*УДК 681.3.06: 519.7*

# МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ПЛАНИРОВАНИЯ И ОЦЕНИВАНИЯ МНОГОНОМЕНКЛАТУРНОГО ПРИБОРОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

**Козелков О.А.**
*ОАО «Научно-производственное предприятие «КАНТ»*
*Москва, Российская Федерация*

Целью работы является оценка реализуемости многономенклатурной производственной программы в приборостроении путем анализа возможности производства планируемых объемов продукции с учетом ожидаемых поставок ресурсов и имеющегося на предприятии оборудования. Оценка производится на основе математических моделей оптимальных параметров производственного процесса.

Задача оценивания производственного потенциала многономенклатурного производства на этапе прединвестиционного планирования состоит из следующих взаимосвязанных подзадач:

- оценка объемов производства продукции с учетом наличия сырьевых, энергетических, складских и других ресурсов, предполагаемой прибыли от реализации продукции и затрат на производство и хранение [1];
- оценка требуемого состава оборудования предприятия с учетом перспективного плана производства, состава и технических характеристик оборудования [2].

При определении реализуемого плана производства учитывается ряд факторов:

- обеспеченность сырьевыми, производственными, людскими и др. ресурсами;
- уровень материально-технического обеспечения;
- уровень складского обеспечения.

Получаемый в результате решения соответствующей оптимизационной задачи план производства содержит перечень выпускаемых номенклатур и объемы их производства. Эти данные используются для решения задачи планирования занятости оборудования [3].

Рассмотрим математическую модель задачи планирования номенклатуры и объемов производства, согласованных с возможностями сбыта продукции, определяемых спросом [4].

Используем следующие обозначения: $d_{ij}$ – норма расхода материала $j$-го вида на изготовление единицы продукции $i$-го вида; $i = 1,2,...,m$; $j = 1,2,...,n$; $N_{it}$ – объем спроса на продукцию $i$-го вида в $t$-й период, $t = 1,2,...,T$; $\underline{y_j}, \overline{y_j}$ - допустимые минимальный и максимальный запасы материалов $j$-го вида; $c_j$ – стоимость единицы материала $j$-го вида; $x_{it}$ – планируемый объем производства продукции $i$-го вида в $t$-й период.

Формальная модель задачи имеет вид: найти набор $X = (x_{it})$, минимизирующий

$$L(X) = \sum_{t=1}^{T} \sum_{j=1}^{n} \sum_{i=1}^{m} d_{ij} c_j x_{it}$$

и удовлетворяющий ограничениям

$$x_{it} \geq N_{it}, \; i = 1,2,...,m, \; t = 1,2,...,T,$$

$$\underline{y_j} \leq \sum_{i=1}^{m} d_{ij} x_{it} \leq \overline{y_j}, \; j = 1,2,...,n, \; t = 1,2,...,T.$$

Детерминированность спроса в определенной мере преодолевается в модели, в которой предполагается, что можно определить множество возможных состояний спроса. При этом вводятся матрица ($k_{ij}$), где $k_{ij}$ – количество единиц изделий $i$-го вида, которые могут быть реализованы при $j$-м варианте спроса, и матрица ($c_{ij}$), где $c_{ij}$ – соответствующая цена реализации этих изделий, $i = =1,2,...,m$, $j = 1,2,...,n$. Далее, если $z_i$ – издержки производства изделия $i$-го вида, которые не зависят от спроса, то прибыль $a_{ij}$ в результате реализации единицы изделия $i$-го вида при $j$-м варианте спроса, определяется формулой

$$a_{ij} = c_{ij} - z_i, \; i = 1,2,...,m, \; j = 1,2,...,n.$$

При этом прибыль от реализации $k_{ij}$ изделий $i$-го вида при $j$-м варианте спроса будет равна

$$p_{ij} = a_{ij}k_{ij} = (c_{ij} - z_i)k_{ij}.$$

Таким образом, формируется матрица $P = = (p_{ij})$, которая рассматривается как платежная матрица антагонистической игры. Строкам матрицы соответствуют чистые стратегии производства, а столбцам – чистые стратегии рыночного спроса.

Оптимальное распределение объемов выпуска продукции соответствует оптимальной смешанной стратегии предприятия, «играющего» с рынком. Искомая стратегия определяется путем сведения матричной игры к задаче линейного программирования [5].

Рассмотрим задачу закрепления оборудования, которая формулируется следующим образом: найти закрепление типов изготовляемых изделий за каждым рабочим местом или их группой, обеспечивающее минимальные затраты ресурсов на выполнение плана выпуска изделий. Появляется возможность маневрирования ресурсами мощностей путем передачи обработки с перегруженных на недогруженные группы оборудования.

Введем следующие обозначения: $d_{ij}$ – средний расход ресурса при изготовлении изделия $j$-го типа оборудованием $i$-го типа, $i = =1,2,...,m$; $j = 1,2,...,n$; $x_j$ – планируемое для изготовления количество изделий $j$-го типа; $a_i$ –ресурс оборудования $i$-го типа.

