ЛИТЕРАТУРА

1. *Саламатов В. А., Таран Т. А.* Реконструкция субъективного образа социальной реальности // Новости искусственного интеллекта. — 1998. — № 3. — С. 142—154.
2. *Силов В. Б.* Принятие стратегических решений в нечеткой обстановке. — М.: ИНПРО-РЭС, 1995.
3. *Kelly G. A.* The Psychology of Personal Constructs. Vol. № 1: A Theory of Personality. — N.-Y.: Norton & Company, 1995.
4. *Робертс Ф.* Дискретные математические модели с приложениями к социальным, биологическим и экологическим задачам. — М.: Наука, 1986.
5. *Максимов В. И.* Когнитивный анализ и управление развитием ситуаций // Когнитивный анализ и управление развитием ситуаций (CASC'2001) / ИПУ РАН: Матер. 1-й Междунар. конф. — М., 2001. — Т. 2. — С. 10—21.
6. *Максимов В. И., Райков А. Н.* Коллективные когнитивные карты в системах принятия решений // Междунар. симп. «Рефлексивное управление» / Ин-т психологии РАН: Тез. докл. — М., 2000. — С. 86—88.
7. *Максимов В. И.* Структурно-целевой анализ развития социально-экономических ситуаций // В этом номере журнала — С. 30—38.
8. *Таран Т. А.* Анализ и моделирование когнитивных конфликтов // Когнитивный анализ и управление развитием ситуаций (CASC'2001) / ИПУ РАН: Тр. 2-й Междунар. конф. — М., 2002. — Т. 2. — С. 96—109.

☎ *(095) 334-78-00*

E-mail: maxi@ipu.ru

❑

УДК 65.012; 658.5

ФИНАНСОВО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ КОНТРОЛЛИНГА В УПРАВЛЕНИИ ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ ИНТЕГРИРОВАННЫХ КОМПАНИЙ. Ч. II

А. В. Карибский, Д. Ю. Мишутин, Ю. Р. Шишорин

Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова, г. Москва

Рассмотрены формализованные финансово-экономические методы контроллинга, реализуемые при управлении хозяйственной деятельностью интегрированных компаний. Дана общая формализованная постановка задачи оптимизации учетной политики и описаны принципы построения имитационных моделей бюджетирования. Рассмотрены методы решения задачи оптимизации бюджета и приведен практический пример ее численного решения.

ВВЕДЕНИЕ

В первой части настоящей работы описаны и исследованы задачи контроллинга, возникающие в процессе финансово-экономического планирования и управления хозяйственной деятельностью интегрированных компаний [1]. Для практической реализации их решений предложен комплекс взаимосвязанных оптимизационных и имитационных моделей, включающий в себя модели оптимизации амортизационной, налоговой и договорной политики (формирования учетной политики) и детализированные имитационные модели бюджетирования (формирования финансовых планов). Рассмотрим методы формализации и решения поставленных задач в рамках предложенного комплекса моделей.

1. МЕТОДЫ ФОРМАЛИЗОВАННОГО ОПИСАНИЯ ЗАДАЧИ ОПТИМИЗАЦИИ УЧЕТНОЙ ПОЛИТИКИ

Как отмечалось [1], содержательная постановка общей задачи оптимизации учетной политики заключается в следующем: необходимо выбрать такие способы амортизации основных средств и параметры списания их стоимости (сроки полезного использования, коэффициенты ускорения и др.), условия договорных отношений с контрагентами (способы оплаты, длительности отсрочек, скидки/надбавки к ценам и т. п.) и методы расчета налогов («по оплате» или «по отгрузке»), чтобы обеспечивался максимальный объём накопленного на всем горизонте планирования потока денежных средств от операционной деятельности (чистой прибыли и амортизации за вычетом инвестиций в прирост оборотного капитала) при выполнении ряда финансово-экономических ограничений на результаты текущей хозяйственной деятельности.

В агрегированном виде эта общая задача оптимизации может быть формализована следующим образом: найти вектора Z, K, T_a, X и Y, матрицы M, Δt_B и Δt_C и значение переменной z_h которые доставляют экстремум целевой функции $F(Z, K, T_a, \Delta t_B, \Delta t_C, M, z_h, X, Y)$ на заданном горизонте расчета T для всей совокупности объектов компании:

$$F(\cdot) \to \mathrm{extr}, \qquad (1)$$

при ограничениях, описываемых следующей системой уравнений с учетом условий целочисленности и непрерывности искомых переменных:

$$C(Z, K, T_a, \Delta t_B, \Delta t_C, M, z_h, X, Y) = 0; \qquad (2)$$

$$Z,\ M,\ z_h \in \{0, 1\},\ X,\ Y \in [0, 1],\ K,\ T_a \geqslant 0,$$
$$-\infty < \Delta t_B,\ \ \Delta t_C < +\infty, \qquad (3)$$

где Z — двоичный n-мерный вектор, отражающий выбор метода амортизации для каждого из n объектов компании; z_h — двоичная переменная, описывающая выбор метода налоговой и договорной политики; M — двоичная $(n \times T)$ матрица признаков ввода объектов в эксплуатацию; K и T_a — непрерывные n-мерные вектора коэффициентов ускорения амортизации объектов основных средств и сроков полезного использования объектов, соответственно; X, Y — условия переключения с одного метода амортизации на другой, исходя из степени износа объектов; Δt_B и Δt_C — непрерывные $(n \times T)$ матрицы, отражающие сроки оборачиваемости расчетов с покупателями и поставщиками, причем положительные элементы соответствуют отгрузкам продукции (приобретению материалов) в кредит, а отрицательные — по предоплате.

Для детализации постановки задачи (1)—(3) рассмотрим конкретные составляющие и формализованные выражения целевой функции F и системы ограничений G (см. также работы [2, 3]).

