

ББК 65.23  
УДК 330.322

## МОДЕЛЬ И АЛГОРИТМ КРАТКОСРОЧНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ В УСЛОВИЯХ ГЕТЕРОГЕННОЙ ПОЛИПОЛИИ

© 2011 В.Д. Богатырёв, В.Г. Левитан

Самарский государственный аэрокосмический университет  
имени академика С.П. Королёва  
(национальный исследовательский университет)

Представлена модель планирования производственной деятельности предприятия в условиях гетерогенной полиполии, учитывающая дискретный характер производства. Модель предназначена для формирования основных параметров операционных и финансовых бюджетов в краткосрочном периоде.

*Экономико-математическая модель, краткосрочное планирование, операционный бюджет, финансовый бюджет, дискретное производство, гетерогенная полиполия.*

**Введение.** В литературе по управлению существует разграничение между стратегией, политикой и тактикой организации, а именно стратегия определяет тактику и политику, причем планирование деятельности организации осуществляется на уровне стратегии, а реализация планов – на уровне тактики и политики [1]. На основе анализа определений, используемых в литературе по экономике и управлению, предложена таблица сравнительных характеристик политики, стратегии и тактики организации (табл. 1), в основу которой положена таблица из книги Ю.А. Афонина и А.П. Жабина [2].

Стратегические решения обычно реализуются в разных направлениях бизнеса, таких, как маркетинг, производство, закупки и финансы. Различные виды деятельности компании должны координироваться через разработку общей программы действий на будущие периоды. Такие подробные программы обычно в иностранной литературе называют сметами, а в отечественной литературе – бюджетами [3]. В рамках краткосрочного планирования для разработки основных параметров бюджетов предлагается сформировать модель планирования производственной деятельности.

При построении моделей планирования производственной деятельности в научной литературе используется ряд подходов. Так, для совершенной конкуренции считают, что цена на продукцию фиксирована и задана рынком, предприятие не в состоянии на нее повлиять. В условиях монополии цену устанавливает сам производитель, но в модель задачи вводится ограничение, которое ограничивает объём реализуемой продукции спросом потребителей, зависящим от цены монополиста. При олигополии все производители, изменяя цену, изменяют объём спроса. Данный случай является довольно сложным и рассматривается в теории игр, особенно ситуация усложняется, если система является иерархической и в ней можно образовывать коалиции или менять ее структуру [4]. Разрабатываемая в данной статье модель должна учитывать, что рынок, на котором взаимодействуют региональные промышленные предприятия, является гетерогенной полиполией.

Продавец ведет себя полиполистично, если он ожидает, что его сбыт зависит от его цены, поведения покупателей, а также цен других продавцов, но на его собственные действия не следует никакой реакции конкурентов.

Таблица 1. Сравнение политики, стратегии и тактики

Признак	Политика	Стратегия	Тактика
1. Уровень иерархии	Высший уровень менеджмента	Высший и средний уровень менеджмента	Средний и низовой менеджмент
2. Горизонт времени	Долгосрочный	Долгосрочный и среднесрочный	Краткосрочный
3. Уровень объекта	Объединение предприятий, предприятие	Объединение предприятий, предприятие, производство	Производство, цех, участок, рабочее место
4. Вид объекта	Система	Система, проект	Операция
5. Неопределенность	Высокая степень	Высокая и средняя степень	Низкая степень
6. Потребность в информации	Внешняя, макросреда	Внешняя, микросреда	Внутренняя
7. Альтернативы	Ограничены условиями внешней макросреды	Широкий спектр альтернатив, ограниченный политикой и условиями внешней макро- и микросреды	Альтернативы ограничены политикой, стратегией, условиями внешней и внутренней среды
8. Степень детализации	Не детализировано	Укрупненная проработка	Детальная проработка

Это поведение актуально, особенно тогда, когда число продавцов велико, но при этом каждый из них имеет маленькую производительную мощность, каждый продавец с помощью особенностей продукции, рекламы сервиса и т.п. стремится создать «аквизиторный потенциал» (способность «привязать» к себе покупателя) и число покупателей велико.

Для описания возможностей ценовой политики продавца на полиполистическом рынке используется полиполистическая функция сбыта Гуттенберга [5]. Если продавец повышает свою цену в пределах монополистического участка, а конкуренты сохраняют свои старые цены, то продавец не теряет покупателей, они лишь ограничивают своё потребление. Эта верность постоянных клиентов объясняется аквизиторным потенциалом продавца.

Если продавец (и только он) поднимает цену до верхнего полиполистического отрезка, то его покидает часть постоянных клиентов, чтобы покупать у конкурентов, так как различие в цене больше не уравновешивается аквизиторным потенциалом. Но для отдельных конкурентов увеличение объёма продаж остается всё же незаметным, так как ушедшие от продавца

постоянные клиенты распределяются по многочисленным продавцам.

