

ПЛАНИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПРОГРАММЫ В УСЛОВИЯХ ДЕФИЦИТА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ МОЩНОСТЕЙ И СЛУЧАЙНОГО СПРОСА

А.А.Рыбников

Эффективное управление современной промышленной фирмой, в том числе планирование объемов выпуска продукции, по мнению многих исследователей, должно базироваться, прежде всего, на понимании предприятия как производственной системы (ПС). С. Е. Хачатуров рассматривает ПС как целостное структурированное взаимодействие производственных элементов (вещественных, энергетических и информационных ресурсов), упорядоченных организационными отношениями [6]. Ряд исследователей, а именно В. Титов, И. Межов, С. Локтев и другие отмечают, что такой подход к предприятию предполагает использование новых принципов и методов их организации.

В общем, эти принципы базируются на усилении системно-кибернетического подхода в условиях нарастания сложности технологий производства и управления, а также скорости изменений внешней и внутренней среды.

Ученые отмечают, что в новых условиях хозяйствования производственный менеджмент должен опираться на следующие утверждения:

- ♦ предприятие должно определить свое место в хозяйственной системе, ориентируясь на стратегию интеграции и развития широких производственных связей;

- ♦ переход от концепции структурно-функционального менеджмента к концепции бизнес-процессов с включением в бизнес-процессы внешних участников (поставщиков, потребителей, кредиторов и т.д.);

- ♦ основной акцент в управлении необходимо перенести на "индивидуальность" предприятия, используя его уникальные конкурентные преимущества;

- ♦ эволюция предприятий в направлении внешней и внутренней среды обуславливает необходимость развития внутрифирменной культуры, ориентации управления на человеческие потребности и интересы, их учет и воплощение в хозяйственной практике;

- ♦ логика планирования должна опираться на системно-конструктивистскую "теорию фирмы", учитывающую процессы глубоких изменений на предприятии, с ориентацией на мониторинг и управление по слабым

сигналам. Такая концепция планирования высокоадаптивна и призвана не допускать кризисных явлений;

- ♦ стратегическое планирование должно быть организовано в органическом единстве с аналитическим планированием, которое должно рассматриваться значительно шире, чем оперативное, и заключается в планировании пошаговых стратегий и действий для достижения стратегических целей в условиях неопределенности и изменений [2, 3, 4].

Рассмотрим более подробно понятие аналитического планирования.

Впервые понятие «аналитическое планирование» ввели Т. Саати и К. Кернс, которое ориентировано в основном на использование метода анализа иерархий [5]. В работах [2, 3] понятие аналитического планирования применяется для обозначения компьютеризированной системы планирования и поддержки управленческих и плановых решений.

Концепция построения системы аналитического планирования основана на методическом принципе постоянного мониторинга изменений внутренней и внешней среды и корректировки основных параметров оперативного (аналитического) плана. Аналитическое планирование является регулярной основой достижения стратегических планов. Формально это можно отобразить следующим образом [2, с. 35]:

$$P = \{Z, R, X, S, A, M, T\} \quad (1)$$

$$A = \{P, z, r, x, s, a, t\}, \quad (2)$$

где P – стратегический план; Z – стратегические цели; R=R(t) – ресурсы; X – существенные факторы (параметры); S=S(s,t) – стратегии для достижения P; M – модель внешней среды в момент T; T – горизонт планирования; A – аналитический план; r=r(t) – ресурсы на момент принятия плана A; x – локальные факторы (параметры) аналитического плана; s=s(a,t) – действия по реализации аналитического плана; a – модель внешней среды на момент t; t – период действия плана A в последовательности этапов реализации стратегического плана P с горизонтом T; z – локальная цель на интервале аналитического планирования.

Соотношения (1) и (2) наглядно показывают роль аналитического планирования в

ПЛАНИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПРОГРАММЫ В УСЛОВИЯХ ДЕФИЦИТА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ МОЩНОСТЕЙ И СЛУЧАЙНОГО СПРОСА

системе стратегического плана. Рекурсивная зависимость стратегического и аналитического планирования обусловлена тем, что выполнение стратегического плана обеспечивается итеративно в пошаговом режиме посредством аналитического плана на каждом промежутке времени t и так до окончания горизонта планирования T .

