

ББК 65.23; УДК 338.984

АЛГОРИТМИЗАЦИЯ ПЛАНИРОВАНИЯ ОПЕРАЦИОННОЙ И ФИНАНСОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

© 2012 В. Д. Богатырев, О. В. Есипова

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

Для решения дискретных моделей планирования операционной и финансовой деятельности производственного предприятия предлагаются два алгоритма – алгоритм перебора и его модифицированный вариант. Модифицированный алгоритм позволяет сократить трудоёмкость расчётов за счёт разбиения задачи на четыре независимые процедуры.

Алгоритм, бюджетирование, экономико-математическая модель, производственная программа, программа кредитования, метод перебора.

Введение. Многие экономико-математические модели нацелены на поиск оптимального управленческого решения. Среди учёных-математиков можно выделить ряд тех, кто занимался оптимизационными экономическими задачами и алгоритмами их решения, например, Дж. Данциг (1947), Д. Нейман (1975). Особое место среди них занимает Э. Полак, который классифицирует алгоритмы оптимизации, утверждая, что существует лишь несколько исходных моделей и принципиальных схем алгоритмов их решения [1]. В данной статье предлагаются алгоритмы решения дискретных экономико-математических моделей планирования операционной и финансовой деятельности производственного предприятия, реализующего продукцию на рынке несовершенной конкуренции без учета долгосрочных инвестиционных проектов [2].

В качестве целевой функции таких моделей наиболее часто выбирают валовую или чистую прибыль предприятия после уплаты налогов. Искомыми переменными таких моделей могут выступать: цены, которые определяют спрос на готовую продукцию и задают объём продаж; объёмы производства, которые могут не совпадать с объёмами реализации из-за сезонности продаж; объёмы закупки производственных запасов, которые могут не совпадать с объёмами, необходимыми для производства из-за особенностей работы

поставщиков и транспорта; график платежей по кредитной линии. Ограничениями выступают следующие неравенства: ограничение на остаток денежных средств предприятия в каждом из временных периодов, ограничения на объёмы кредитования, ограничения на рентабельность продаж, коэффициенты текущей и абсолютной ликвидности, заданные кредитными организациями в качестве обязательных условий открытия кредитной линии [3, 4].

Особенностью моделей является то, что ряд зависимостей не являются непрерывными, например, зависимость цены на сырье от закупаемых объёмов или зависимость числа транспортных контейнеров от объёма закупаемых материалов. Они задаются в табличном виде и, как правило, не могут быть аппроксимированы. Данные модели приведены в ряде работ и представляют собой уравнения взаимосвязи основных показателей операционной и финансовой деятельности, которые необходимы для построения системы бюджетов производственного предприятия и учитывают налогообложение, амортизацию, платежи и проценты по кредитам, динамику дебиторской и кредиторской задолженностей, движение активов и пассивов предприятия, что позволяет оптимизировать чистую прибыль в краткосрочном периоде [5]:

$$\Pi(p, Q, S, K) = \sum_{t=1}^T [\Pi_n^t(p, Q, S, K) - \Omega^t(p, Q, S, K)] \xrightarrow{p, Q, S, K} \max,$$

$$\Pi_n^t(p, Q, S, K) = R^t(p) - C_R^t(p, Q, S) - R_e^t - C_K^t - C_e^t - H^t(K_o^t),$$

$$\Omega^t(p, Q, S, K) = (\Pi_n^t(p, Q, S, K) - U^t) \cdot w, \quad U^t = q_U^{t-1} \cdot u,$$

$$R^t(p) = \sum_{i=1}^I q_i^t(p_i) \cdot p_i,$$

$$C_R^t(p, Q, S) = \sum_{i=1}^I C_{iR}^t(Q, S) \cdot q_i^t(p_i),$$

$$F^t = F^{t-1} + f_R^t - f_C^t,$$

$$f_R^t = f_P^t + f_{AP}^t + f_{ER}^t + K_n^t,$$

$$f_C^t = f_Z^t + f_{AZ}^t + f_W^t + f_\Omega^t + f_{EC}^t + f_H^t + K_v^t,$$

$$F^t \geq F_{\min}^t,$$

$$f_P^t = \sum_{b=-b^*}^{-1} R^{1+b} \cdot a_R^b + R^t \cdot a_R^0, \quad f_{AP}^t = \sum_{b=1}^{b^*} R^{t+b} \cdot a_R^b, \quad \sum_{b=-b^*}^{b^*} a_R^b = 1,$$

$$f_Z^t = \sum_{b=-b^*}^{-1} S^{t+b} \cdot a_Z^b + S^t \cdot a_Z^0, \quad f_{AZ}^t = \sum_{b=1}^{b^*} S^{1+b} a_Z^b, \quad \sum_{b=-b^*}^{b^*} a_Z^b = 1,$$