Если продавец снижает цену в пределах монополистического участка, то его постоянные клиенты расширяют свой спрос. При дальнейшем снижении цен до нижнего полиполистического отрезка он получает даже дополнительных клиентов, приходящих от конкурентов, так как цена продавца так низка, что постоянные клиенты конкурентов больше не будут связаны аквизиторными потенциалами последних. Однако возможности расширения рыночной доли продавца ограничены пределами его производственных мощностей. Причём для конкурентов уменьшение спроса у них останется незаметным (ниже «порога чувствительности»).

Таким образом, при гетерогенной полиполилии поведение каждого продавца как монополиста ограничено определёнными рамками. Он должен считаться с возможной текучестью покупателей в обоих направлениях.

Однако из-за ее незначительных размеров будет отсутствовать ценовая реакция конкурентов. Поэтому максимально прибыльная комбинация цены и количества в соответствии с положением функ-

ций спроса и затрат может находиться как на монополистическом, так и на полиполистическом отрезке [4-5].

С учетом вышесказанного для формирования экономико-математической модели планирования производственной деятельности предлагается авторский подход определения цен и объемов производства готовой продукции и закупки ресурсов на рынках полиполии (рис. 1).

Подход предполагает следующую последовательность действий. В самом начале предприятие определяет допустимое множество цен на реализуемую продукцию, то есть минимальную и максимальную границы цены, внутри которых действует аквизиторный потенциал, и фактически рынок готовой продукции можно считать монопольным.

Затем оно проводит анкетирование основных потребителей для определения потребностей и индивидуальных функций спроса. После того, как клиенты определились с объемами требуемой продукции (немаловажную роль при определении потребностей играют цены на предлагаемую производителем продукцию), предприятие производит расчёт потребностей в ресурсах, необходимых для производства требуемого потребителям количества продукции. В зависимости от объема заказов проводятся переговоры с поставщиками комплектующих, сырья и материалов на получение скидок.

Этап планирования завершается формированием оптимального сводного бюджета, включающего цены, объёмы поставок и объёмы закупок ресурсов.

Этап реализации начинается с направления оферт поставщикам и потребителям, при подтверждении их заключаются договоры поставок продукции с потребителями и договоры закупок комплектующих, сырья и материалов с поставщиками. Далее потребители производят предоплату по договорам поставки,

после чего осуществляется оплата и поставка комплектующих от поставщиков. Из комплектующих, сырья и материалов, поступающих от поставщиков, и остатков на складе производится готовая продукция.

Пока договор с потребителем действует, предполагается, что осуществляется контроль над выполнением плановых параметров производства и бюджета. В случае отклонений предлагается проводить анализ, разрабатывать и реализовывать корректирующие мероприятия для полного и качественного исполнения договора поставки.

В конце планового периода в соответствии с условиями договора поставки потребителем производится полная оплата за поставленную продукцию, и срок действия считается законченным. После этого в соответствии со стратегическими планами возможно продолжение или отказ от выпуска того или иного вида продукции.

При формировании модели предлагается для целей бюджетирования использовать критерий прибыли, который рассчитывается в бюджете прибыли или рентабельности реализации.

Таким образом, учитывая зависимость прибыли от цен и объемов продаж, ее можно моделировать следующим образом:

$$\Pi(p, q) = R(p) - C_v(q) - C(q)$$

или

$$\Pi(p) = R(p) - C_T(q(p)).$$

Для расчета прибыли необходимо определить выручку  $R(p)$  и совокупные издержки  $C_T(q(p))$ . Пусть цена за единицу продукции  $i$ -ой ассортиментной позиции составляет  $p_i, (i=1, \dots, I)$  рублей, где  $I$  – количество ассортиментных позиций, тогда  $p = (p_1, \dots, p_i, \dots, p_I)$  – вектор цен на готовую продукцию.