Пусть n — число объектов компании, в отношении которых осуществляется выбор учетной политики; i — индекс объекта, $i = \overline{1, n}$; $I_{i\tau}$ — объём инвестиций в i-й объект в τ й момент времени, объём $I_{i\tau}$ отличен от нуля при $1 \leqslant \tau \leqslant \bar{\tau}_i$, $\bar{\tau}_i$ — длительность фазы инвестирования в i-й объект, и равен нулю при всех других τ; B_{it} — объём отгруженной продукции покупателю в t-й момент времени i-м объектом в стоимостном выражении, моменты оплаты которой могут меняться в зависимости от выбранных условий договоров; C_{it} — объём возникших на i-м объекте в t-й момент обязательств по оплате производственных издержек в стоимостном выражении, сроки погашения которых могут меняться в зависимости от условий договоров; I_i — объём инвестиций в i-й объект за всю фазу инвестирования; Δt_{bi} — отрезок времени, в течение которого i-й объект находится на балансе, но ещё не начал функционировать. Переменные задачи: вектор булевых переменных $Z = \{z_1, z_2, ..., z_i, ..., z_n\}$, $z_i = 1$, если выбран нелинейный метод амортизации и $z_i = 0$ — если линейный; T_{ai} – период амортизации i-го объекта; X_i — отношение остаточной стоимости объекта к первоначальной, при котором происходит переключение с нелинейного на линейный метод амортизации; Y_i — отношение остаточной стоимости объекта к первоначальной, при котором происходит переключения с линейного на нелинейный метод амортизации; вектор моментов начала эксплуатации i-го объекта компании $M_i = \{m_{1i}, m_{2i}, ..., m_{ti}, ..., m_{Ti}\}$, $i = \overline{1, n}$, причем $m_{ti} = 1$, если i-й объект начинает функционировать в t-й период, $m_{ti} = 0$ — в противном случае; булева переменная z_h, принимающая значение 1, если выбрана схема учета денежных средств «по отгрузке», и 0 — «по оплате»; непрерывные переменные: k_i — коэффициент ускорения амортизации по i-му объекту, Δt_{itB} — срок оборачиваемости (в месяцах) при расчетах с покупателями за продукцию (услуги), отгруженную с i-го объекта в t-й период, положительное значение соответствует отгрузке в кредит, отрицательное — отгрузке по предоплате; Δt_{itC} — срок оборачиваемости (в месяцах) при расчетах по затратам, понесенным i-м объектом в t-й период, положительное значение соответствует оплате в кредит, отрицательное — предоплате.

В качестве критерия задачи (1)—(3) рассматривается наиболее часто применяемый критерий — максимум чистого дисконтированного дохода NPV на инвестированный капитал:

$$F(\cdot) = NPV = \sum_{t=1}^{T} NCF_t \frac{1}{(1+\delta)^t} \to \max, \qquad (4)$$

где NCF_t — поток чистых платежей, генерируемых объектами компании в период t, δ — ставка дисконтирования. За расчетный период (шаг расчета) в задаче принимается месяц — период начисления амортизационных отчислений. Значение NCF_t рассчитывается по формуле:

$$NCF_t = \text{ЧП}_t + Am_t - I_t - I_{\text{об}\,t} + Ost_t, \qquad (5)$$

где $ЧП_t$ — чистая прибыль, Am_t — амортизационные отчисления, I_t — инвестиции в развитие компании, $I_{\text{об}\,t}$ — прирост оборотного капитала, Ost_t — остаточная стоимость полностью не самортизированных объектов, все в t-й период. Отметим, что в формуле (5) динамика инвестиций I_t определяется только выбором моментов начала эксплуатации объектов (вектором переменных M_i), тогда как остальные составляющие величины NCF_t зависят от переменных, определяющих выбор учетной политики. Подставив формулу (5) в выражение (4), получим целевую функцию в виде:

$$F(\cdot) = \sum_{t=1}^{T_p} \frac{ЧП_t + Am_t - I_t - I_{\text{об}\,t} + Ost_t}{(1+\delta)^t}, \qquad (6)$$

где T_p — продолжительность фазы функционирования объектов компании на рассматриваемом горизонте планирования T. Функционирование объектов закончится, когда наступит момент T^* амортизации последнего работающего объекта или будет достигнут горизонт планирования T, т. е. $T_p = \min(T^*, T)$, причем $T^* = \max\limits_{i=1,...,n} (t_{ci}(M_i) + T_{ai}) - 1$, где $t_{ci}(M_i)$ — момент начала функционирования i-го объекта, выражаемый через переменные m_{ti} следующим образом: $t_{ci}(M_i) = \sum\limits_{t=1}^{T} tm_{ti} \leqslant$ $\leqslant T^c \leqslant T$, где T^c — заданный самый поздний момент начала функционирования объектов, причем $\sum\limits_{t=1}^{T} m_{ti} = 1$.

Объёмы инвестиций в i-й объект задаются набором постоянных величин $I_{i\tau}$. С учетом влияния на динамику инвестиций моментов ввода объектов в эксплуатацию объём инвестиций в проект в t-й момент времени задается выражением:

$$I_t(M_i) = \sum_{i=1}^{n} I_{i(\tau_i - t_{ci}(M_i))}. \qquad (6')$$

Амортизационные отчисления Am_t в t-й период по всей компании рассчитываются как сумма амортизационных отчислений по всем объектам: $Am_t = \sum\limits_{i=1}^{n} Am_{ti}(z_i, k_i,$ $t_{ci}(M_i), T_{ai}, X_i, Y_i)$.

В свою очередь, расчет амортизационных отчислений $Am_{ti}(\cdot)$ для i-го объекта в t-й период зависит от выбранного метода амортизации и возможностей переключения на другой метод в процессе функционирования объекта, т. е.

$$Am_{ti}(\cdot) = z_i Am_{ti}^{\text{нел}}(k_i, t_{ci}(M_i), T_{ai}, X_i) + \\ + (1 - z_i) \cdot Am_{ti}^{\text{лин}}(k_i, t_{ci}(M_i), T_{ai}, Y_i), \qquad (7)$$

где $Am_{ti}^{\text{нел}}(\cdot)$ и $Am_{ti}^{\text{лин}}(\cdot)$ — алгоритмически вычисляемые функции расчета амортизации по нелинейному и линейному методам с учетом возможного переключения с одного метода на другой. Функция $Am_{ti}^{\text{нел}}(\cdot)$ в выражении (7) представляется в виде:

$$Am_{ti}^{\text{нел}}(\cdot) = I_i P_{it}^{\text{нел}}(k_i, t_{ci}(M_i), T_{ai}, X_i) \cdot U_{it}(t_{ci}, T_{ai}), \quad (8)$$

где множитель $U_{it}(t_{ci}(M_i), T_{ai})$ введен для того, чтобы начисления прекращались по истечению срока полезного использования i-го объекта:

$$U_{it} = \begin{cases} 1 \text{ при } t_{ci}(M_i) \le t \le t_{ci}(M_i) + T_{ai} - 1 \\ 0 \text{ при } t < t_{ci}(M_i) \text{ и } t > t_{ci}(M_i) + T_{ai} - 1. \end{cases} \qquad (9)$$

Переключение на линейный метод списания происходит после $\tilde{T}_i^{\text{нел}}$ месяцев функционирования i-го объекта, когда накопленная амортизация превысит $(1 - X_i)$-ю долю от первоначальной стоимости объекта. Исходя из этого, момент переключения $\tilde{T}_i^{\text{нел}}$ находится из решения следующей системы неравенств:

$$\begin{cases} \sum\limits_{t=1}^{\tilde{T}_i^{\text{нел}}} \dfrac{I_i k_i}{T_{ai}} \cdot \left(1 - \dfrac{k_i}{T_{ai}}\right)^{t-1} \ge (1 - X_i) I_i \\ \sum\limits_{t=1}^{\tilde{T}_i^{\text{нел}} - 1} \dfrac{I_i k_i}{T_{ai}} \cdot \left(1 - \dfrac{k_i}{T_{ai}}\right)^{t-1} < (1 - X_i) I_i, \end{cases} \qquad (10)$$

которую можно упростить, явно выразив величину $\tilde{T}_i^{\text{нел}}$ через параметры и переменные задачи.

