации предприятия в отдельные месяцы квартала только по некоторым видам продукции (а не по всей номенклатуре изделий), что, в свою очередь, снижает время на переналадку оборудования и способствует дальнейшему росту выпуска товарной продукции.

Таким образом, система формирования оптимальной производственной программы может быть представлена так.

1. Рассчитывается годовая производственная программа по модели, аналогичной B ($K=1,2,3,4$), с одновременным распределением её по кварталам. В модели учитываются сроки выполнения заказов по кварталам и полугодиям.

2. Прежде чем использовать модель B для распределения программы первого квартала по месяцам, необходимо её проанализировать. Возможно, что выпуск какого-то изделия в одном из

^{*} Расчеты проводились на базе Новосибирского инструментального завода.

кварталов будет запланирован в незначительном количестве, т.е. меньше, чем минимально возможная партия запуска данного изделия в производстве. В этом случае выпуск этого изделия в данном квартале обязателен, но в незначительном количестве, то нужно увеличить партию выпуска до оптимальной партии запуска по этому изделию. Если такая корректировка квартального плана не может быть выполнена вручную, то может быть использована модель Б (или А).

Далее, квартальная программа разбивается по месяцам, для чего используется модель В. Учитывается обязательное выполнение заказов по месяцам.

3. Рассматривается производственный план текущего месяца планирования, полученный после распределения квартальной программы. Делается корректировка плана с учетом выполнения производственной программы в предыдущих периодах и изменения производственных условий. Если изменения существенные, то необходимо пересчитать план на текущий плановый период, используя модель Б (или А).

4. Снова возвращаемся к п.2 системы. Распределяется по месяцам производственная программа следующего квартала с учетом выполнения плана в предыдущие периоды, с учетом изменившихся производственных условий и плановых технико-экономических показателей предприятия.

В ходе производства возможны существенные изменения, которые не были учтены заранее. Например, изменение номенклатуры изделий, сроков выполнения заказов, производственных мощностей предприятия и т.п. В таких случаях необходима оперативная корректировка производственных планов, начиная с месячных программ и вплоть до пересчета распределения производственной программы на оставшиеся периоды планирования, исходя из новых условий производства.

Наиболее успешно могут быть использованы методы оптимального планирования при существовании нескольких технологических способов производства того или иного изделия. Например, какая-то операция детали (или вся деталь) может быть выполнена на другом предприятии (кооперация) или в другом цехе этого же завода. Решение задачи оптимального планирования покажет, выгодна ли кооперация и нужно ли её расширять.

В условиях новой системы планирования и экономического стимулирования предприятие будет оплачивать нарушение сроков выполнения заказов. В этом случае предприятие должно руковод-

ствоваться какой-то оптимальной стратегией планирования производства. Если нет возможности увеличить производственные мощности или найти другие пути для выполнения того или иного заказа к сроку, то нужно отодвинуть выполнение какой-то работы на более поздние сроки. Это требование в модели оптимального планирования легко учесть. Например, если i -е изделие выполняется в срок, в k -ый период, то в линейный функционал (13) мы записываем значение $L_i^k = L_i$. Если i -е изделие будет выпускаться в $(k+1)$ -м периоде, т.е. нарушен срок выполнения заказа, то в линейном функционале (13) мы запишем значение $L_i^{k+1} = \varepsilon L_i$, где $\varepsilon < 1$, $(1 - \varepsilon) \cdot 100\%$ - процент отчислений. Будем иметь дополнительные ограничения типа:

$$x_i^k + x_i^{k+1} \geq b_i^k,$$

где b_i^k - объем заказа по i -му изделию, который должен быть выполнен в k -м плановом периоде; x_i^k - количество i -го изделия, которое подлежит выпуску в k -м плановом периоде.

Таким образом, система формирования оптимальной производственной программы предприятия с применением вычислительной техники и методов линейного программирования позволяет поставить планирование и организацию производства на более совершенную и более качественную основу.

Л и т е р а т у р а

1. Д. В. Канторович. Экономический расчет наилучшего использования ресурсов. Изд-во АН СССР, М. 1960.
2. В. В. Сурин, А. Е. Бахтин. Применение математических методов и ЭВМ при расчете и анализе оптимальной структуры годовой производственной программы предприятия с устойчивым серийным производством. - Математические модели и методы оптимального планирования. Изд-во "Наука Сиб. отд. АН СССР, Новосибирск, 1966.
3. Р. А. Звягина. Программа реализации на М-20 модифицированного симплекс-метода с узкоблочной матрицей. - Оптимальное планирование. Изд-во "Наука" Сиб. отд. АН СССР, Новосибирск, 1966, № 4.

Поступила в редакцию
20 мая 1968 года