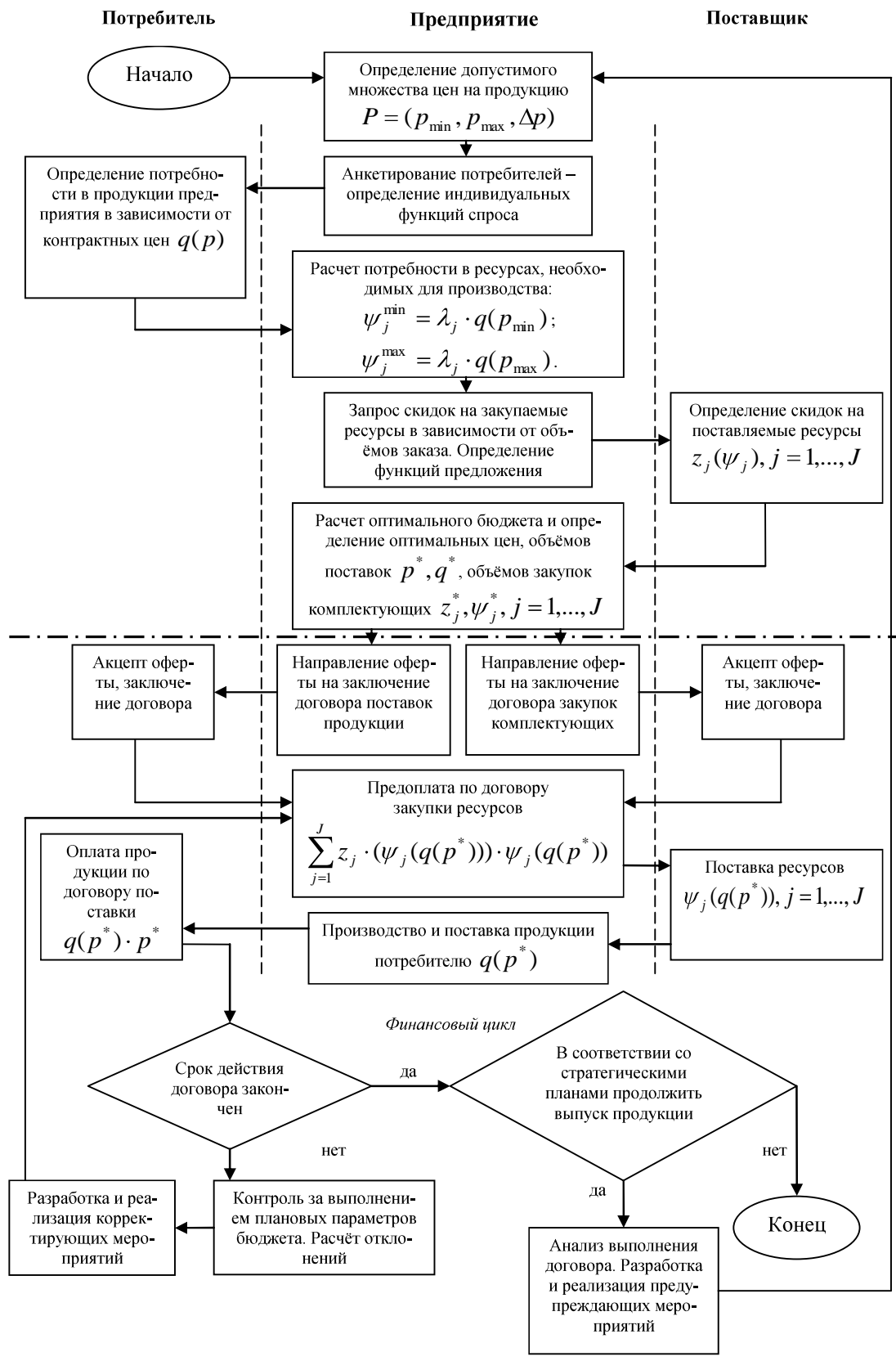


Рис. 1. Подход по планированию производственной деятельности предприятием на рынке гетерогенной полиполии

Индивидуальная функция спроса  $n$ -го покупателя для  $i$ -й ассортиментной позиции при цене  $p_i$  равна  $q_{in}(p_i), (n=1, \dots, N)$ , где  $N$  – количество анкетированных дилеров.

Рыночный спрос на  $i$ -ую ассортиментную позицию получается суммированием индивидуальных функций спроса:

$$q_i(p_i) = \sum_{n=1}^N q_{in}(p_i),$$

тогда вектор рыночного спроса на всю продукцию:

$$q(p) = (q_1(p_1), \dots, q_i(p_i), \dots, q_I(p_I)).$$

При опросе дилеров в анкетах рекомендуется указывать цены, находящиеся во всех трех полиполистических участках, что позволит определить их границы и точку максимальной прибыли. Зная функцию рыночного спроса и цены, устанавливаемые на готовую продукцию, можно рассчитать доход или выручку (рассчитывается в бюджете продаж):

$$R(p) = \sum_{n=1}^N \sum_{i=1}^I q_{in}(p_i) \cdot p_i.$$

С другой стороны, зная цены на сырье, материалы, комплектующие и объемы их приобретения, можно определить издержки предприятия. Для того, чтобы рассчитать объемы закупок, предлагается формировать матрицу технологических коэффициентов, задающую количество каждого вида ресурсов, необходимых для изготовления единицы готовой продукции. При известных объемах производства и матрице технологических коэффициентов выявляется потребность каждого из подразделений и суммарная потребность предприятия в комплектующих, сырье, материалах (материальных ресурсах).