Параметр $P_{it}^{\text{нел}}(\cdot)$ в выражении (8), являющийся переменной нормой амортизации по отношению к первоначальной стоимости I_i, описывается следующей логической функцией:

$$P_{it}^{\text{нел}} = \begin{cases} k_i \cdot \dfrac{1}{T_{ai}}\left(1 - \dfrac{k_i}{T_{ai}}\right)^{t - t_{c_i}} \text{ при } t_{ci}(M_i) \le t \le t_{ci}(M_i) + \tilde{T}_i^{\text{нел}} \\ \text{(до подключения)} \\ \dfrac{Ost_{it}/I_i}{T_{ai} - \tilde{T}_i^{\text{нел}}} \text{ при } t > t_{ci}(M_i), t \ge t_{ci}(M_i) + \tilde{T}_i^{\text{нел}} \\ \text{(после подключения)} \end{cases} \qquad (11)$$

и обеспечивает начисление амортизационных отчислений по нелинейному методу до момента переключения. К моменту переключения остаточная стоимость i-го объекта

$$Ost_i = I_i - \sum_{t=1}^{\tilde{T}_i^{\text{нел}}} \frac{I_i k_i}{T_{ai}} \left(1 - \frac{k_i}{T_{ai}}\right)^{t-1} \qquad (12)$$

и будет затем списана за $T_{ai} - \tilde{T}_i^{\text{нел}}$ месяцев, оставшихся до конца срока амортизации, равными долями в размере $Am_{it}^{\text{нел}} = Ost_{it}/(T_{ai} - \tilde{T}_i^{\text{нел}})$.

Функция $Am_{ti}^{\text{лин}}(\cdot)$ в выражении (7) имеет вид:

$$Am_{ti}^{\text{лин}}(k_i, t_{ci}(M_i), T_{ai}, Y_i) = \\ = I_i k_i P_{it}^{\text{лин}}(k_i, t_{ci}(M_i), T_{ai}, Y_i)/T_{ai} \qquad (13)$$

где $I_i k_i / T_{ai}$ — амортизационные отчисления по линейной схеме с коэффициентом ускорения k_i, $P_{it}^{\text{лин}}(\cdot)$ — логическая функция, корректирующая норму равномерной амортизации и отражающая возможность переключения с линейной на нелинейную схему, когда накопленная амортизация по i-му объекту превысит $(1 - Y_i)$-ю долю от его первоначальной стоимости.

В момент переключения с линейного метода на нелинейный должны выполняться два условия:

$$\begin{cases} \sum\limits_{t=1}^{\tilde{T}_i^{\text{лин}}} I_i k_i / T_{ai} \ge (1 - Y_i) I_i \\ \sum\limits_{t=1}^{\tilde{T}_i^{\text{лин}} - 1} I_i k_i / T_{ai} < (1 - Y_i) I_i, \end{cases} \qquad (14)$$

где $\tilde{T}_i^{\text{лин}}$ — число периодов, в течение которых спишется $(1 - Y_i)$-я часть основных средств i-го объекта, причем срок полезного использования объекта будет равен T_{ai}/k_i месяцев[1]. Переключение на нелинейную схему в последний T_{ai}-й месяц этого срока (такое возможно при $Y_i \approx 1$) экономически неэффективно, поскольку оста-

[1] Если это число получается дробным, то — в течение $[T_{ai}/k_i] + 1$ месяцев (здесь квадратные скобки означают целое от деления), причем в последний месяц отчисления равны остатку $(T_{ai}/k_i - [T_{ai}/k_i] I_i k_i / T_{ai}$.

точная стоимость будет очень мала и ее списание существенно не повлияет на показатели эффективности компании. Таким образом, функция $P_{it}^{\text{лин}}(\cdot)$ имеет вид:

$$P_{it}^{\text{лин}}(\cdot) = \begin{cases} P_{it}^{*}, \text{ если } [T_{ai}/k_i] \le \tilde{T}_i^{\text{лин}} \\ \text{(переключения не происходит)} \\ P_{it}^{*}, \text{ если } [T_{ai}/k_i] > \tilde{T}_i^{\text{лин}} \\ \text{(переключение происходит).} \end{cases} \quad (15)$$

При этом параметр P_{it}^{*} зависит от значений $t_{ci}(M_i)$, k_i и T_{ai}, и задается следующим логическим выражением:

$$P_{it}^{*}(t_{ci}(M_i), k_i, T_{ai}) =$$
$$= \begin{cases} 1 \text{ при } t_{ci}(M_i) \le t \le [T_{ai}/k_i] + t_{ci}(M_i) - 1 \\ T_{ai}/k_i - [T_{ai}/k_i] \text{ при } t = t_{ci}(M_i) + [T_{ai}/k_i] \\ 0 \text{ при } t < t_{ci};\ t > t_{ci}(Mi) + [T_{ai}/k_i], \end{cases}$$

которое означает, что ежемесячно начисляется амортизация в размере $I_i k_i / T_{ai}$ (за исключением, быть может, последнего месяца, в котором списывается вся остаточная стоимость, т. е. когда коэффициент ускорения k_i не кратен периоду амортизации).

В случае возможности переключения параметр P_{it}^{**} в функции (15) зависит от $t_{ci}(M_i)$, k_i, T_{ai} и неявно от Y_i (через $\tilde{T}_i^{\text{лин}}$) и описывается логическим выражением

$$P_{it}^{**}(t_{ci}(M_i), k_i, T_{ai}, Y_i) =$$
$$= \begin{cases} 1 \text{ при } t_{ci}(M_i) \le t \le \tilde{T}_i^{\text{лин}} + t_{ci}(M_i) \\ \left(1 - \dfrac{k_i}{T_{ai} - T_i^{\text{лин}}}\right)^{t - t_{ci}(M_i) - \tilde{T}_i^{\text{лин}}} \cdot \left(1 - \dfrac{k_i}{T_{ai}} \tilde{T}_i^{\text{лин}}\right) \dfrac{T_{ai}}{T_{ai} - T_i^{\text{лин}}} \\ \qquad \text{при } \tilde{T}_i^{\text{лин}} + t_{ci}(M_i) < t \le T_{ai} + t_{ci}(M_i) \\ 0 \text{ при } t < t_{ci}(M_i);\ t \le T_{ai} + t_{ci}(M_i) + 1, \end{cases} \quad (16)$$

отражающем начисление амортизации в первые $\tilde{T}_i^{\text{лин}}$ месяцев по линейному методу без изменения нормы амортизации ($P_{it}^{**}(\cdot) = 1$). Далее происходит списание по нелинейному методу с коэффициентом ускорения k_i и нормой амортизации $1/(T_{ai} - \tilde{T}_i^{\text{лин}})$. При этом в качестве первоначальной стоимости основных средств для нелинейного метода берется остаточная стоимость на момент переключения. Это отражается в выражении (16) поправочным коэффициентом $(1 - k_i \tilde{T}_i^{\text{лин}}/T_{ai})$. По истечении срока полезного использования отчисления прекращаются ($P_{it}^{**}(\cdot) = 0$).