$$f_W^t = W^{t-1} \cdot a_W^{-1} + W^t \cdot a_W^0, \quad a_W^{-1} + a_W^0 = 1,$$

$$f_\Omega^t = \Omega^{t-1} \cdot a_\Omega^{-1}, \quad a_\Omega^{-1} = 1,$$

$$f_{EC}^t = \sum_{b=-b^*}^0 (C_H^{t+b} + C_K^{t+b} + E_Q^{t+b} + E_M^{t+b} + \Gamma^{t+b}) \cdot a_Z^b, \quad \sum_{b=-b^*}^0 a_{EC}^b = 1,$$

$$K_o^t = \sum_{g=1}^G K_{0g}^t = \sum_{g=1}^G \sum_{t=1}^t (K_{ng}^t - K_{vg}^t), \quad K_v^t = \sum_{g=1}^G K_{vg}^t, \quad K_n^t = \sum_{g=1}^G K_{ng}^t,$$

$$\forall g = 1, \dots, G \quad K_g^{\max} \geq K_{0g}^t \geq 0,$$

$$H^t(K_o^t) = f_h^t = \sum_{g=1}^G H_g^t(K_{og}^t), \quad H_g^t = h_g \cdot K_{og}^t,$$

$$A^t = B^t,$$

$$A^t = \Phi^t + \Theta^t,$$

$$\Phi^t = F^t + j_M^t + j_Q^t + j_D^t + j_R^t,$$

$$\Theta^t = q_N^t + q_U^t + q_K^t,$$

$$B^t = \Delta^t + \Xi^t + \Psi^t,$$

$$\frac{F^t}{\Psi^t} > L_{abs}, \quad \Psi^t = y^t = y^{t-1} - y_\Delta^{t-1} + C^t - f_Z^t - f_W^t - f_{EC}^t - f_\Omega^t - f_H^t + f_{AP}^t + K_o^t,$$

$$\frac{\Phi^t - j_R^t}{\Psi^t} > L_{current}, \quad j_R^t = j_R^{t-1} - j_\Delta^{t-1} + R^t - f_P^t - f_{ER}^t + f_{AZ}^t,$$

$$R_r^t = \frac{\Pi^t}{R^t} > R_r^*.$$

Переменные модели приведены на рис. 1.

A — сумма активов предприятия, a — сумма амортизаций,
 B — сумма кредиторской задолженности,
 C_K — коммерческие расходы, C_{iH} — накладные расходы,
 C_{iP} — себестоимость произведенной продукции,
 C_{iR} — себестоимость реализованной продукции,
 E — сумма дебиторской задолженности,
 e_* — сумма поступлений денежных средств от покупателя,
 F — сальдо денежных средств, g — номер банка ($g = 1, \dots, G$),
 i — вид готовой продукции ($i = 1, \dots, I$), j — вид сырья и материалов ($j = 1, \dots, J$),
 K_o — сумма краткосрочной задолженности перед банком,
 M — объем прихода сырья на склад, m — объем расхода в производство сырья,
 n — номер отдельного потребителя или поставщика ($n = 1, \dots, N$),
 O — стоимость запасов сырья и готовой продукции на складе,
 p — цена единицы готовой продукции,
 q — объем реализованной готовой продукции,
 Q — объем производства готовой продукции,
 R — выручка от реализованной продукции,
 R_b — сумма задолженности перед бюджетом,
 R_w — сумма задолженности по заработной плате,
 R_z — сумма задолженности перед поставщиками,
 R_v — сумма прочей кредиторской задолженности,
 S_d — объем долгосрочных займов, S_r — объем краткосрочных займов,
 t — текущий период ($t = 1, \dots, T$), U — стоимость основных средств,
 v — объем незавершенных капитальных вложений,
 V — сумма уставного капитала, h — сумма добавочного и резервного капитала,
 w — размер почасовой оплаты труда, W — расходы на оплату труда,
 X — остаток готовой продукции или сырья на складе,
 \tilde{z} — средняя цена за единицу сырья или материала,
 z_* — сумма оплаченной кредиторской задолженности,
 b — доля поступления денежных средств, b_g — процентная ставка по кредиту,
 Φ — стоимость оборотных активов, q — стоимость незавершенного производства,
 Π_* — нераспределенная прибыль, Π — текущая прибыль,
 c — ставка налога, c_* — сумма налога,
 Ξ — стоимость внеоборотных активов,
 Ψ — стоимость собственных средств, Λ — стоимость нематериальных активов.

Рис. 1. Переменные экономико-математической модели

Разработка алгоритмов планирования операционной и финансовой деятельности. Для решения модели предлагается использовать широко распространённый алгоритм перебора, в котором перебираются все возможные комбинации иско-

мых переменных и рассчитываются все бюджеты предприятия. В результате этого выбирается наилучший вариант с максимальной чистой прибылью, обеспечивающий соблюдение всех ограничений. Достоинство данного алгоритма в том, что он яв-

ляется наиболее точным, но его недостаток в большой трудоёмкости расчётов. На рисунке 2 представлен рекурсивный алгоритм перебора, предназначенный для решения

дискретных экономико-математических моделей бюджетирования операционной и финансовой деятельности предприятия.