В данной работе в модели предлагается учитывать то, что поставщики предоставляют скидки и то, что объемы закупок зависят от объемов продаж и рассчитываются с помощью матрицы технологических коэффициентов следующим образом:

$$\psi_{ij}(q_i) = \lambda_{ij} \cdot q_i,$$

где  $\psi_{ij}(q_i), (j=1, \dots, J)$  – функции, обратные к производственной,  $\lambda_{ij}$  – технологические

коэффициенты, показывающие, сколько сырья, материалов и комплектующих изделий  $j$ -го вида необходимо для производства единицы готовой продукции  $i$ -й ассортиментной позиции, причем эти коэффициенты образуют соответствующую матрицу  $-\lambda = \left\| \lambda_{ij} \right\|_{\substack{i=1, \dots, I \\ j=1, \dots, J}}$ .

Схема расчета объемов ресурсов  $j$ -го вида, необходимого для производства продукции в объемах  $q(p)$ , приведена далее (рис. 2). На первом этапе определяются объемы каждого вида ресурса, необходимого для производства каждой ассортиментной позиции:

$$\psi_{ij}(q_i) = \lambda_{ij} \cdot q_i.$$

На втором этапе объемы ресурсов суммируются по всем позициям:

$$\psi_j(q(p)) = \sum_{i=1}^I \psi_{ij}(q_i(p_i)) = \sum_{i=1}^I \lambda_{ij} \cdot q_i(p_i),$$

где суммарная потребность в  $j$ -м виде ресурса рассчитывается в бюджете производственных запасов.

Здесь необходимо отметить, что вышеприведенная формула является упрощенной моделью, так как производство – это сложный процесс, который предполагает различные технологии и графики календарного планирования работ.

Как уже было выявлено ранее, цены поставщиков  $z_j$  зависят от объемов заказа ресурсов  $\psi_j, (j=1, \dots, J)$ . Для определения функции предложения ресурсов поставщиками  $z_j(\psi_j(q(p)))$ , отображающей зависимость между ценами и объемами закупок, предлагается производить опрос поставщиков, которые сообщают о размере скидки при различных объемах заказа.

Тогда переменные издержки на закупку материальных ресурсов будут представлять собой произведение цены на объём закупки (рассчитывается в бюджете материальных затрат):