Суммируя изложенное, с учетом выражений (7), (8) и (13) получим

$$Am_t(\cdot) = \sum_{i=1}^{n} I_i (z_i P_{it}^{\text{нел}}(k_i, t_{ci}(M_i), T_{ai}, X_i) U_{it}(t_{ci}(M_i), T_{ai}) +$$
$$+ (1 - z_i) k_i P_{it}^{\text{лин}}(k_i, t_{ci}(M_i), T_{ai}, Y_i)/T_{ai}). \quad (17)$$

Рассмотрим теперь способы формализованного описания учетной политики компании (выбор метода расчета прибыли по отгрузке или оплате (z_h) и условий договоров (отсрочек платежей Δt_{itB}, Δt_{itC})) и ее влияние на эффективность функционирования. В общем виде чистая прибыль компании $ЧП_t$ в t-й период времени определяется по формуле:

$$ЧП_i = (R_t - Am_t - НИ_t)(1 - P_t), \quad (18)$$

где R_t — разница между притоком и оттоком денежных средств по всем действующим объектам компании; Am_t — амортизационные отчисления в этот период по этим объектам; $НИ_t$ — налог на имущество, все в t-й период; P_t — логическая функция ставки налога на прибыль, описываемая выражением:

$$P_t = \begin{cases} p \text{ при } (R_t - Am_t - НИ_t) \ge 0 \\ 0 \text{ при } (R_t - Am_t - НИ_t) < 0. \end{cases}$$

Выручка R_t рассчитывается по выражению (для упрощения предполагается, что в каждый период продукция полностью либо отгружается в кредит, либо по предоплате, такое же предположение относится и к оплате затрат, понесенных при производстве и реализации этой продукции): $R_t = \sum_{i=1}^{n} r_{it}$, где $r_{it} = B'_{it} - C'_{it}$, B'_{it} — поступление выручки в t-й период за ранее отгруженную продукцию, C'_{it} — отток средств в t-й период по оплате расходов, понесенных ранее при производстве продукции (без амортизации и налога на имущество) по i-му объекту[2]. Приток денежных средств (погашение обязательств) B'_{it} рассчитывается по выражению:

$$B'_{it} = (1 - z_h) \sum_{k = t_c}^{t_{ci} + T_{ai} - 1} B_{ik}(1 + s(\Delta t_{ikB}))\varphi(t, \Delta t_{ikB}) +$$
$$+ z_h B_{it}(1 + s(\Delta t_{itB})), \quad (19)$$

где B_{ik} — возникновение обязательств по оплате продукции, отгруженной в k-й период i-м объектом, $s(\Delta t_{ikB})$ — функция надбавок/скидок к цене продукции за ее отгрузку в кредит/предоплату, зависящая от отсрочек платежей Δt_{itB}, предоставленных потребителям в k-й период Δt_{itB} по i-му объекту; а схема поступления выручки описывается логической функцией

$$\varphi(t, \Delta t_{ikB}) = \begin{cases} 1 - |\{\Delta t_{ikB}\}| \text{ при } t = k + [\Delta t_{ikB}] \\ |\{\Delta t_{ikB}\}| \text{ при } t = k + [\Delta t_{ikB}] + 1 \\ 0 \text{ в других случаях.} \end{cases}$$

---

[2] При необходимости, потоки B_{it} и C_{it} можно представить в виде сумм потоков по отдельным договорам: $B_{it} = \Sigma B_{itj}$, $C_{it} = \Sigma C_{itl}$, где каждое слагаемое представляет собой объем средств, время поступления (уход со счета) которых можно изменять в некоторых пределах относительно t в соответствии с условиями конкретного договора (суммирование производится по всем j-м и l-м договорам на отгрузку продукции и получению сырья на t-й период по i-му объекту соответственно.) В этом случае для каждого договора дополнительно вводится своя переменная $\Delta t_{tij/l}$.

При выборе метода расчета «по оплате» ($z_h = 0$) наличие дробной части $\{\Delta t_{tkB}\}$ у функции $\varphi(t, \Delta t_{ikB})$ показывает долю отгрузки B_{ik}, выручка по которой должна поступить в $(k + [\Delta t_{ikB}] + 1)$-й месяц (квадратные скобки означают целую часть числа). Остальная часть выручки от продукции, отгруженной в k-й месяц, поступит в зависимости от знака Δt_{ikB} в предыдущий (следующий) $(k + [\Delta t_{ikB}])$-й месяц.

Отток средств C'_{it} описывается выражением, аналогичным выражению (19):

$$C'_{it} = (1 - z_h) \sum_{k = t_{ci}}^{t_{ci} + T_{ai} - 1} C_{ik}(1 + f(\Delta t_{ikC}))\varphi(t, \Delta t_{ikC}) + \\ + z_h C_{it}(1 + f(\Delta t_{itC})), \qquad (20)$$

где C_{it} — возникновение обязательств компании по оплате расходов, понесенных при изготовлении продукции в t-й период i-м объектом (за вычетом амортизации и налога на имущество); $f(\Delta t_{ikC})$ — функция штрафа за просроченные платежи, зависящие от отсрочки платежей Δt_{ikC}, предоставленной i-му объекту в k-й период.

На практике функции надбавок/скидок $s(\Delta t_{itB})$ и штрафов $f(\Delta t_{itC})$, учитываемые в формулах (19) и (20), носят нелинейный характер и их вид может различаться для каждого i-го объекта. Для удобства изложения предполагается, что эти функции симметричны по аргументу, т. е. размер скидок за предоплату и отгрузку в кредит с отсрочкой на одно и то же число дней одинаков. Вид функций $s(\Delta t_{itB})$ и $f(\Delta t_{itC})$ приведен на рис. 1.