Концепция аналитического планирования предполагает локальную оптимизацию плановых решений на каждом дискретном промежутке времени, т.е. планирование представляет собой процесс непрерывной постановки и решения следующей задачи оптимизации:

$$a: z = z(x) \rightarrow \max, \quad (3)$$

$$\text{в области } Q = \{P, r, s, t\} \quad (4)$$

где a – задача аналитического планирования, Q – представляет собой производственные возможности (ресурсы) фирмы [2, 3].

Предметная область аналитического планирования строится как скоординированная модель системы бизнес-процессов. Таким образом, предметная область, а именно бизнес-процессная модель предприятия и процедура решения задачи (3) и (4) составляет суть аналитического планирования. В свою очередь процедура (3)–(4) реализуется с помощью аналитического планирования с постоянным мониторингом отклонений плановых и фактических параметров и причин, которые вызывают эти отклонения.

В общем, аналитическое планирование представляет собой набор процедур и алгоритмов определения выходов каждого бизнес-процесса в натуральном и стоимостном измерении. Система аналитического планирования содержит в себе следующие ключевые процедуры: планирование оборотных активов, планирование производственной программы, бюджетирование, оптимизацию производства, формирование выходных параметров бизнес-процессов, которые реализуются с использованием современных информационных технологий [2, с. 65]. Структура аналитического планирования представлена на рис. 1.

Если обратиться к классическим определениям управления, то среди основных управленческих функций (планирование, организация, мотивация, контроль плюс связывающие функции коммуникации и принятия решений) можно выделить четыре основных, которые составляют суть аналитического планирования, в данной постановке: собственно планирование + принятие решений + коммуникации + координация + организаци-

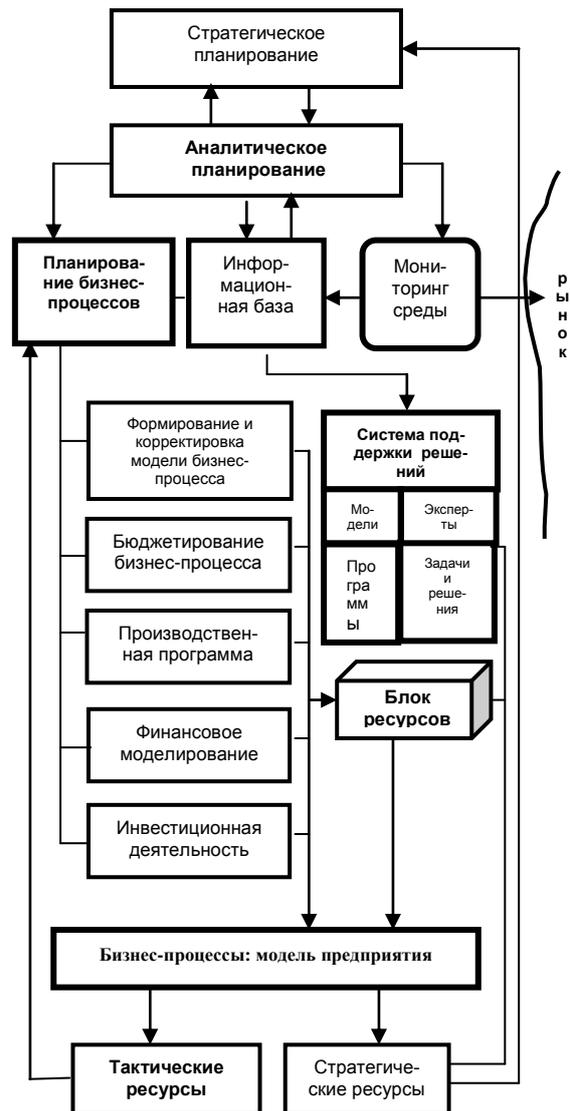


Рис.1. Структура аналитического планирования

онное структурирование (на стадиях реализации плана к ним необходимо добавить еще функцию контроля). Построение системы аналитического планирования в условиях нестабильной среды строится на следующих принципах:

