**Шумаков И.П.**

# Анализ особенностей многономенклатурного производства и динамики спроса на продукцию предприятия

*В данной статье рассматривается анализ особенностей многономенклатурного производства и динамики спроса на продукцию предприятия. Приводится пример критического анализа методов и подходов формирования производственных программ в условиях изменения спроса. Приводится перечень параметров, необходимых для формирования производственной программы предприятия в условиях изменения спроса. А также рассматривается оптимальная производственная программа при условии наилучшего использования оборудования.*

*В результате анализа и моделирования рассматриваются задачи оптимизации, включающие целевую функцию, составленную из линейных и квадратичных слагаемых, и систему линейных ограничений, которые наиболее приближены к реальной ситуации.*

*Решение задачи реализуется с помощью квадратичного симплексного алгоритма*

В современных условиях требования к планированию на предприятиях обуславливаются усилением господства рыночной экономики, возрастанием колебаний объема и структуры спроса, резким ускорением темпов научно-технического прогресса в промышленном производстве. И, как следствие, непрерывно расширяется номенклатура выпускаемой продукции.

Расширяется номенклатура высокоэффективных узкоспециализированных видов техники, удовлетворяющей спрос ограниченного круга потребителей. По данным Федеральной службы государственной статистики (ФС ГС) по статистике количество видов и типоразмеров машин и оборудования, производимых в промышленности, в том числе и в машиностроении, каждые 10 лет удваивается. Сокращается период морального старения продукции. По зарубежным данным в XX столетии он уменьшается в среднем вдвое каждые 20-25 лет. В результате смена поколений машин в таких быстроразвивающихся отраслях, как станко- и приборостроение, электроника, электротехника происходит через 8-12 лет. Все это оказывает существенное влияние на систему планирования на производстве, поскольку быстрое увеличение количества номенклатуры влечет за собой резкое усложнение процесса формирования производственных программ.

Кроме этого следует отметить, по данным (ФС ГС), что свыше 99% номенклатуры продукции машиностроения изготовляется серийно.

1. Производство продукции автомобильной промышленности (тысяч штук)

| | 1995 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Троллейбусы, шт. | 340 | 498 | 657 | 493 | 376 | 369 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Грузовые автомобили | 142 | 184 | 173 | 173 | 193 | 200 |
| Легковые автомобили | 835 | 969 | 1022 | 981 | 1012 | 1110 |
| Автобусы | 39,8 | 54,0 | 56,5 | 66,7 | 76,2 | 75,7 |
| Мотоциклы и мотороллеры | 70,3 | 29,1 | 17,4 | 20,8 | 16,4 | 16,9 |

Анализ данных таблицы 1.1 приводит к двум выводам:

- структура российского рынка машиностроения претерпела серьезные изменения за последние 10 лет.
- производство грузовых и легковых автомобилей выросло в среднем на 73%.

Следовательно, в сложившейся ситуации предприятие должно большое внимание уделять вопросам формирования производственных программ, которые в свою очередь, должны учитывать имеющиеся ресурсы и их изменение, потребности рынка, а также заинтересованность предприятия в получении прибыли. В условиях многономенклатурного производства важно выбрать из перечня предполагаемой к выпуску продукции не только ту продукцию, которая выгодна предприятию, а ту, которая нужна потребительскому рынку. Очевидно, что после анализа многих факторов, влияющих на производственную программу, может быть сформировано несколько альтернатив производственных программ, из которых после согласования с потребителями и поставщиками, выбирается одна. Поэтому одной из важнейших задач совершенствования методов формирования производственных программ является взаимоувязка следующих характеристик производства, потребительского рынка и поставщиков сырья, материалов и комплектующих изделий:

- номенклатура продукции и ее характеристики;
- нормы расхода ресурсов на единицу продукции и их резервы на предприятии;
- предприятия-поставщики и их возможности относительно поставок сырья, материалов и комплектующих изделий;
- потребность рынка и ее изменение в продукции предприятия.

Критический анализ методов и подходов формирования производственных программ в условиях изменения спроса.

Для формирования производственной программы предприятия в условиях изменения спроса необходимо обладать следующей информацией: величина и периодичность изменения спроса, имеющиеся ресурсы предприятия и возможности их изменения.

Вначале рассматриваются подходы к решению задачи о формировании оптимальной производственной программы предприятия.