Условия договоров влияют на прирост оборотного капитала, входящего в расчет целевой функции (6). При выборе метода учета «по оплате» ($z_h = 0$) оборотный капитал компании не меняется ($I_{\text{об}\,t} = 0$). В случае выбора метода учета «по отгрузке» ($z_h = 1$) капитал изменится на величину:

$$I_{\text{об}\,t} = z_h \sum_{i = 1}^{n} \{B_{it}(1 + s(\Delta t_{itB})) - C_{it}(1 + f(\Delta t_{itC})) - \\ - \sum_{k = t_{ci}}^{t_{ci} + T_{ai} - 1} [B_{ik}(1 + s(\Delta t_{ikB}))\varphi(t, \Delta t_{ikB}) - \\ - C_{ik}(1 + f(\Delta t_{ikC}))\varphi(t, \Delta t_{ikC})]\}. \qquad (21)$$

Первые два члена под знаком суммирования по n объектам есть объём возникших в t-й период обязательств по оплате продукции покупателями и затрат, понесенных компанией, которые вошли в расчет прибыли. Третье слагаемое (сумма по периодам k) отражает погашение в t-м периоде ранее возникших обязательств, т. е. поступление выручки и оплату затрат.

Размер налога на имущество в уравнении (18) в t-й период определяется по формуле:

$$НИ_t = \alpha \sum_{i = 1}^{n} НИ_i(z_i, k_i, t_{ci}(M_i), T_{ai}, X_i, Y_i, t) \times \\ \times P_i^{НИ}(t, t_{ci}(M_i), T_{ai}) U_i^{НИ}(t),$$

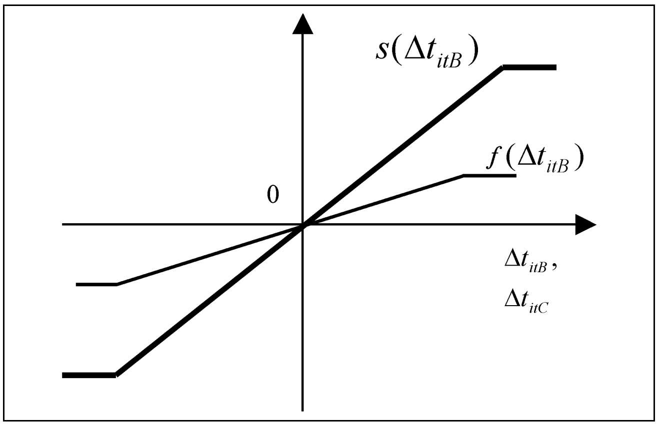

Рис. 1. Вид функций надбавок/скидок и штрафов

где α — годовая ставка налога на имущество; $НИ_i(z_i, k_i, t_{ci}(M_i), T_{ai}, X_i, Y_i, t)$ — налогооблагаемая база; $P_i^{НИ}(t, t_{ci}(M_i), T_{ai})$ — функция, ограничивающая период начисления налога на имущество по i-му объекту сроком его эксплуатации (полезного использования); $U_i^{НИ}(t)$ — функция, отражающая ежеквартальный характер начисления налога на имущество. При этом считается, что если объект к концу срока эксплуатации полностью не амортизировался, то он продается по остаточной стоимости и налог на имущество с этого момента не начисляется, т. е.

$$P_i^{НИ}(t, t_{ci}(M_i), T_{ai}) = \begin{cases} 1 \text{ при } t_{bi} \le t < t_{ci}(M_i) + T_{ai} \\ 0 \text{ при } t < t_{bi}, t \ge t_{ci}(M_i) + T_{ai}, \end{cases} \qquad (21')$$

где $t_{bi} = t_{ci}(M_i) - \Delta t_{bi}$ — момент постановки на баланс i-го объекта. Функция $U_i^{НИ}(t)$ имеет вид:

$$U_i^{НИ}(t) = \begin{cases} 1 \text{ если } (t)\text{mod}3 = 0 \\ 0 \text{ в противном случае,} \end{cases}$$

где mod3 — остаток от деления на 3. Как видно, функция $U_i^{НИ}(t)$ позволяет начислять налог на имущество ежеквартально, т. е. когда номер месяца горизонта планирования кратен трем. Налогооблагаемая база рассчитывается как среднеквартальная стоимость основных средств по формуле:

$$НИ_i(z_i, k_i, t_{ci}(M_i), T_{ai}, X_i, Y_i, t) = \\ = I_i - 0{,}5 \cdot \left(\sum_{\tau = 1}^{t} Am_{i\tau}(\cdot) + \sum_{\tau = 1}^{t - 3} Am_{i\tau}(\cdot) \right). \qquad (22)$$

Последнее слагаемое Ost_t, входящее в числитель целевой функции (6), представляет собой остаточную стоимость объектов, которые не полностью амортизировались по истечении сроков их полезного использования[3].

[3] Такое может произойти, если по каким-либо причинам не произошло переключения в нелинейной схеме списания.

Пусть остаточная стоимость i-го объекта определяется по формуле: $Ost_i = I_i - \sum_{t=1}^{T_a} Am_t(\cdot)$.

Введем функцию $L_{it}(t_{ci}(M_i),\ T_{ai})$, принимающую значение 1, если i-й объект закончил функционирование на $(t-1)$-м шаге, и 0 в противном случае:

$$L_{it}(t_{ci}(M_i),\ T_{ai}) = \begin{cases} 1 \text{ при } t = t_{ci}(M_i) + T_{ai} \\ 0 \text{ при } t \ne t_{ci}(M_i) + T_{ai}. \end{cases}$$

Тогда суммарная остаточная стоимость объектов, прекративших функционирование на t-м шаге, будет определяться выражением:

$$Ost_t = \sum_{i=1}^{n} Ost_i \cdot L_{it}, \qquad (23)$$

где Ost_i рассчитывается по формуле (12).

2. ОБЩАЯ ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ОПТИМИЗАЦИИ УЧЕТНОЙ ПОЛИТИКИ

С учетом формализованных выражений (4)—(23) общая постановка задачи оптимизации (1)—(3) конкретизируется следующим образом. После цепочки подстановок критерий задачи принимает вид:

$$F = \sum_{t=1}^{T^*} \Bigg\{ (1 - P_t(\cdot)) \cdot \sum_{i=1}^{n} [r_{it}(z_h,\ \Delta_{ikB},\ \Delta_{ikC}) - \\ - \alpha I_t P_i^{НИ}(t) U_i^{НИ}(t) \Bigg[1 - 0{,}5 \cdot \Bigg(\sum_{\tau=1}^{t} (z_i P_{i\tau}^{нел}(\cdot) U_{it} + \\ + (1 - z_i) k_i P_{i\tau}^{лин}(\cdot)/T_{ai}) + \sum_{\tau=1}^{t-3} (z_i P_{i\tau}^{нел}(\cdot) U_{it} + (1 - z_i) \times \\ \times k_i P_{i\tau}^{лин}(\cdot)/T_{ai}) \Bigg) \Bigg] + P_t(\cdot) I_i \sum_{i=1}^{n} (z_i P_{i\tau}^{нел}(\cdot) U_{it} + \\ + (1 - z_i) k_i P_{i\tau}^{лин}(\cdot)/T_{ai}) - I_t(M) - I_t^{об}(\cdot) + \\ + \sum_{i=1}^{n} Ost_i(\cdot) L_{it}(\cdot) \Bigg\} \times \frac{1}{(1+\delta)^t} \to \max,$$