- 1) итеративность процессов принятия решений;
- 2) пошаговые стратегии и действия менеджеров и экспертов (экономистов, финансистов, юристов, маркетологов и т.п.) для достижения целей в условиях неопределенности и постоянных изменений;
- 3) быстрый, своевременный (оперативный) контроль изменений и реагирование на них. Аналитическое планирование, в этом случае, становится непрерывным процессом принятия управ-

ленческих решений и определяет процедуры управления на основе формирования параметров бизнес-процессов, моделирования динамики оборотных активов, информационной поддержки управленческих решений, использования различных программ и алгоритмов, работы экспертов. Такое планирование предполагает использование инструментов оптимизационного и имитационного моделирования в процедурах прогнозирования и принятия плановых решений в следующих задачах:

- ◆ построения модели финансовых и денежных потоков;
- ◆ расчёта основных экономических показателей;
- ◆ оптимизации используемых ресурсов;
- ◆ определения оптимального размера фонда оплаты труда;
- ◆ прогнозирования динамики кредиторской и дебиторской задолженности;
- ◆ минимизации издержек и максимизации

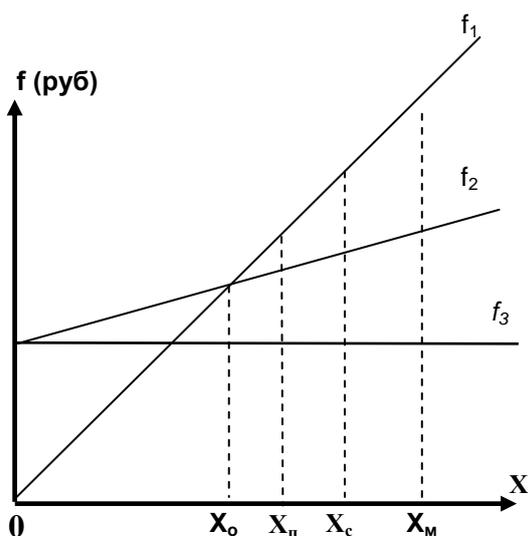


Рис. 2. Линейная модель экономики производственной системы

ции прибыли [2].

Любая производственная система может быть представлена некоторой производственной функцией (моделью предприятия). В качестве такой модели может быть выбрана модель объема производства и производственных затрат, построенных как линейные функции объема производства в натуральных единицах и затрат в стоимостном выражении (рис. 2) [4].

Модель ПС, представленная на рис. 2, обладает большой информационной емкостью и весьма полезна при формировании и анализе производственной программы в условиях случайного спроса, ограниченности производственной мощности и оборотного капитала и трудности применения моделей математического программирования.

Условные обозначения:

- f_1 – функция объема продаж в стоимостном выражении;
- f_2 – функция совокупных производственных затрат в стоимостном выражении;
- f_3 – функция постоянных производственных затрат в стоимостном выражении;
- X_0 – безубыточный объем производства;
- $X_п$ – объем производства в натуральном выражении, соответствующий определенному размеру авансированного капитала;
- $X_с$ – объем спроса в натуральном выражении;
- $X_м$ – объем производства в натуральном выражении, соответствующий производственной мощности.

Процесс планирования производства продукции может быть формально представлен следующим образом.

Производится мобилизация «авансированного капитала» A_i в виде необходимых начальных затрат на производство продукции в объеме X_i .

В качестве авансированного капитала выступают: запасы сырья и материалов, текущие переменные расходы (формируются на каждый плановый период за счет денежных средств), текущие постоянные расходы, заработная плата, амортизационные отчисления. Формально, формирование авансированного капитала в объеме A_i означает установление равенства $f_2 = A_i$, из которого находится искомый объем в натуральном измерении, т.е. X_i .