В литературе и на практике задача формирования оптимальной производственной программы предприятия сводится к следующей задаче математического программирования. Необходимо найти, какое количество $N_j\left(j=\overline{1,n}\right)$ изделий каждого наименования j должно выпускать предприятие за определенный период времени, чтобы целевая функция:

$$M=\sum_{k=1}^{n}K_rQ_r \quad (1.1)$$

достигала экстремального минимального или максимального значения при следующих ограничениях:

$$\sum_{r=1}^{n}a_{pr}Q_r \le b_p;\ p=\overline{1,m} \quad (1.2)$$

$$Q_r \ge 0;\ r=\overline{1,n} \quad (1.3)$$

где n - количество видов номенклатуры выпускаемых на предприятии изделий; m - количество видов ресурсов, используемых при производстве выпускаемых изделий; kr - коэффициенты при неизвестных целевой функции ($K=\overline{1,n}$) варианты коэффициентов рассматриваются ниже); arp - норма расхода r-го ресурса ($p=\overline{1,m}$) для изготовления одного изделия r-ого наименования; bp- имеющееся количество p -го вида ресурса на предприятии.

Система неравенств (1.2) означает, что потребность в любом виде ресурсов на изготовление всей продукции не должна превышать имеющегося его количества на предприятии.

К числу ресурсов, которые учитываются при решении задачи, относятся главным образом производственное оборудование, площади основных цехов завода, лимитирующие сырье, материалы и покупные комплектующие изделия, а также может учитываться наличие рабочей силы и другие.

В отдельных постановках оптимальная производственная программа определяется при условии наилучшего использования оборудования. В этом случае в системе неравенств (1.2) коэффициенты $a_{rp}$ представляют собой трудоемкость изготовления одного изделия r-го наименования на p-ой группе оборудования, а bp - фонд времени работы p -ой группы оборудования за период времени, для которого определяется оптимальная производственная программа.

При данной постановке задачи по определению оптимальной производственной программы используются методы математического программирования, для которых:

1. Устанавливается показатель оптимальности и в соответствии с ним коэффициенты $k_r$ в целевой функции (1.1).
2. Определяется для каждой группы оборудования трудоемкость изготовления одного изделия каждого наименования, т.е. коэффициенты $a_{rp.}$
3. Устанавливается количество единиц и фонд времени работы оборудования каждой группы.

В качестве показателя оптимальности иногда принимают максимум суммарной загрузки или, что равносильно, минимум суммарной недогрузки всех

групп оборудования.

Задача решается на максимизацию целевой функции

$$M = \sum_{r=1}^{n} \sum_{p=1}^{m} {}_{rp} Q_r = \sum_{r=1}^{n} D_r Q_r \quad (1.4)$$

где Pr - суммарная трудоемкость изготовления одного изделия j-го наименования на всех m группах оборудования.

При таком показателе оптимальности потери от недогрузки крупного дорогостоящего оборудования считаются равными потерям от недогрузки мелкого дешевого оборудования, поэтому изредка решается задача на минимизацию суммарной недогрузки всех групп оборудования с учетом его цены, т.е. определяется минимум целевой функции

$$M = \sum_{p=1}^{m} K_p Y_p \quad (1.5)$$

где kp - цена единиц оборудования p -й группы; Yp - недогрузка оборудования p -й группы в единицах измерения времени за соответствующий период.

Решение задачи при такой целевой функции дает более полную загрузку для оборудования с большой ценой. Это приводит к более эффективному использованию оборудования, что не всегда правильно и необходимо предприятию при рыночной экономике.

В некоторых случаях показателем оптимальности принимается прибыль, получаемая предприятием от выпуска (реализации) производимых изделий. Здесь максимизируется целевая функция:

$$M = \sum_{r=1}^{n} K_r Q_r \quad (1.6)$$

Где kr - прибыль, получаемая от реализации одного изделия r-го наименования.

Принимать такой показатель оптимальности при данном виде целевой функции можно лишь при постоянных ценах на выпускаемую продукцию. В условиях рыночных отношений необходимо рассматривать цену как функцию от объема выпускаемой продукции, а не как постоянную величину.

За показатель оптимальности иногда принимается суммарный выпуск продукции, измеряемый в ценах. Тогда решается задача на максимизацию функции (1.6) с той лишь разницей, что здесь kr представляют собой цену одного изделия r-го наименования. В этом случае также цена является постоянной величиной и должна быть правильно установлена.

Все рассмотренные выше задачи представляют собой задачи в постановке линейного программирования, которые решаются методом последовательного улучшения плана, симплекс-методом и другими.