где $I_t(M)$ определяется по выражению (6′), исходя из искомой динамики вложений денежных средств в объекты компании. В системе ограничений $G()$ задачи (1)—(3) выделяются следующие основные условия:

— ограниченности сверху и снизу коэффициентов ускорения в зависимости от выбираемого метода амортизации

$$z_i k_i + (1 - z_i) k_i - z_i \overline{K}_i^{нел} - (1 - z_i) \overline{K}_i^{лин} \leqslant 0,$$

$$z_i k_i + (1 - z_i) k_i - z_i \underline{K}_i^{нел} - (1 - z_i) \underline{K}_i^{лин} \geqslant 0,\ i = \overline{1, n},$$

где $\underline{K}_i^{лин}$, $\underline{K}_i^{нел}$ и $\overline{K}_i^{лин}$, $\overline{K}_i^{нел}$ — соответственно нижние и верхние границы переменных k_i;

— ограниченности снизу и сверху сроков полезного использования, причем нижняя граница не должна быть менее 12 месяцев, $12 \leqslant \underline{T_{ai}} \leqslant T_{ai} \leqslant \overline{T_{ai}}$, $i = \overline{1, n}$, где $\underline{T_{ai}}$ и $\overline{T_{ai}}$ — нижние и верхние границы переменных T_{ai};

— ограниченности сверху и снизу отсрочек платежей по оплате продукции и затрат $\underline{\Delta t}_{itB} \leqslant \Delta t_{itB} \leqslant \overline{\Delta t}_{itB}$, $\underline{\Delta t}_{itC} \leqslant \Delta t_{itC} \leqslant \overline{\Delta t}_{itC}$, $i = \overline{1, n}$; $t = \overline{1, T_p}$, где $\underline{\Delta t}_{itB}$, $\underline{\Delta t}_{itC}$ и $\overline{\Delta t}_{itB}$, $\overline{\Delta t}_{itC}$ — соответственно нижние и верхние границы переменных Δt_{itB} и Δt_{itC};

— ограниченности переменных, описывающих условия переключения с метода на метод $0 \leqslant Y_i \leqslant 1$, $0 \leqslant X_i \leqslant 1$ $i = \overline{1, n}$;

— обязательности ввода i-го объекта в эксплуатацию на горизонте планирования $\sum_{t=1}^{T} m_{ti} = 1$, $i = \overline{1, n}$;

— целочисленности переменных, отражающих ввод объектов в эксплуатацию, выбор метода амортизации и учетной политики $m_{ti} \in \{0;\ 1\}$, $i = \overline{1, n}$, $t = \overline{1, T}$; $z_i \in \{0;\ 1\}$, $i = \overline{1, n}$; $z_h \in \{0;\ 1\}$;

— неотрицательности коэффициентов ускорения $k_i > 0$, $i = \overline{1, n}$;

— переменные, описывающие задержки в платежах, могут принимать как неотрицательные, так и отрицательные значения $-\infty \leqslant \Delta t_{itB}, \Delta t_{itC} < +\infty$, $i = \overline{1, n}$; $t = \overline{1, T_p}$;

— общего вида (на прибыль, финансовые потоки, рентабельность и т. п.), сформированные с учетом соотношений (18)—(23) и более подробно рассмотренных в работе [3]: $G'(Z,\ K,\ \Delta t_B,\ \Delta t_C,\ M,\ z_h,\ X,\ Y,\ T_a) = 0$.

Таким образом, сформулированная задача относится к классу задач негладкой оптимизации с непрерывными и булевыми переменными и алгоритмически задаваемыми функциями и ограничениями. При этом булевы переменные входят в основном в кусочно-гладкие зависимости второго и третьего порядков, а непрерывные — в виде гладких степенных функций.

Получение глобального решения задач такого класса современными методами не гарантируется, а получение за приемлемое время решений, достаточно близких к оптимальным, не всегда возможно. Общий подход к решению задач такого класса заключается в применении методов оптимизационно-имитационного моделирования сложных систем, предполагающих построение взаимосвязанных оптимизационных (учитывающих аналитически задаваемые зависимости) и имитационных (отражающих алгоритмические зависимости) моделей и организацию итеративных процедур их взаимодействия [4, 5].

На практике общая задача оптимизации учетной политики естественным образом распадается на две взаимосвязанные последовательно решаемые подзадачи: формирования амортизационной политики (связанной, в первую очередь, с инвестиционным планированием) и формирования налоговой и договорной политики (влияющей на результаты текущей операционной деятельности). Формально такое разделение общей модели (1)—(3) осуществляется путем ее эвристической декомпозиции по переменным и ограничениям. Модели

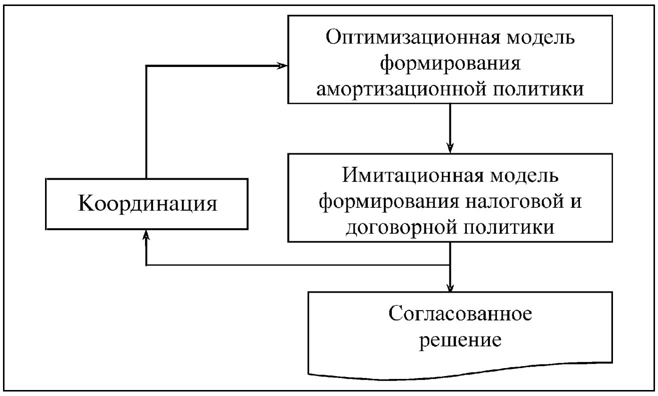

Рис. 2. Итерационная процедура взаимодействия оптимизационной и имитационной моделей

(меньшей размерности), полученные в результате декомпозиции, объединяются затем в последовательную итерационную процедуру с пошаговой координацией (рис. 2), которая обеспечивает формирование приемлемого для ЛПР решения общей задачи. Отметим, что в частных случаях решение задачи (1)—(3) в единой постановке поддается методами гладкой оптимизации (см. например, работу [3]).