$$C_v(q) = \sum_{j=1}^J z_j(\psi_j(q(p))) \cdot \psi_j(q).$$

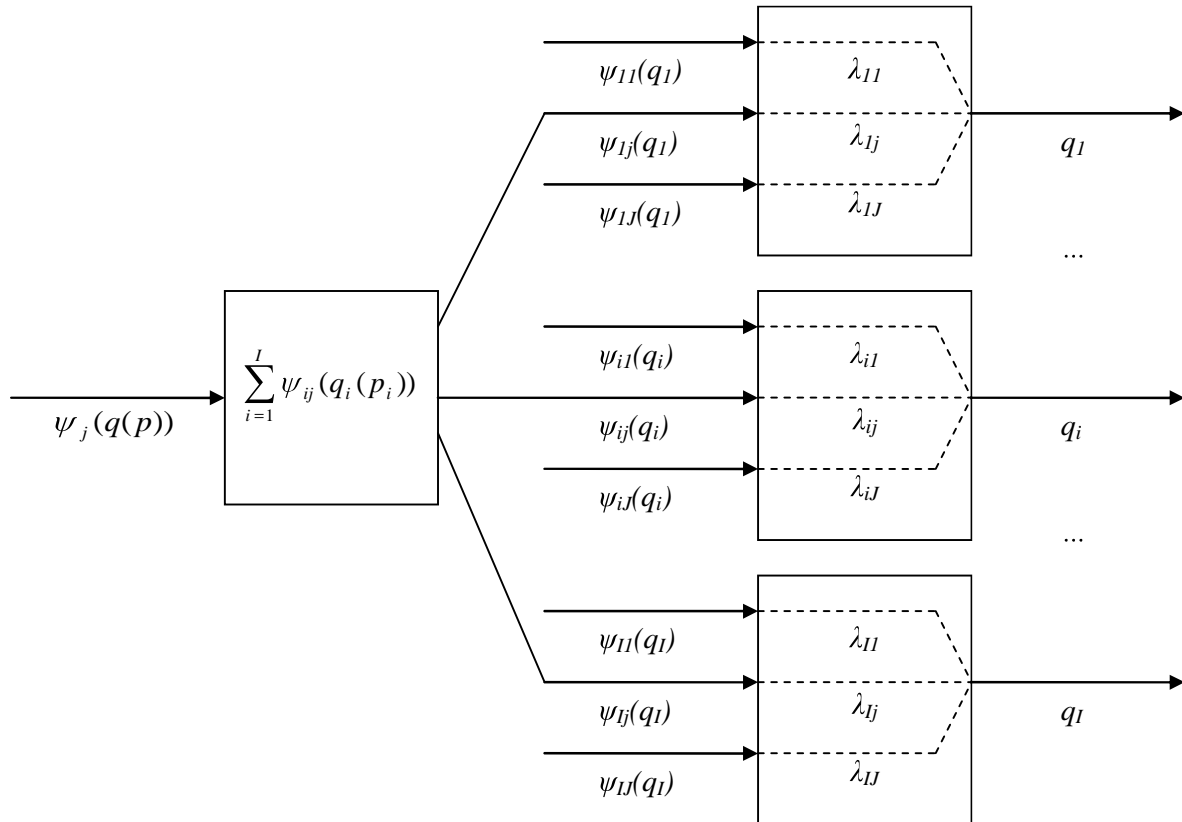


Рис. 2. Схема расчёта объёма ресурсов  $j$ -го вида, необходимого для выпуска продукции

Общие же издержки предприятия складываются из затрат на закупки материальных ресурсов и всех остальных затрат, которые также зависят от объёма выпускаемой продукции и включают переменные и постоянные составляющие (рассчитывается в бюджете себестоимости):  $C_T(q) = C_V(q) + C(q)$ . В  $C(q)$  входят затраты на заработную плату (бюджет трудовых затрат), накладные расходы и ком-

мерческие расходы (соответствующие бюджетам), а также налоговые и социальные платежи.

При известных выручке и издержках экономико-математическая модель планирования продаж и объёмов товарно-производственных запасов в полной форме будет выглядеть следующим образом (рассматривается в бюджете доходов и расходов (рис. 3):

$$\left\{ \begin{array}{l} \Pi(p) = \sum_{k=1}^K (R_k(p) - C_{Tk}(p)) \xrightarrow{p \in P} \max; \\ R_k(p) = S_k \sum_{n=1}^N \sum_{i=1}^I q_{in}(p_i) \cdot p_i; C_{Tk}(q) = S_K^2 \sum_{j=1}^J [z_j (\sum_{i=1}^I \lambda_{ij} \cdot q_i(p_i)) \cdot \sum_{i=1}^I \lambda_{ij} \cdot q_i(p_i)] + C(q(p)); \\ \forall_k \sum_{\kappa=1}^k (R_{\kappa}(p) - C_{T\kappa}(p)) \geq 0; 0 \leq q_i \leq Q_i, (i = 1, \dots, I). \end{array} \right.$$

где в сумме прибыли первые слагаемые – это доходы предприятия в  $k$ -м месяце, зависящие от устанавливаемых цен; второе слагаемое – все затраты предприятия, связанные с закупкой комплектующих, реализацией и производством

готовой продукции в  $k$ -м месяце,  $S_k$  – коэффициент сезонности для  $k$ -го месяца.