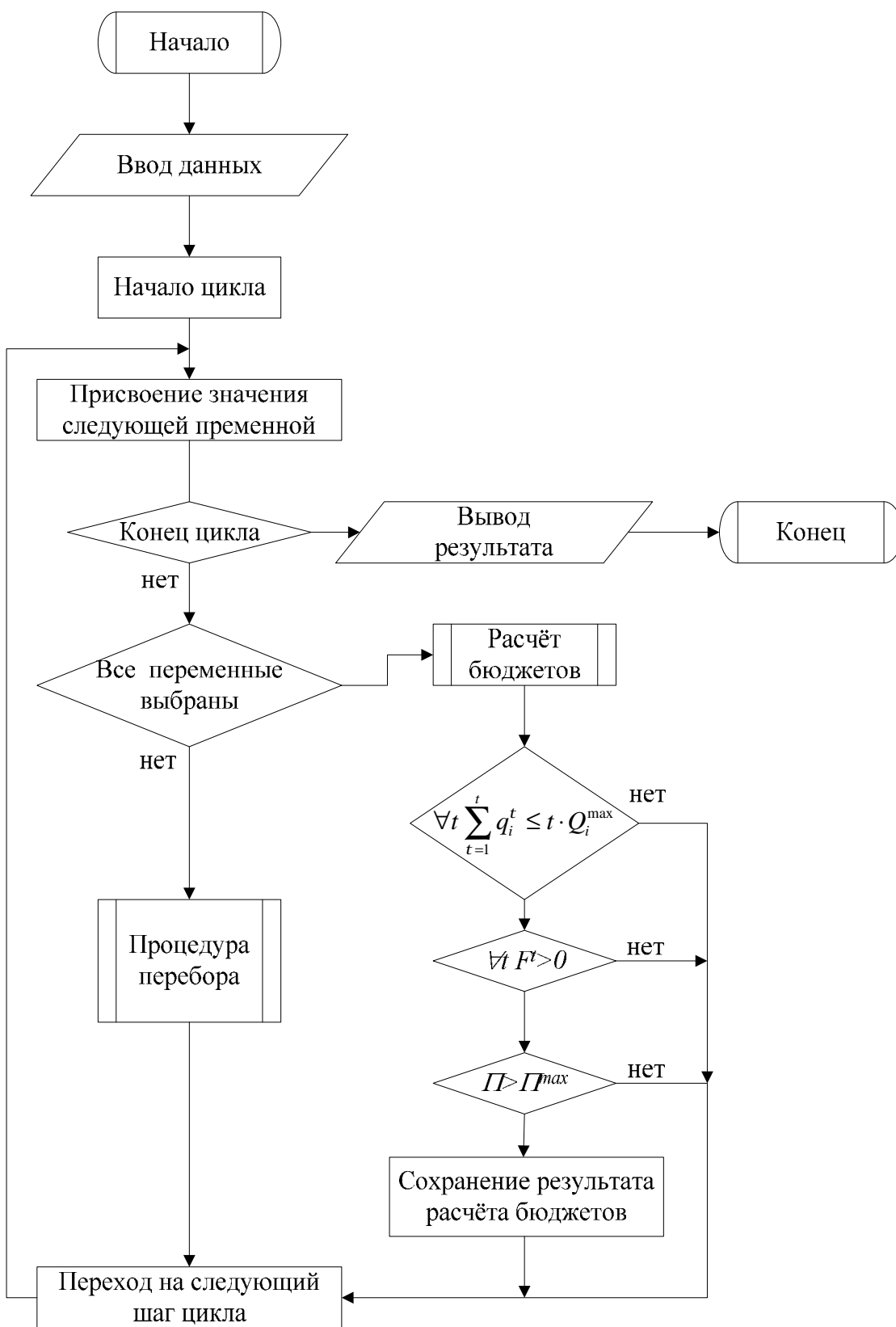


Рис. 2. Алгоритм решения оптимизационной задачи методом перебора

В алгоритме перебираются все возможные заранее определённые значения искомых переменных из заданной таблицы. Примером такой заданной таблицы является таблица цен, в которой определяются дискретные значения цен на все виды готовой продукции, использованные при анкетировании потребителей, начиная с мини-

мальных и заканчивая максимальными значениями (табл. 1). В предлагаемом алгоритме после изменения очередного значения переменной, то есть на каждом шаге цикла, заново пересчитываются все бюджеты предприятия и проводятся три проверки.