Отличительной особенностью всех рассмотренных задач является то, что в процессе решения формируется оптимальная производственная программа, ориентирующаяся лишь на достижение экстремального значения целевой функции. Таким образом, полученная оптимальная производственная программа по своей структуре может не совпадать со структурой рыночного спроса на выпускаемую продукцию, и методы ее формирования в условиях рыночных отношений не яв-

ляются достаточно эффективными для предприятий.

В данной статье рассматривается задача определения оптимальной производственной программы в случае, когда заданы пропорции (объемы) выпуска изделий, т.е.:

$$Q_r = h_r X; r = \overline{1,n} \quad (1.7)$$

где Qr - объем выпуска продукции r – го наименования; hr - заданный коэффициент пропорциональности выпуска изделий r-го наименования; X - количество комплектов выпуска всех наименований в заданной пропорции.

При этом целевая функция, которую максимизируют, имеет следующий вид:

$$M = \sum_{r=1}^{n} K_r Q_r = \sum_{k=1}^{n} K_r h_r X \quad (1.8)$$

при условиях:

$$X \sum_{r=1}^{n} h_r a_{pr} \le \Phi_p; p = \overline{1,m}$$

$$Q_r \ge 0; r = \overline{1,n} \quad (1.9)\ (1.10)$$

где Kr - прибыль, получаемая от выпуска одного изделия r - го наименования; apr - трудоемкость изготовления одного изделия r -го наименования на p -й группе оборудования ; Фр – фонд времени работы р-й группы оборудования [ч/год].

Затем по каждой группе оборудования выбирается минимальное значение X:

$$X = \min_p \frac{\Phi_p}{\sum_{r=1}^{n} h_r a_{rp}}$$

В результате получается одно решение.

Данная постановка задачи целиком ориентирована на плановую экономику и при определении производственной программы предприятия в рыночных условиях использована быть не может.

При незаданных пропорциях выпуска изделий в статье предлагается следующая постановка задачи: максимизировать целевую функцию

$$M = \sum_{r=1}^{n} K_r Q_r \quad (1.11)$$

при условиях:

$$\sum_{r=1}^{n} a_{rp} N_r \le \Phi_p ; p = \overline{1,m} \quad (1.12)$$

$$0 \le Q_r^{(1)} \le; Q_r \le Q_r^{(2)}; r = \overline{1,n} \quad (1.13)$$

где $Q_r^{(1)}$: и $Q_r^{(2)}$ - заданные числа, причем $Q_r^{(1)} < Q_r^{(2)}$

Если $Q_r^{(1)} = Q_r^{(2)}$ то изделия r -го наименования исключаются при решении данной задачи. В тех же случаях, когда для некоторых r $Q_r^{(1)} \ge Q_r^{(2)}$ ( $p = \overline{1,m}$, $n_1$ **p** $n$)получается задача, в которой необходимо определить оптимальный дополнительный выпуск для изделий n1 наименований.

В случае же задания больших значений $Q_r^{(1)}$ система неравенств (1.12) - (1.13) может оказаться несовместимой. Это означает, что отдельные группы оборудования являются узкими местами и для выпуска заданного количества изделий потребуется "расшифровка” этих мест.

Задача (1.11) - (1.13) рассматривается иногда с учетом капитальных вложений. В этом случае максимизируется целевая функция

$$M = \sum_{r=1}^{n} K_r Q_r - E_H \sum_{p=1}^{m} \left( \left[ \frac{Z_p - 1}{\Phi_p^*} \right] + 1 \right) Ц_i - a_{п.ф.} \sum_{p=1}^{m} \left\{ \left( \left[ \frac{Z_p - 1}{\Phi_p^*} \right] + 1 \right) \Phi_p^* + y_p \right\} Ц_p \quad (1.14)$$

при условиях

$$\sum_{r=1}^{n} a_{pr} Q_r + y_p - Z_p = \Phi_p ; p = \overline{1,m}$$

$$\begin{cases} Q_r \ge 0; r = \overline{1,n} \\ y_p \ge 0; Z_p \ge 0; p = \overline{1,m} \end{cases}$$

где Kr - прибыль, получаемая от выпуска одного изделия r-го наименования; Ен - норма народнохозяйственной эффективности дополнительных капитальных вложений; Yp и Zp - соответственно недогрузка и перегрузка p-й группы оборудования по сравнению с эффективным фондом в часах; Цр - цена единицы оборудования p -й группы; $\Phi_p^*$ - эффективный фонд времени работы единицы оборудования p -й группы; $a_{п.ф.}$ - коэффициент, учитывающий плату за пользова-

ние фондами.