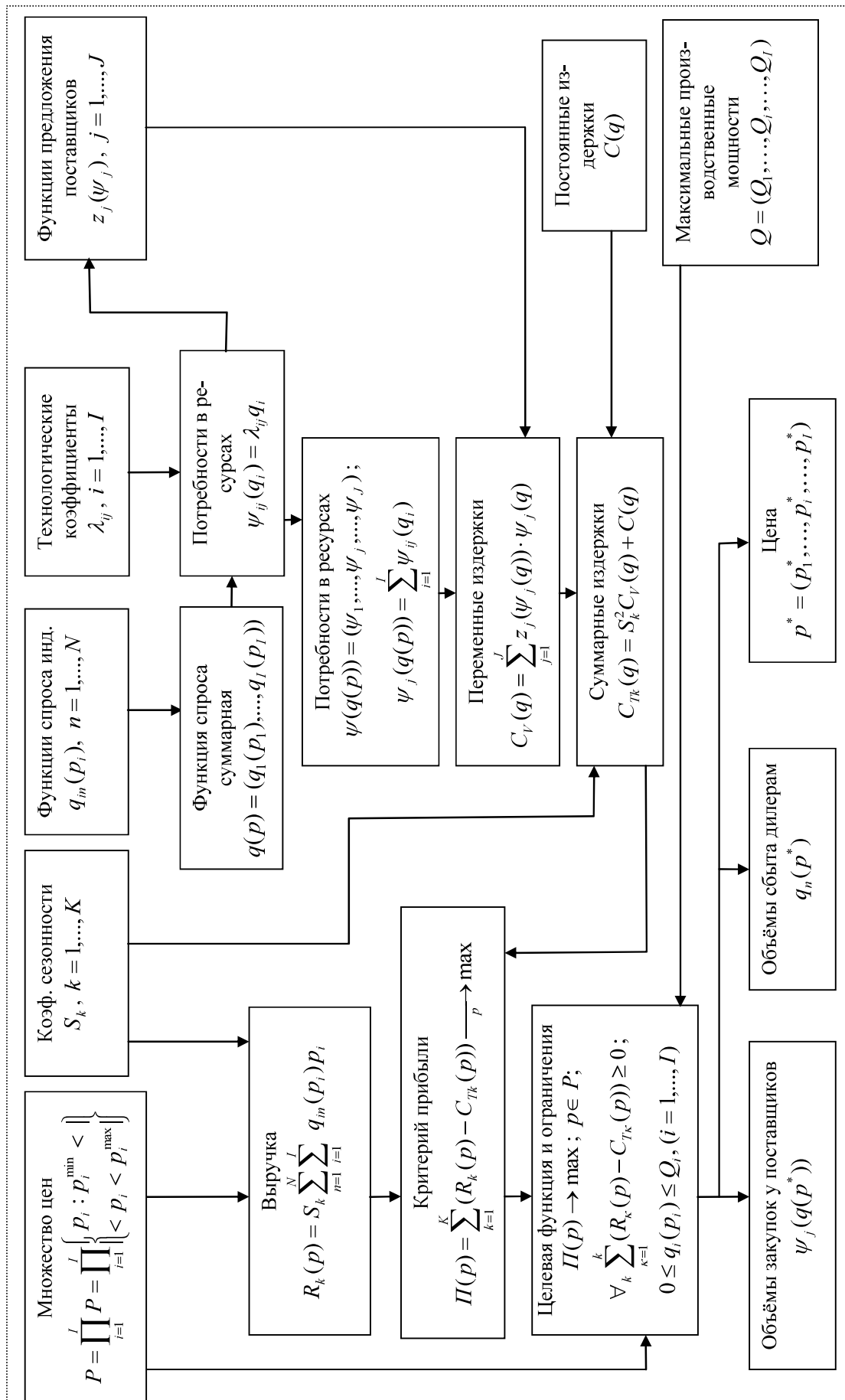


Рис. 3. Модель планирования производственной деятельности предприятия в условиях гетерогенной политики

В том случае, если все функции, используемые в модели, непрерывны, то максимальное значение прибыли достигается при оптимальных ценах  $p^*$ , которые находятся путем приравнивая производной целевой функции к нулю.

Однако функции предложения ресурсов поставщиками не являются непрерывными. Кроме того, на практике функции спроса на готовую продукцию могут быть кусочно-постоянными, а цены могут изменяться дискретно, а в некоторых случаях вообще иметь

несколько вариантов значений. Поэтому для решения оптимизационной задачи в работе можно использовать метод перебора или метод Монте-Карло, так как часто невозможно использовать стандартные методы решения, например встроенные процедуры поиска оптимального решения в программе Excel, основанные на методах Ньютона и градиентных методах. Для решения вышеуказанной задачи предлагается следующий алгоритм.