Объем производства в стоимостном выражении находится путем вычисления функции $V_п = f_1(X_i)$.

Объем реализации является случайной величиной и зависит от динамики спроса, цены и ряда других параметров. Статистические характеристики этой случайной величины могут быть получены на основе анализа динамики продаж за определенный период. В общем случае объем продаж $V_{пр} \leq V_п$.

Рассмотрим несколько вариантов зависимости производственной мощности от рыночного спроса (рис. 2).

1. $0 \leq X_с \leq X_0$. В данной ситуации случайный спрос $X_с$ находится на отрезке «ноль –

ПЛАНИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПРОГРАММЫ В УСЛОВИЯХ ДЕФИЦИТА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ МОЩНОСТЕЙ И СЛУЧАЙНОГО СПРОСА

безубыточный объема производства». Загрузка производственной мощности на объем продукции в натуральном выражении $X_i = X_c$ будет обеспечивать в лучшем случае бесприбыльную деятельность, в обратном – только убыточную. При таком рыночном спросе производственная деятельность экономически нецелесообразна. В этом случае необходимы маркетинговые мероприятия по стимулированию сбыта, либо предприятие должно диверсифицировать свою деятельность.

2. $X_0 \leq X_c \leq X_n$. При величине рыночного спроса, значения которого находятся на отрезке «безубыточный объема производства – объем производства, соответствующий определенному размеру авансированного капитала», производственная мощность загружена на объем выпуска, обеспечивающий, как минимум, безубыточную деятельность. Предприятие может получать определенный объем прибыли. Максимальная прибыль будет обеспечена при объеме производства равном X_n .

3. $X_n \leq X_c \leq X_m$. Такая ситуация складывается на рынке, когда выпускаемая продукция пользуется достаточно высоким спросом. В случае, когда $X_n < X_c$ предприятию необходимо дополнительный оборотный капитал для увеличения объема производства. При равенстве рыночного спроса производственной мощности предприятие получает дополнительный объем прибыли. При работе предприятия на полную мощность X_m оборудование быстрее изнашивается и чаще выходит из строя, поэтому коэффициент загрузки мощности экспертно устанавливают $k = 0,8 \div 0,95$, исходя из степени средненормальной загрузки [91, с. 128]. В этом случае уже можно рассматривать варианты по увеличению мощности.

4. $X_m \leq X_c \leq \infty$. Минимальный объем спроса равняется максимальной проектной мощности. В случае, когда случайный рыночный спрос на продукцию выше, чем предложение (производственная мощность) когда $X_m < X_c$, то предприятие недополучает объем прибыли на отрезке « $X_m - \infty$ ». В свою очередь рынок не удовлетворяет свои потребности в товаре в объеме разности ($X_c - X_m$). В такой ситуации конкуренты с аналогичным товаром имеют более низкие барьеры входа на рынок. Если обозначить объем продукции конкурентов как X_k , то $X_k = X_c - X_m$. В данной ситуации нужно рассматривать инвестиционные решения, связанные с увеличением производственной мощности для более полного удовле-

творения спроса и получения дополнительной прибыли.

Качественные характеристики работы производственной системы, такие как: прибыль, рентабельность, ликвидность, денежные потоки, через контуры обратных связей, определяются такими переменными как: «цена», «производственные затраты», «функцией выпуска», «запасы», «скорость реализации» и т.п. Эти же переменные могут выступать в качестве управляющих параметров моделирования производственной программы.

Объем продаж на рынке зависит в первую очередь от стратегии предприятия и стратегий конкурентов. Для обеспечения прибыльной деятельности объем продаж должен быть больше объема X_0 . При планировании производственной программы необходимо учитывать этот фактор.

Для промышленных предприятий, имеющих сезонный характер спроса на продукцию и ограниченность производственных мощностей, формирование оптимальной производственной программы является важнейшей задачей в рамках аналитического планирования.