Таблица 1. Таблица значений цен на готовую продукцию

p_1^{\min}	...	p_1^{\max}
...
p_i^{\min}	...	p_i^{\max}
...
p_l^{\min}	...	p_l^{\max}

Первая проверка позволяет определить, может ли предприятие выпустить требуемый объём готовой продукции с учетом сезонности [6] или его производственных мощностей недостаточно для удовлетворения спроса. Если предприятие не способно удовлетворить спрос потребителей, то предполагается, что частичное удовлетворение спроса не возможно, так как спрос определяется ценами и объёмами, которые включаются как существенные условия в хозяйственные договоры с потребителями. Следовательно, не полное удовлетворение спроса – это нарушение производственным предприятием взятых на себя обязательств. Поэтому комбинация переменных, определяющая нереализуемый предприятием спрос, не принимается во внимание.

Вторая проверка – это проверка на положительность остатков денежных средств на счёте предприятия в каждом из периодов, так как даже при открытой кредитной линии не всегда возможно обеспечить потребности в денежных ресурсах. Если данное условие не выполняется, то комбинация переменных также не принимается во внимание.

Третья проверка определяет, получена ли на текущем шаге цикла бóльшая чистая прибыль, чем в предыдущих циклах. В том случае, если чистая прибыль больше, то

алгоритм сохраняет результат и переходит к следующему шагу цикла – к следующим значениям искомых переменных из соответствующих таблиц.

Здесь необходимо отметить, что в том случае, когда количество искомых переменных и количество их дискретных возможных значений невелико, рекомендуется использовать именно данный алгоритм.

Например, в работах [7] и [8] искомые переменными являлись только цены, которые изменялись в ограниченном диапазоне. Так, в работе [7] подбирались цены на четыре вида продукции, каждая из которых принимала четыре фиксированных значения. Для подбора оптимального решения было сделано $4^4 = 256$ расчётов всех бюджетов предприятия, начиная с бюджета продаж и заканчивая бюджетом доходов и расходов.

В работе [8] подбирались цены на шесть видов продукции, каждая из которых имела шесть значений, то есть, для подбора оптимального решения понадобилось рассчитать все бюджеты предприятия $6^5 = 46656$ раз, что уже занимает существенное компьютерное время.

В данной статье в отличие от вышеуказанных работ предполагается, что искомые переменными могут являться цены; объёмы производства, которые представ-

ляют собой матрицу; объёмы закупок, которые также представляют собой матрицу, и объёмы кредитования. Если одновременно подбираются все вышеперечисленные переменные, например, цены подбираются на три вида готовой продукции, каждая из которых может принимать пять значений; объёмы производства подбираются на три вида продукции на двенадцать месяцев планирования, в каждом из которых возможно десять фиксированных значений; объёмы закупок подбираются на тридцать два вида производственных запасов на двенадцать месяцев планирования, в каждом из которых возможно десять фиксированных значений; суммы кредитования и погашения долга рассчитываются на двенадцать месяцев только для одного банка, причём платежи также дискретны и имеют десять значений, то количество перерасчётов бюджетов составит: $5^3 \cdot 10^{36} \cdot 10^{384} \cdot 10^{12} = 125 \cdot 10^{432}$ раз. Следовательно, при необходимости подбора всех вышеперечисленных переменных задача не может быть решена данным алгоритмом в разумные сроки.

В связи с вышесказанным из-за высокой трудоёмкости расчётов предлагается модифицировать алгоритм, основанный на методе перебора (рис. 3). Данный модифицированный алгоритм предполагает декомпозицию задачи на четыре основных блока. В первом блоке методом перебора подбираются цены, и в этом он повторяет предыдущий алгоритм. Во втором блоке определяются объёмы производства, в третьем блоке – объёмы кредитования и платежи в погашение кредита, в четвёртом – объёмы закупок. Таким образом, задача оптимизации разбивается на четыре независимые по наборам искомым переменных подзадачи, решение каждой из которых выделяется в отдельную процедуру.

В модифицированном алгоритме перебора на каждом шаге цикла заново пересчитываются все бюджеты предприятия,

далее последовательно проводятся три проверки и выполняются три процедуры. Первая проверка определяет способность производственного предприятия удовлетворить спрос потребителей. В случае положительного результата процедура расчёта производственной программы устанавливает объёмы производства с учётом того, что часть продукции производится на склад в периоды пониженного спроса для её дальнейшей реализации в периоды повышенного спроса.

Далее запускается процедура расчёта программы кредитования, в которой определяются суммы, привлекаемые по кредитной линии, и суммы, которые направляются на погашение тела кредита и процентов по кредиту. Проводится вторая проверка на возможность удовлетворения потребностей производственного предприятия в денежных ресурсах за счёт использования кредитной линии в каждом из периодов.

Третья проверка определяет, получена ли на текущем шаге цикла бóльшая чистая прибыль, чем в предыдущих циклах. В том случае, если чистая прибыль больше, то модифицированный алгоритм запускает процедуру расчёта программы закупок производственных запасов с учетом цен поставщиков, стоимости доставки и стоимости хранения на собственном складе. Далее алгоритм сохраняет результат и переходит к следующему шагу цикла.