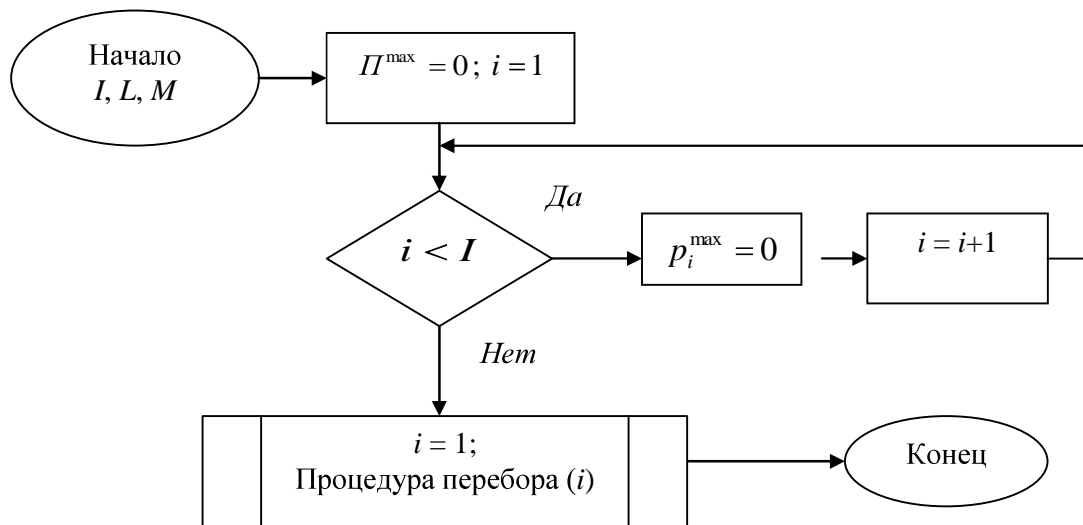


Рис. 4. Алгоритм рекурсивного решения оптимизационной модели

В описании алгоритма использованы следующие обозначения:  $I$  – количество видов продукции;  $L$  – количество отсчётов дискретизации цен;  $M$  – количество периодов планирования;  $\Pi^{\max}$  – значение максимальной прибыли;  $p^{\max} = (p_1^{\max}, \dots, p_i^{\max}, \dots, p_I^{\max})$  – вектор оптимальных цен;  $p_i^{\max}$  – цена на  $i$ -й вид продукции, обеспечивающая максимальную прибыль. Предлагаемый алгоритм использует рекурсивную процедуру перебора цен. На рисунке 4 представлена схема такой процедуры. В данной схеме использованы следующие обозначения:  $K_m$  – значение кэш-фло в  $m$ -м периоде;  $f_K^m$  – функция расчета кэш-фло в  $m$ -м периоде;  $\Pi$  – значение прибыли;  $f_{\Pi}$  – функция расчета прибыли;  $p_i$  – текущая цена на

$i$ -й вид продукции;  $p = (p_1, \dots, p_i, \dots, p_I)$  – вектор текущих цен;  $T_i^l$  –  $l$ -ое значение отсчета дискретизации цены на  $i$ -й вид продукции.

Представленная процедура перебора цен реализации продукции по очереди анализирует каждую цену из матрицы цен. Если при данном значении цены кэш-фло будет отрицательное, процедура переходит к рассмотрению следующего значения цены. Если кэш-фло положительное, то процедура присваивает специальной переменной значение прибыли, полученной при данной цене. Далее процедура переходит к анализу следующей цены из матрицы цен.