Разработка производственной программы – важнейшее звено в планировании деятельности предприятия. Производственная программа является основой для решения задач аналитического планирования, учета и контроля, совместно с которыми она дает возможность осуществлять целенаправленное управление всем производством, рационально распределять имеющиеся в распоряжении предприятия ресурсы. На основе производственной программы определяется необходимое количество запасов ресурсов, а также рассчитываются: себестоимость продукции, фонд заработной платы, прибыль, рентабельность и ряд других показателей. Оптимальная производственная программа используется также как входная информация для бизнес-планирования, плана сбыта и краткосрочного финансового планирования. В связи с этим использование методов оптимизации позволит улучшить деятельность всего предприятия в целом: составить оптимальный (с точки зрения определенного критерия) план выпуска продукции, определить резервы, выявить узкие места и т.д. Точность этой информации зависит от правильности построения производственной программы.

Учет технологических особенностей при расчете производственной программы, в числе для предприятий пивоваренной отрасли,

существенным образом влияет как на построение, так и на ее адекватность реальным процессам.

Производство продукции Барнаульского пивоваренного завода (БПЗ) начинается с варки сусла в сусловарочных котлах (имеется 2 котла объемом в 6200 дал). За сутки в одном котле можно сварить сусло дважды. Следовательно, максимальное производство сусла ограничено объемом 4-х котлов в сутки. При этом следует учесть, что технологический выход сусла значительно отличается от объемов сусловарочных котлов.

После охлаждения сусло перекачивается в бродильные танки емкостью 2550 дал (всего танков – 71 шт.). Таким образом, из одного сусловарочного котла содержимое перекачивается в 2 бродильных танка емкостью 5100 дал. Этот тип танков обозначим индексом *b*. За сутки можно заполнить суслом от 6 до 8 бродильных танков для производства пива от одного до четырех видов. Технологический выход сусла после варки разных сортов неодинаков. Коэффициенты выхода (относительно величины 6200 дал) изменяются от 0,597 до 0,855. При коэффициенте выхода, например 0,597, физический выход составит 3700 дал, что не кратно емкости 2-х танков для брожения. Если осуществить еще один выход сусла в 3700 дал, то можно заполнить 3 танка типа *b*. Однако из-за разного выхода сусла по отдельным видам пива такое «кратное» согласование между этапами технологического процесса (что можно осуществить с помощью моделирования) приведет к росту запасов сусла. С другой стороны, указанная некрatность «выходов» и «входов» между технологическими этапами снижает мощность производства.

Технологические потери в процессе брожения составляют 2,8%, т.е. коэффициент выхода составляет 0,972. Поэтому на следующий процесс дображивания из 5100 дал двух танков попадает 4957,2 дал, которыми заполняются танки объемом 5137,5 дал. Данный тип танков обозначим индексом *d*. Ясно, что если в двух бродильных танках будет менее 5100 дал сусла, то на следующий технологический переход поступит не 4957 дал сусла, а меньше. За сутки можно заполнить до 4 таких танков, а всего их 32 единицы. Танки объемом 10363 дал обозначим индексом *v*. За сутки можно заполнить не более 2-х танков данного объема из 40. Из-за технологических потерь в 3,4% (коэффициент выхода процесса дображивания составляет 0,966) из максимально возможного поступления в

4957,2 дал из танка типа *d* будет получено не более 4788,6 дал пива. Из танка емкостью 10363 дал будет получено не более 9577,2 дал пива.

Как видим, технологический процесс по этапам не полностью согласован с емкостью танков, что приводит к определенным потерям. В то же время такое технологическое согласование трудно осуществить из-за достаточного большого количества видов пива и изменяющейся структуры его выпуска. Поэтому потери из-за недоиспользования мощностей, роста запасов будут иметь место при любых соотношениях объемов танков по технологическим переходам. Однако в процессе составления календарного плана-графика запуска-выпуска продукции учесть существующие технологические особенности необходимо. Так, если заполняется танк типа *d*, то в процессе брожения должно было находиться 2 танка типа *b*. Если используется танк типа *v*, то 4 танка типа *b* должны были быть готовы для перекачки их содержимого в одну емкость для дображивания. Техническое обслуживание танков не позволяет всем из них непрерывно находиться в производственном процессе. Поэтому в расчетах может быть задействовано либо не все количество танков, либо из-за превышения их количества над реальной потребностью данное условие будет выполняться автоматически (хотя может быть количество танков, неиспользуемых в технологическом процессе, и будет распределено во времени неравномерно) [2].