Схема реализации процедуры расчёта производственной программы представлена на рис. 4.

В процедуре расчета производственной программы реализуется цикл по всем периодам планирования операционной деятельности производственного предприятия. Особенностью процедуры является то, что цикл реализуется не с первого, а с последнего временного периода. Это необходимо для того, чтобы дефицит готовой продукции можно было покрыть за счёт производства на склад на более ранних периодах.

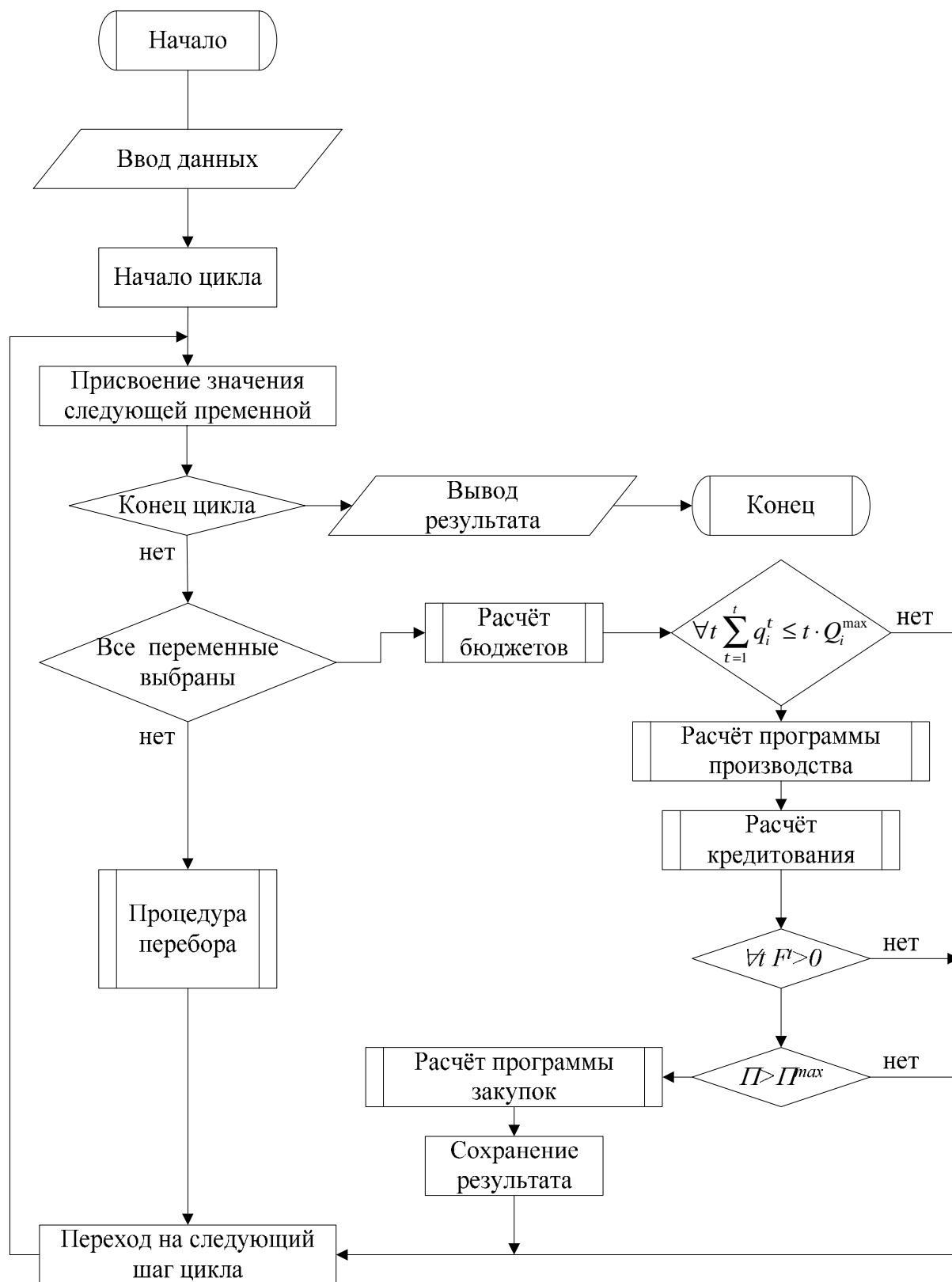


Рис. 3. Модифицированный алгоритм решения задачи методом перебора

На каждом шаге цикла проводится расчёт необходимого объёма производства, который определяется из объёма производства для удовлетворения текущего спроса потребителей и объёма производства на

склад для удовлетворения спроса потребителей в последующие периоды. Если рассчитанный объём необходимого производства больше максимальной производственной мощности предприятия, то на текущий

период планируется максимальный выпуск продукции, а разница (дефицит) между необходимым и максимальным объемами пересчитывается и переносится на следующие периоды. Если же рассчитанный объем необходимого производства меньше, то на

текущий период планируется сумма объема производства для удовлетворения текущего спроса потребителей и объема производства для покрытия дефицита в последующие периоды. Далее действия повторяются.