В качестве примера рассмотрим формализованную постановку задачи оптимизации амортизационной политики, полученную в результате декомпозиции общей задачи. Пусть для определенности выбираемый метод амортизации для объекта не может быть изменен в течение всего срока его эксплуатации (т. е. отсутствует возможность оптимизации моментов переключения: $X = X_0 \leqslant 1$, $Y = 1$); сроки начала эксплуатации всех объектов заданы, а возможности изменения сроков оборачиваемости при расчетах с покупателями (поставщиками) и выбора учетной политики по оплате и отгрузке не рассматриваются, поскольку решаются в процессе имитационного моделирования (см. рис. 2). Это означает, что в общей постановке (1)—(3) фиксируются переменные z_h, Δt_B, Δt_C, M, X и Y и исключаются все связанные с ними ограничения. Тогда исходная задача (1)—(3) представляется в следующем компактном виде:

$$F(Z,\ K,\ T_a) \to \text{extr}; \tag{24}$$

$$G(Z,\ K,\ T_a) = 0, \tag{25}$$

где целевая функция (с учетом того, что выбор амортизационной политики влияет только на первые два слагаемых выражения (6)) приобретает вид:

$$F(z,\ k,\ T_a) = \sum_{T=1}^{T_p} \frac{ЧП_t + Am_t}{(1+\delta)^t} =$$

$$= \sum_{t=1}^{T_p} \frac{(R_t - НИ_t(k,\ T_a)) \cdot (1 - P_t(\cdot)) + Am_t(k,\ T_a)P_t(\cdot)}{(1+\delta)^t},$$

причем, значения $НИ_t$ и Am_t рассчитывается по формулам (22) и (17) при фиксированных значениях переменных z_h, Δt_B, Δt_C, M и $X = X_0 \leqslant 1$, $Y = 1$. Группа ограничений (25) конкретизируется в виде следующей системы:

$$z_i k_i + (1 - z_i)k_i - z_i \overline{K}_i^{\text{нел}} - (1 - z_i)\,\overline{K}_i^{\text{лин}} \leqslant 0,$$

$$z_i k_i + (1 - z_i)k_i - \underline{K}_i^{\text{нел}} - (1 - z_i)\,\underline{K}_i^{\text{лин}} \geqslant 0,$$

$$\underline{T_{ai}} \leqslant T_{ai} \leqslant \overline{T_{ai}},$$

$$z_i \in \{0;\ 1\},\ i = \overline{1, n};\ t = \overline{1, T_p}.$$

Заметим, что на практике возможны различные содержательные постановки задачи (24), (25) — от выбора коэффициентов ускорения при заданных методах амортизации до определения всех необходимых составляющих амортизационной политики (методы амортизации, сроки полезного использования, коэффициенты ускорения и т. д.). Рассмотрим некоторые практические примеры ее численного решения.

3. ПРИМЕРЫ ЧИСЛЕННОГО РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ОПТИМИЗАЦИИ АМОРТИЗАЦИОННОЙ ПОЛИТИКИ

Для иллюстрации полученных результатов рассмотрим два примера численного решения задачи (24), (25) оптимизации амортизационной политики. Пусть методы амортизации и сроки ввода в эксплуатацию для каждого объекта фиксированы, возможность их переключения не предусматривается (переменный вектор M_i и переменные Z_i, X_i и Y_i фиксируются для каждого объекта: $M_i = M_i^0$, $z_i = z_i^0$ и $X_i = 0{,}8$, $Y_i = 1$) и требуется определить только сроки полезного использования и коэффициенты ускоренного списания первоначальной стоимости объектов основных средств. Тогда задача оптимизации приобретает вид:

$$F(K,\ T_a) \to \text{extr}; \tag{26}$$

$$G(K,\ T_a) = 0. \tag{27}$$

Целевая функция (26) конкретизируется следующим образом:

$$F = \sum_{t=1}^{T^*} \Bigg(\sum_{i=1}^{N} \Bigg[B_{it} - C_{it} - I_t \cdot \Bigg\{ 1 - 0{,}5 \cdot \sum_{\tau=1}^{t} (z_i^0\, P_{i\tau}^{\text{нел}}(\cdot)U_{i\tau} + (1 - z_i^0)k_i P_{i\tau}^{\text{лин}}(\cdot)/T_{ai}) + \sum_{\tau=1}^{t-3} (z_i^0\, P_{i\tau}^{\text{нел}}(\cdot)U_{i\tau} + (1 - z_i^0)k_i P_{i\tau}^{\text{лин}}(\cdot)/T_{ai}) \Bigg) \Bigg\} \cdot P_i^{НИ}(t)\, U_i^{НИ}(t)\alpha \Bigg] \times$$

$$\times\ (1 - P_t(\cdot)) + P_t(\cdot) \sum_{i=1}^{n} I_i(z_i^0\, P_{i\tau}^{\text{нел}}(\cdot)U_{it} + (1 - z_i^0)k_i P_{i\tau}^{\text{лин}}(\cdot)/T_{ai}) \Bigg) \cdot \frac{1}{(1+\delta)^t} \to \max, \tag{28}$$

где функции $P_{i\tau}^{\text{нел}}$, $P_{i\tau}^{\text{лин}}(\cdot)$, U_{it} и $P_i^{НИ}(t)$ рассчитываются по выражениям (11), (15), (9) и (21′) с учетом, что $M_i = M_i^0$, $z_i = z_i^0$ и $X_i = 0{,}8$, $Y_i = 1$, а система ограничений

(27) (без учета ограничений общего вида) включает в себя неравенства

$$\underline{K}_i \leqslant k_i \leqslant \overline{K}_i, \quad \underline{T}_{ai} \leqslant T_{ai} \leqslant \overline{T}_{ai}, \quad i = \overline{1, n}. \qquad (29)$$

Видно, что задача (28), (29) относится к классу задач кусочно-квадратичной оптимизации с линейными ограничениями. Отметим, что каждую пару переменных k_i и T_{ai} в постановках (24), (25) и (26), (27) можно заменить на одну переменную kd_i. Это возможно, поскольку переменные k_i и T_{ai} входят в расчет величин $НИ_t$ и Am_t только в виде множителей k_i/T_{ai}. Тогда, заменив каждую пару неравенств (29) на одно неравенство

$$\underline{k}_i/\overline{T}_{ai} \leqslant kd_i \leqslant \overline{k}_i/\underline{T}_{ai}, \qquad (30)$$

получим кусочно-гладкую задачу (28), (30), эквивалентную задаче (28), (29), меньшей размерности и с многочленами относительно kd_i степени T*.

В рамках такой (относительно простой) постановки удобно исследовать степень влияния решения (выбора коэффициентов ускорения и периода амортизации) на значение целевой функции. На рис. 3 (см. третью страницу обложки) для двух новых объектов компании представлен трехмерный график зависимости чистого дисконтированного дохода $NPV(kd_1, kd_2)$, рассчитанной по формуле (28) при условии, что объекты начинают функционировать одновременно, амортизируются по линейному методу ($z_1 = z_2 = 0$ и $Y_1 = Y_2 = 1$) и имеют достаточно высокую доходность. При этом переменные kd_1 и kd_2 варьируются в пределах от 0,01 до 0,05 с шагом 0,001 (что соответствует $1 \leqslant k \leqslant 4$; 80 мес. $\leqslant T_a \leqslant$ 100 мес.). Значения переменных по оси абсцисс отображены в масштабе 1 : 100. Из рис. 3 видно, что достаточно высокая доходность объектов обеспечивает рост целевой функции с ростом kd_i до некоторых пределов. Однако применение очень высоких коэффициентов ускорения или резкое сокращение сроков полезного использования объектов приводит к снижению эффективности функционирования компании. Это связано с тем, что из-за высоких амортизационных отчислений в первые периоды работы объектов компания понесет такие большие убытки, что они не перекроются (с учетом дисконтирования) все возрастающими прибылями.