После дображивания содержимое емкости идет по 4 направлениям. Пиво разливается в бутылки с пастеризацией или без нее, в кеги или бочки. Пастеризуются в основном более дорогие сорта пива. В емкостях для дображивания готовый продукт может находиться без потери качества до полной отгрузки (продажи) потребителям. Сроки освобождения емкости дображивания зависят от производительности линий разлива пива в бутылки, кеги и бочки и, конечно, текущего платежеспособного спроса на продукцию.

Начальным этапом построения модели производственной программы, способным обеспечить правильное решение проблемы, является постановка задачи. Для нескольких видов продукции и использования при этом несколько видов ресурсов – затраты и целевая функция предполагаются линейными функциями управляемых переменных, что позволяет применить аппарат линейного программирования.

**ПЛАНИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПРОГРАММЫ В УСЛОВИЯХ ДЕФИЦИТА
ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ МОЩНОСТЕЙ И СЛУЧАЙНОГО СПРОСА**

В качестве входной информации в задаче используются: номенклатура выпускаемой продукции; экономические характеристики по каждому виду продукции – цены, себестоимость, прибыль; характеристики основного оборудования: виды, объем ресурсов на плановый период; агрегированные нормы расхода ресурсов оборудования по каждому виду продукции; агрегированные затраты труда по каждому виду продукции; характеристики лимитирующего сырья и материалов – наименование и выделяемые на плановый период объемы; нормы расходов сырья и материалов по каждому виду продукции; минимальные и максимальные объемы выпуска по каждому виду продукции.

Исходя из входной информации, ограничения могут быть следующих видов:

1. На сырье и материалы;
2. На трудовые ресурсы;
3. Техничко-экономические ограничения;
4. Плановые ограничения на выпуск продукции;
5. Маркетинговые ограничения;
6. Ограничения по финансам и другие ограничения.

Критерием оптимизации может быть любой из технико-экономических показателей.

В общем виде задачу можно записать следующим образом [2, 3]:

Целевая функция:

$$F = \sum_{j=1}^n c_j x_j \rightarrow \text{extr.} \quad (5)$$

Ограничения по сырью, материалам и технологическим затратам:

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq b_i, \quad i = 1, \dots, m. \quad (6)$$

Ограничение по трудовым ресурсам:

$$\sum_{j=1}^n t_j x_j \leq T. \quad (7)$$

Ограничения по ресурсам оборудования:

$$\sum_{j=1}^n g_{jk} x_j \leq G_k, \quad k = 1, \dots, K. \quad (8)$$

Маркетинговые ограничения:

$$d_j \leq x_j \leq D_j, \quad j = 1, \dots, n. \quad (9)$$

$$q_j \leq c_j \leq Q_j, \quad j = 1, \dots, n. \quad (10)$$

Инвестиционные ограничения:

$$\sum_{l=1}^L u_{n+l} x_{n+l} \leq U. \quad (11)$$

Ограничение неотрицательности:

$$x_j \geq 0, \quad j = 1, \dots, n, \quad (12)$$

где F – целевая функция;

c_j – коэффициенты целевой функции;

n – номенклатура выпускаемой продукции;

x_j – переменная величина, обозначающая объем продукции j -го наименования;

a_{ij} – норма расхода ресурса i -го вида и прочих затрат на изготовление продукции j -го наименования (в натуральной или в стоимостной форме);

b_i – предельный объем использования ресурса i -го вида;

m – количество ограничений по сырью, материалам и технологическим затратам.

t_j – прямые затраты заработной платы с начислениями на единицу продукции j -го наименования;

T – фонд основной заработной платы;