Необходимо найти набор $x=\{x_j\}$, $j = 1,2,...,n$, максимизирующий суммарное количество изготовленных изделий

$$R(x) = \sum_{j=1}^{n} x_j$$

и удовлетворяющий ограничениям

$$\sum_{j=1}^{n} d_{ij} x_j \le a_i\,,\ i = 1,2,...,m\,,\ x_j \ge 0\,,$$

$$j = 1,2,...,n\,.$$

В этой модели предполагается, что в изготовлении изделий каждого вида участвует оборудование всех типов, расходуя при этом свой ресурс. При этом не учитывается, что в соответствии с технологическим процессом изготовления изделий на практике необходимо реализовать некоторую последовательность операций, каждая из которых не обязательно выполнима на любом из типов оборудования. Кроме того, в модели не учитывается, что при изготовлении многих видов продукции используется многофункциональное оборудование, на котором может быть выполнено (после переналадки) несколько необходимых операций. Отметим, что в этой модели не указывается тип ресурса (материальный, стоимостной, временной).

Введем переменные: $a_{ijk}$ – затраты времени на производство единицы продукции $j$-го вида на станках $i$-й группы по $k$-му варианту технологического процесса; $m$ – число групп оборудования; $n$ – число наименований продукции; $S$ – число вариантов технологического процесса; $x_{jk}$ – количество единиц продукции $j$-го вида, планируемое для выпуска $k$-м вариантом технологического процесса; $\Phi_i$ – располагаемый фонд временного ресурса $i$-й группы оборудования; $N_j$ – планируемое для изготовления число единиц продукции $j$-го вида, в соответствии с прогнозом спроса.

Тогда суммарные затраты времени на изготовление планируемой продукции по всем группам оборудования определяются выражением

$$L(X) = \sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{n} \sum_{k=1}^{K} a_{ijk} x_{jk}\ .$$

Задача состоит в отыскании плана загрузки оборудовании $X = (x_{jk})$, минимизирующего $L(X)$ и удовлетворяющего ограничениям

$$\sum_{j=1}^{n} \sum_{k=1}^{K} a_{ijk} x_{jk} \le \Phi_i\,,\ \sum_{k=1}^{K} x_{jk} \ge N_j\,,$$

$$x_{jk} \ge 0\,,\ i = 1,2,...,m\,,\ j = 1,2,...,n\,,\ k = 1,2,...,K\ .$$

Полученная задача определяет минимизацию времени производства с учетом вариантов технологических процессов, решается общими методами линейного программирования [5].

Таким образом, рассмотрены математические модели планирования многономенклатурного производства в двух постановках: минимизации расхода материалов и игровая задача компромисса рынка и производства. Научный результат заключается в том, что для реализуемости определенной цели инновационного развития предприятия «экономии» или «рыночной») может быть выбрана соответствующая модель.

Также рассмотрены модели, определяющие способ производства планируемого объема и номенклатуры продукции. Известная модель закрепления изделий за рабочими местами решает задачу максимизации количества изготавливаемых изделий, которые определяет реализуемость планируемого объема при заданном составе оборудования. Вторая модель учитывает варианты технологических процессов производства и минимизирует время производственного цикла. Таким образом, решается задача реализуемости планируемых сроков производства

Результаты работы могут быть использованы при принятии решений о возможности выполнения планов по выпуску инновационной продукции приборостроения с учетом характеристик производства, в том числе, имеющегося оборудования и вариантов технологических процессов. Практическая ценность работы заключается в определении условий применимости приведенных моделей с соответствующей целевой функцией, определяющей направления модернизации производства и обеспечивающей максимальный эффект. Эффект может заключаться как в достижении максимальной прибыли, так и в минимизации расхода ресурсов (как материальных, так и временных).


1. Разработка и принятие решений в управлении инновациями / И.Л. Туккель, С.Н. Яшин, С.А. Макаров, Е.В. Кошелев. – СПб.: БХВ-Петербург, 2011. – 352 с.
2. Бодров В.И., Лазарева Т.Я., Мартемьянов Ю.Ф. Математические методы принятия решений. – Тамбов: Изд-во Тамб. гос. тех. ун-та, 2004. – 124 с.
3. Косачев А.В., Лялин В.Е., Семёнов В.В. Модель оптимального управления долгосрочным развитием интеллектуального предприятия // Аудит и финансовый анализ, 2006, № 4. – С. 314 – 349.
4. Мясникова О.В. Инструменты организационно-экономического механизма совершенствования производственной бизнес-системы путем оптимизации производственных процессов: реинжиниринг // Экономика и управление, 2011, № 1. – С. 51 – 57.
5. Карманов В.Г. Математическое программирование. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. – 264 с.