Данная задача не является задачей линейного программирования и решение ее значительно сложнее, поэтому для решения подобных задач на практике пренебрегают целочисленностью вновь устанавливаемого оборудования и целевая функция (1.14) принимает вид:

$$M = \sum_{r=1}^{n} K_r Q_r - E_H \sum_{p=1}^{m} \frac{Z_p Ц_p}{\Phi_p^*} - a_{п.ф.} \sum_{p=1}^{m} \left(Z_p + Y_p\right) Ц_p$$

и решение становится вполне возможным.

Потребность рынка в выпускаемых изделиях может измениться в любой момент, и предприятие должно иметь возможность в минимально короткие сроки реагировать на изменившуюся потребность с максимальной пользой для себя.

Все рассмотренные выше задачи такой возможности для предприятий не дают.

Кроме того, в рассмотренных задачах предполагалось, что:

Kr - прибыль и Kpr - трудоемкость изготовления одного изделия r -ого вида номенклатуры суть постоянные величины, не зависящие от количества выпускаемых изделий. В действительности же

$$K_r = f\left(N_1, N_2, ..., N_n\right) \ и \ a_{rp} = f_1(N_1, N_2, ..., N_n)$$

Учитывая это, получаются задачи нелинейного программирования, методы решения которых пока не разработаны. Кроме того, получить зависимости $f\left(N_1, N_2, ..., N_n\right)$ и $f_1(N_1, N_2, ..., N_n)$ практически очень трудно.

В рамках квадратичного программирования рассматриваются задачи оптимизации, включающие целевую функцию, составленную из линейных и квадратичных слагаемых, и систему линейных ограничений, которые наиболее приближены к реальной ситуации. Рассматривается следующая постановка задачи:

$$\sum_{r=1}^{n} K_r Q_r + \sum_{r=1}^{n} \sum_{r=1}^{n} K_{rp} Q_r Q_q \longrightarrow \max$$

при условиях

$$\sum_{r=1}^{n} a_{rp} Q_r + S_p = b_p; \quad p = \overline{1,m}$$

$$Q_r \geq 0; \quad k = \overline{1,n}; \quad S_p \geq 0; \quad p = \overline{1,m} \qquad (1.15)$$

где Sp представляют собой дополняющие переменные, превращающие неравенства в уравнения.

Решение данной задачи реализуется с помощью квадратичного симплексного алгоритма, который включает следующие операции:

В качестве исходного базисного допустимого решения принимается $S_p = b_p \geq 0$ для $p = \overline{1,m}$.

Определяются направления локального улучшения на основе текущего решения. Если возможностей улучшения не имеется, то расчеты прекращаются. В противном случае ищется оптимальная длина шага.

Вычисляется новое решение. Возврат на шаг 2.

Характер алгоритма на любой итерации можно описать следующим образом. Имеется система линейных ограничений, полученная из (1.15) , а также некоторые дополнительные ограничения, возникшие в процессе выполнения дополнительных итераций. На шаге 1 имеется только m ограничений (1.15), однако на последующих итерациях общее число ограничений может доходить до (т + n). Этой системе ограничений соответствует набор базисных переменных, включающих как Qr, так и дополняющие переменные Sp. Небазисные переменные состоят из остальных Qr и Sp, а также из свободных переменных, введенных на предыдущих итерациях.

Следует также отметить, что данный алгоритм применять вручную можно только при небольшой размерности (малое количество номенклатуры и небольшое количество ограничений). Однако при рассмотрении данного метода не утверждается, что настоящий алгоритм всегда приводит к получению оптимального окончательного решения. Утверждается лишь, что найденное решение является относительной стационарной точкой.

Имеется ряд других алгоритмов решения квадратичного программирования. Особо важно отметить алгоритм, основанный на использовании двойственных переменных. Этот алгоритм также сходится за конечное число итераций.

Вышеописанные методы положены в основу разработки оптимального функционирования снабженческо-производственно-коммерческой системы.

Список литературы

1. Авдеенко В.Н., Котлов В.А. Производственный потенциал промышленного предприятия.
2. Баублис А.Б. 0 математическом обеспечении АСУП, использующей статистическую информацию // Экономика и математические методы.
3. Беленький П.Е. Проблемы совершенствования производственной структуры промышленных предприятий.
4. Колобов А.А., Омельченко И.Н. Стратегическое управление организационно-экономической устойчивостью фирмы.
5. Сачко Н.С. Организация и оперативное управление машиностроительным производством.