K – количество учитываемых видов оборудования по цехам завода, определяющих производственную мощность предприятия

g_{jk} – затраты времени при производстве j -го наименования продукции на k -м виде оборудования;

G_k – производственная мощность k -го вида оборудования;

d_j – минимально допустимый объем выпуска продукции j -го наименования;

D_j – максимально допустимый объем выпуска продукции j -го наименования;

q_j – нижняя граница коэффициента целевой функции (прибыли или цены) для j -го наименования продукции;

Q_j – верхняя граница коэффициента целевой функции (прибыли или цены) для j -го наименования продукции;

u_{n+l} – единичная норма инвестиционной отдачи при включении в план нового наименования продукции;

U – объем возмещения инвестиционных ресурсов в данном плановом периоде;

L – количество вводимых в план новых продуктов, а l – текущий номер продукта.

В рамках модели (5) – (12) не выделяются специальные переменные и специальные блоки, которые отражают специфику реаль-

ного планирования, когда в рамках производственной программы рассматриваются финансовые, инвестиционные и другие ограничения. Формальный учет этих особенностей осуществляется путем сплошной нумерации переменных. Например, если мы вводим в производственную программу L новых изделий, которые в частности определяют инвестиционные ограничения, то n увеличивается до $n+L$.

$$F = \sum_{j=1}^n c_j x_j + \sum_{l=1}^L u_l x_l \rightarrow \max. \quad (13)$$

Тогда формула вида (13) трансформируется в формулу (5) путем следующих преобразований:

$$c_j = u_l, \quad j = n+1, \quad n+L.$$

При правильной корректной реализации и достаточном информационном обеспечении данная модель позволяет рассчитывать оптимальную производственную программу по многим вариантам на любой плановый период и дает широкие возможности для постоптимизационного анализа результатов моделирования.

В рамках постоптимизационного анализа устанавливаются границы устойчивости плана, дефицитность используемых ресурсов на основе двойственных оценок, эффективность в структуре плана номенклатурных показателей, ресурсов, коэффициентов целевой функции. На основе двойственных оценок и границ устойчивости сразу же устанавливается стратегия повышения эффективности рассматриваемых вариантов. Без сомнения использование данной модели в рамках производственного менеджмента позволяет существенно облегчить и ускорить процедуры принятия плановых решений.

Задача формирования оптимальной производственной программы методом линейного программирования в теоретическом

и прикладном аспекте давно решена, например, для машиностроительной отрасли и с успехом используется в планировании производства.

В реальной практике управления БПЗ реализация модели (5) – (12) должна основываться на определенных методических принципах. К числу этих принципов относятся конкретные этапы, процедуры и шаги, позволяющие на основе информационных технологий осуществлять расчет производственной программы на тот или иной плановый период. Важным моментом при расчете производственной программы для предприятий с сезонным характером спроса на продукцию является обеспечение баланса производственной мощности и случайного спроса.

Литература

1. Внутрифирменное планирование: проблемы совершенствования / Под ред. В.В. Титова, В.Д. Марковой. – Новосибирск: ИЭОПП СО РАН, 2000. – 212 с.
2. Локтев С.А. Аналитическое планирование как основа производственного менеджмента предприятий в условиях нестабильной среды. Научная монография. – Новосибирск: ИЭОПП СО РАН, 2003. – 276 с.
3. Локтев С.А., Титов В.В., Межов И.С., Нечаев Н. И., Урман Л.И. Концепции и модели организации производственного менеджмента на российских предприятиях/ Под. ред. В.В. Титова, С.А. Локтева, — Новосибирск: ИЭОПП СО РАН, 2002, - 284 с.
4. Межов И.С. Организационное проектирование интегрированных производственных систем: Монография. – Барнаул: Изд-во Алт. ун-та. 2002. – 231 с.
5. Саати Т., Кернс К. Аналитическое планирование. Организация систем / Пер. с англ. – М.: Радио и связь, 1991. – 224 с.
6. Хачатуров С.Е. Организация производственных систем (Теоретическое основание организационной науки). – Тула. Изд-во «Шар», 1996. – 202 с.