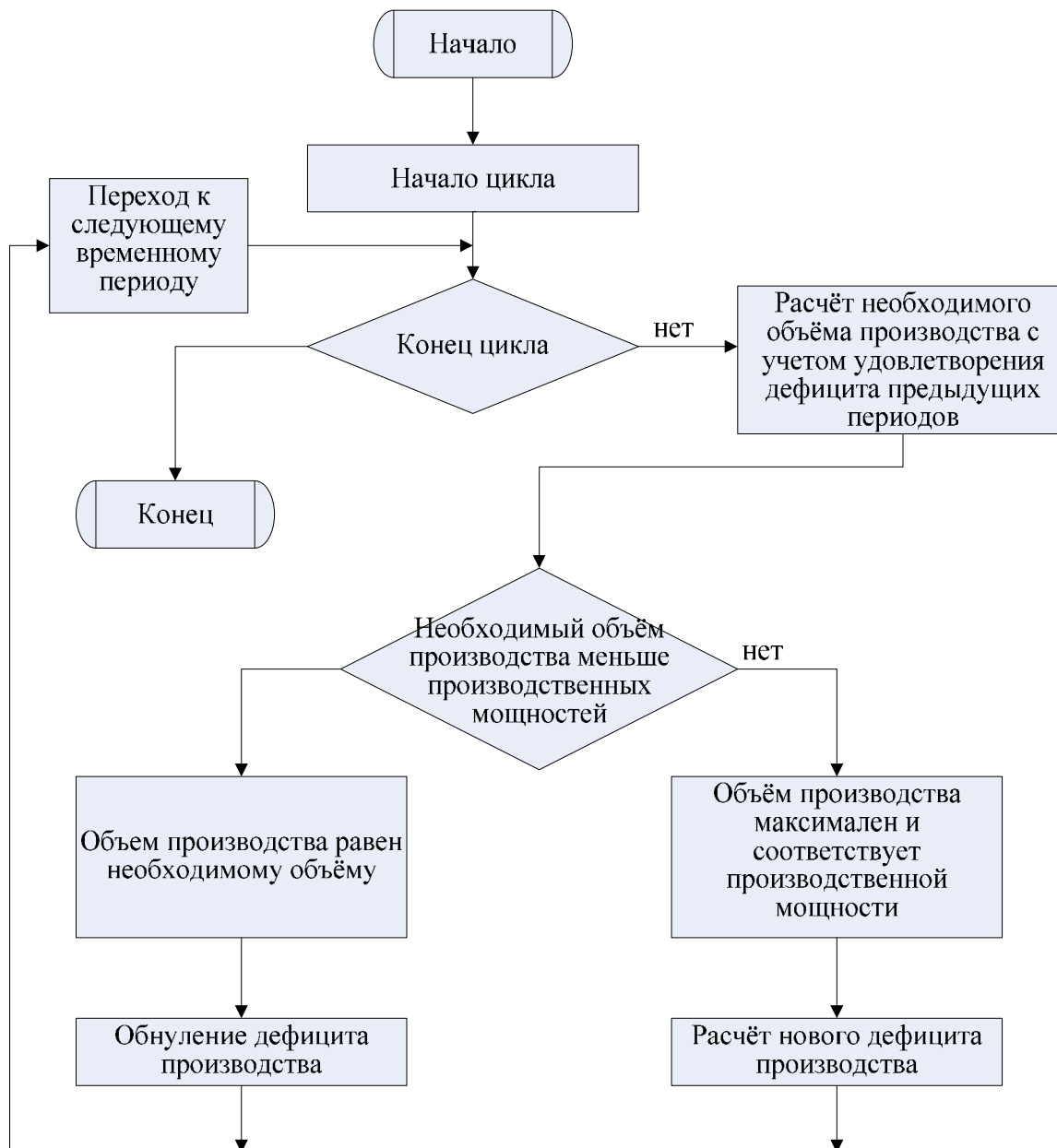


Рис. 4. Процедура расчёта производственной программы

В процедуре расчёта программы кредитования (рис. 5) реализуется цикл по всем периодам планирования финансовой деятельности производственного предприятия. На каждом шаге цикла рассчитывается остаток на конец периода как сумма всех притоков и оттоков денежных средств без учета кредита.

Если текущий остаток денежных средств на конец периода получается меньше неснижаемого остатка, то производится расчёт дефицита денежных средств производственного предприятия. Размер дефицита сравнивается с разностью максимальной суммы по кредитной линии и уже существующей задолженностью перед кре-

дитной организацией. В том случае, когда максимальная сумма кредитной линии позволяет покрыть дефицит денежных средств,

производственное предприятие получает дополнительный кредит в полном объеме своих финансовых потребностей.