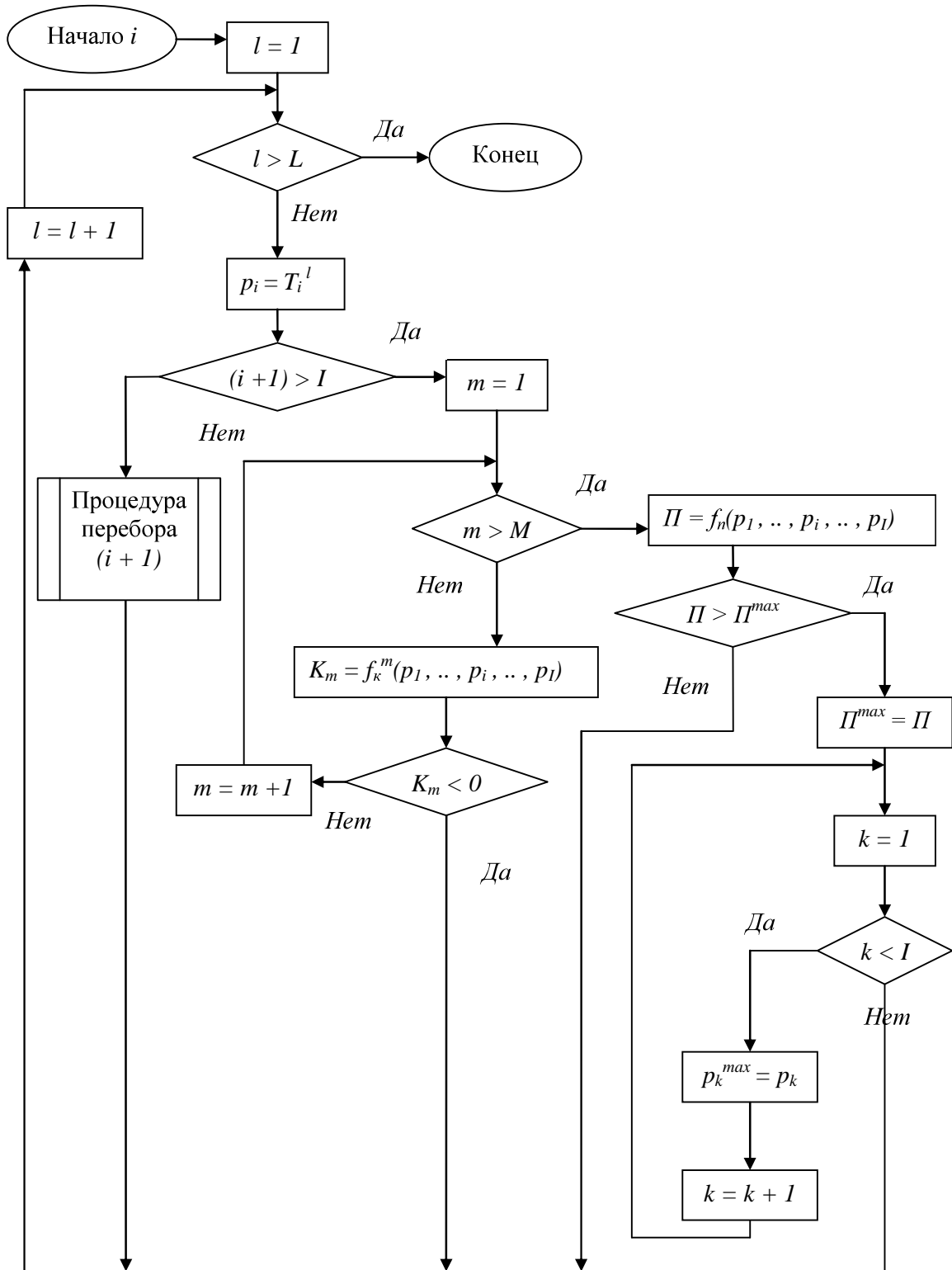


Рис. 5. Схема процедуры перебора цен реализации продукции

Определив следующее значение цены, при котором кэш-фло будет положительным, процедура опять переходит к определению величины полученной прибыли. Если при реализации продукции по данной цене получена прибыль, большая, чем при предыдущем значении цены, то специальной переменной присваивается новое значение взамен старого. Таким образом, процедура анализирует все варианты цен на реализуемую продукцию и выявляет ту цену, при которой прибыль предприятия будет максимальной при условии положительного кэш-фло в каждом из периодов.

**Выводы.** Решение разработанной модели с использованием предложенного алгоритма позволяет определить вектор цен  $p^*$ , по которым предприятие заключает договоры с каждым из покупателей на поставку заданного объёма продукции по каждой группе

$$q_n(p^*) = (q_{1n}(p_1^*), \dots, q_{in}(p_i^*), \dots, q_{ln}(p_l^*))$$

и с каждым из поставщиков на поставку  $j$ -го вида ресурсов в количестве

$$\psi_j(q(p)) = \sum_{i=1}^I \psi_{ij}(q_i(p_i)) = \sum_{i=1}^I \lambda_{ij} \cdot q_i(p_i).$$

Предлагаемая модель и алгоритм обладают следующими особенностями:

1) модель рассчитана на краткосрочное планирование деятельности предприятия с дискретным характером производства;

2) модель позволяет рассчитать цены, которые являются оптимальными для рынка гетерогенной полиполии;

3) модель позволяет рассчитать основные параметры бюджета продаж, бюджета производства, бюджета материальных затрат, бюджета закупок, бюджета дохода и расходов;

4) алгоритм позволяет подобрать оптимальные цены на готовую продукцию методом перебора, используя рекурсивный алгоритм.

#### Библиографический список

1. Мескон, М.Х. Основы менеджмента: пер. с англ. / М.Х. Мескон, М. Альберт, Ф. Хедоури. – М.: Дело, 2005.
2. Афонин, Ю.А. Менеджмент организации / Ю.А. Афонин, А.П. Жабин. – М.: Экономика, 2004.
3. Друри, К. Управленческий учёт для бизнес-решений. – М.: Юнити, 2003.

4. Богатырёв, В.Д. Экономическая теория для бакалавров менеджмента / В.Д. Богатырёв, А.Ю. Ситникова. – Самара: СГАУ, 2008.

5. Шмален, Г. Основы и проблемы экономики предприятия: пер. с нем. / Под ред. проф. А. Г. Поршнева. – М.: Финансы и статистика, 1996.

### MODEL AND ALGORITHM OF SHORT-TERM PLANNING OF INDUSTRIAL ACTIVITY OF THE ENTERPRISE IN THE CONTEXT OF HETEROGENEOUS POLYPOLY

© 2011 V.D. Bogatyrev, V.G. Levitan

Samara State Aerospace University named after academician S.P. Korolyov  
(national research university)

A model of enterprise production planning in a heterogeneous polypoly, taking into account the discrete nature of production, is presented. The model is intended for the formation of basic parameters of operating and financial budgets in the short term.

*Economic-mathematical model, short-term planning, operating budget, financial budget, discrete manufacturing, heterogeneous polypoly.*

**Информация об авторах:**

1. Богатырёв Владимир Дмитриевич, д.э.н., профессор, проректор по образовательной и международной деятельности СГАУ, [samelev@rambler.ru](mailto:samelev@rambler.ru); область научных интересов: промышленные комплексы, экономико-математические модели, согласование взаимодействия.

2. Левитан Вадим Германович, кандидат экономических наук, ассистент кафедры финансы и кредит СГАУ; область научных интересов: развитие банковского менеджмента в период кризиса.

**Information about authors:**

1. Bogatyrev Vladimir Dmitrievitch, professor, vice-rector of SSAU, [samelev@rambler.ru](mailto:samelev@rambler.ru); Area of research: enterprises, economic-mathematical models, coordinated interconnection.

2. Levitan Vadim Hermanovich, candidate of economic science, assistant of the department of finances and credit; Area of research: development of bank management in the period of crisis.