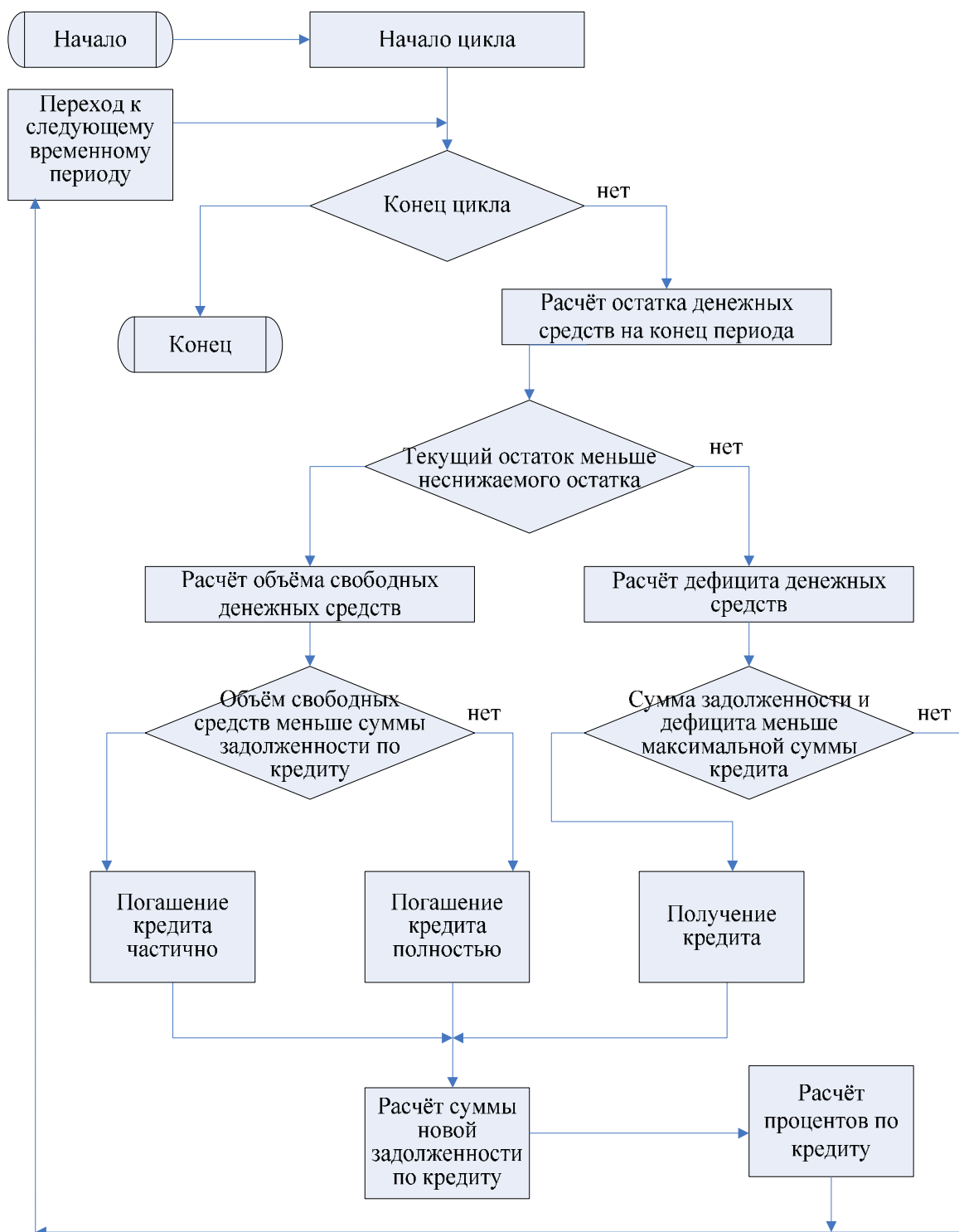


Рис. 5. Процедура расчёта кредитования

В противном случае предполагается, что кредитование невозможно и текущая комбинация искомых переменных игнорируется, а цикл переходит на следующий

шаг. Если текущий остаток денежных средств на конец периода получается больше неснижаемого остатка, то производится расчёт свободных (избытка) денеж-

ных средств производственного предприятия. При наличии непогашенного кредита избыток денежных средств направляется на его погашение.

В том случае, когда объем свободных денежных средств достаточен для погашения кредита полностью, кредит погашается полностью, в противном случае погашается только часть кредита. Далее рассчитывается сумма новой задолженности по кредиту с учетом полученного дополнительного кредита либо с учетом погашения кредита, а также проценты по кредиту. Далее процедура переходит на следующий шаг цикла.

В качестве процедуры расчёта программы закупок предлагается использовать следующую формулу:

$$S_j^t = M_j^t = m_j^t = \sum_{i=1}^I m_{ij}^t(Q_i^t) = \sum_{i=1}^I Q_i^t \cdot m_{ij}.$$

Использование данной формулы основано на двух гипотезах. Первая гипотеза (гипотеза о тонком производстве) состоит в том, что закупки производственных запасов в каждом из периодов точно соответствуют требуемым объемам, определяемым по программе производства. Вторая гипотеза состоит в том, что весь объем каждого вида производственных запасов закупается у одного поставщика, предлагающего мини-

мальную цену на рынке в течение всего периода планирования в целом.

Выводы. Таким образом, количество операций в случае модифицированного алгоритма перебора существенно сокращается. Для вышеприведённого примера из трёх видов готовой продукции, цена по каждому из которых принимает пять фиксированных значений, количество расчётов операционных и финансовых бюджетов составляет: $5^3 + 12 + 12 = 149$.

Тем не менее, при большом количестве видов готовой продукции, число перерасчётов бюджетов остаётся существенным. Например, если ассортиментный ряд насчитывает не три, а десять видов продукции, цены на которые принимают пять фиксированных значений, то число перерасчётов составит: $5^{10} + 12 + 12 = 9\,765\,649$.

Недостатком модифицированного алгоритма является то, что вследствие декомпозиции он не учитывает взаимное влияние производства на все виды затрат, связанные с закупками; на затраты по хранению готовой продукции на складах; на возможности и затраты, связанные с кредитованием, из-за чего их решение в отдельных случаях не будет являться оптимальным.

Библиографический список

1. Полак, Э. Численные методы оптимизации [Текст] / Э.Полак. – М.: Мир, 1974.
2. Богатырев, В.Д. Механизмы согласованного управления инвестиционными проектами [Текст] / В.Д. Богатырев, Д.Г. Гришанов, О.В. Павлов // Управление большими системами. - 2003. - №4. - С. 35-39.
3. Шим, Д.К. Основы коммерческого бюджетирования: пер. с англ. [Текст] / Д.К. Шим, Д.Г. Сигел. – СПб.: Пергамент, 1998.
4. Богатырев, В.Д. Оптимизационная модель выбора цен на реализуемую продукцию промышленного предприятия [Текст] / В.Д. Богатырев, О.В. Есипова // Экономические науки. - 2010. - № 72. - С. 261-265.
5. Есипова, О.В. Экономико-математическая модель определения минимальную цену на рынке в течение всего периода планирования в целом.
6. Богатырев, В.Д. Моделирование финансовых потоков предприятия с сезонным характером спроса [Текст] / В.Д. Богатырев, А.В. Иванычев, С.С. Корнилов // Управление большими системами. - 2005. - №3. - С. 5-10.
7. Богатырев, В.Д. Модель планирования ассортимента продуктов питания и заказа сырья [Текст] / В.Д. Богатырев, И.А. Хасаншин // Управление большими системами. - 2006. - №12-13. - С. 24-31.
8. Богатырев, В.Д. Модель и алгоритм краткосрочного планирования производственной деятельности предприятия в условиях гетерогенной полиполии [Текст] / В.Д. Богатырев, В.Г. Левитан // Вестн. Самар. гос. аэрокосм. ун-та. 2011. №4. С. 15-25.

ALGORITHM OF PLANNING OPERATIONAL AND FINANCIAL ACTIVITY OF A MANUFACTURING ENTERPRISE

© 2012 V. D. Bogatyryov, O. V. Yesipova

Samara State Aerospace University named after academician S.P. Korolyov
(National Research University)

Two algorithms are proposed for the solution of discrete models of planning operational and financial activities of a production enterprise - the iteration algorithm and its modified version. The modified algorithm makes it possible to reduce the complexity of calculations by splitting a task into four independent procedures.

Algorithm, budgeting, economic-mathematical model, production program, loan program, search method.

Информация об авторах

Богатырев Владимир Дмитриевич, доктор экономических наук, профессор, проректор по образовательной и международной деятельности, Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва (национальный исследовательский университет). E-mail: samelev@rambler.ru. Область научных интересов: промышленные комплексы, экономико-математические модели, согласование взаимодействия.

Есипова Ольга Васильевна, ассистент кафедры экономики, Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва (национальный исследовательский университет). E-mail: olga.esipova773@mail.ru. Область научных интересов: моделирование бюджетов.

Bogatyryov Vladimir Dmitrievitch, doctor of economic science, professor, vice-rector, Samara State Aerospace University named after academician S.P. Korolyov (National Research University). E-mail: samelev@rambler.ru. Area of research: industrial complexes, economic-mathematical models, coordinated interconnection.

Yesipova Olga Vasilievna, candidate of economic science, assistant of the department of economics, Samara State Aerospace University named after academician S.P. Korolyov (National Research University). E-mail: olga.esipova773@mail.ru. Area of research: budgeting models.