Представленная на рис. 3 ситуация отображает один из самых простых случаев задачи (26)—(27), когда целевая функция в критерии (28) имеет симметричную, «почти» гладкую и выпуклую структуру. Однако, в зависимости от параметров объектов, функционал в критерии (28) может иметь сложную структуру и в общем случае не является выпуклым. Такая ситуация проиллюстрирована на рис. 4 (см. третью страницу обложки), на котором представлена поверхность целевой функции для компании, состоящей из двух объектов, один из которых начинает функционировать на три года позже другого и амортизируется по нелинейному методу ($z_1 = 0$, $z_2 = 1$, $X_1 = 0{,}8$ и $Y_2 = 1$). Пределы варьирования переменных kd_1 и kd_2 оставлены теми же, что в предыдущем случае (от 0,01 до 0,05). При этом, как видно из рис. 4, наблюдается положительный скачок в изменении значения функционала при достижении высоких значений kd_1 и kd_2. Этот эффект связан с резким ростом амортизационных отчислений в момент переключения с нелинейного на линейный метод для второго объекта и их дополнительным приращением в последний месяц эксплуатации первого объекта, амортизируемого по линейному методу, которое совпало с моментом переключения.

Рассмотрим пример решения более сложной задачи типа (24), (25). Пусть для каждого из $N = 10$ взаимосвязанных объектов при фиксированных сроках их полезного использования $T_{ai} = T_{ai}^0$, $i = \overline{1, 10}$ требуется выбрать метод амортизации (линейный или нелинейный) и коэффициенты ускорения. При этом верхние границы $\overline{K}^{нел}$ и $\overline{K}^{лин}$ изменения коэффициентов ускорения для каждого объекта индивидуальны и меняются в зависимости от выбора линейного или нелинейного метода амортизации, а также доходности объектов $\bar{r}$, а нижние — одинаковы для всех и равны 1 ($\underline{K}^{нел} = \underline{K}^{лин} = 1$, что соответствует амортизации без ускорения). Оптимальная амортизационная политика формируется на 12-летнем горизонте T в месячном разрезе, причем T_p = 138 мес. Ставка дисконтирования δ принята на уровне 15 % годовых и применяется к оценке всех объектов. В соответствии с налоговым кодексом РФ нелинейная схема может переключаться на линейную в квартале, следующем за кварталом, в котором произошло списание 80 % стоимости объекта ($X_0 = 0{,}8$) [6]. Ставка налога на прибыль принята на уровне $p = 24\%$, а налога на имущество — 0,5 % в квартал из расчета $\alpha = 2$ % годовых. Каждый i-й объект характеризуется своей нормой доходности (прибыли) r_i, моментом начала эксплуатационной фазы t_{ci}, совпадающим с моментом постановки на баланс t_{bi} ($t_{ci} = t_{bi}$), и объёмом инвестиций I_i. Суммарная стоимость объектов компании составляет 662 млн. у. е. В качестве критерия оптимальности выступает максимизация суммарного чистого дисконтированного дохода, генерируемого всей совокупностью объектов:

$$NPV(z_i, k_i, i = \overline{1, 10}) \to \max, \qquad (31)$$

$$z_i k_i + (1 - z_i)k_i - z_i \overline{K}_i^{нел} - (1 - z_i)\overline{K}_i^{лин} \leqslant 0, \quad i = \overline{1, 10}; \qquad (32)$$

$$z_i k_i + (1 - z_i)k_i - z_i \underline{K}_i^{нел} - (1 - z_i)\underline{K}_i^{лин} \geqslant 0, \quad i = \overline{1, 10}; \qquad (33)$$

$$z_i \in \{0; 1\}, \quad i = \overline{1, 10}. \qquad (34)$$

Размерность сформированной негладкой частично-целочисленной задачи (31)—(34) составляет 20 переменных (из них 10 булевых) при 20-ти ограничениях. Входные параметры задачи при различных сочетаниях исходных приведены в табл. 1. Для решения задачи применялся эволюционный метод со следующими характеристиками: размер популяции — 100 элементов, вероятность мутации — 0,075, процедура отбора лучших решений из текущей популяции — равновероятный случайный выбор. Время поиска решения задач рассматриваемого класса, включая время генерации модели, существенно зависит от выбора начальной точки. Поэтому

Таблица 1

Входные данные задачи (26), (27)

i	$t_{bi} = t_{ci}$, мес.	Доходность r_i, % годовых			T_{ai}, мес.	d_i, % годовых	I_i, млн. у. е.	$\bar{K}_i^{лин}$		$\bar{K}_i^{нел}$
		средняя	низкая	высокая				1*	2**	
1	1	15,0	10,0	20,0	120	10	20	1,5	1,75	6
2	2	7,5	5,0	10,0	105	11,4	30	1,2	1,25	3
3	4	30,0	20,0	40,0	115	10,4	40	1,5	1,75	6
4	3	22,5	15,0	30,0	125	9,6	10	1,2	1,25	3
5	4	11,3	7,5	15,0	110	10,9	90	1,5	1,75	6
6	2	18,8	12,5	25,0	130	9,2	100	1,2	1,25	3
7	7	26,3	17,5	35,0	100	12,0	210	1,5	1,75	6
8	4	13,5	9,0	18,0	135	8,9	12	1,2	1,25	3
9	1	16,5	11,0	22,0	130	9,2	100	1,5	1,75	6
10	3	20,3	13,5	27,0	120	10,0	50	1,2	1,25	3
Среднее значение		19,9	13,3	26,5	114,7	10,6	Итого = 662	—		

* 1 — верхние границы при средней доходности.
** 2 — верхние границы при низкой и высокой доходностях.

процедура решения включала в себя также ряд последовательных принудительных рестартов, осуществляемых пользователем с достигнутых на предыдущем шагах рекордов. При этом на первом шаге процедуры за приемлемое время находилось достаточно хорошее первое рекордное решение, с которого затем производился рестарт, позволявший улучшить достигнутый рекорд и т. д. В качестве исходной начальной точки принималась точка, в которой все объекты амортизировались по линейному методу без ускорения ($z_i = 0$, $k_i = 1$, $i = \overline{1, 10}$).

Результаты решения задачи на трех уровнях усредненной по совокупности объектов доходностей (среднем ($\bar{r}_1$ = 19,9 %), низком ($\bar{r}_2$ = 13,3 %) и высоком ($\bar{r}_3$ = 26,5%)) при средней норме линейной амортизации $\bar{d}$ = 10,6 % отражены в табл. 2. В таблице приведены: рекордное решение (z, k), значение функционала в рекордной точке и его прирост относительно значения в начальной точке; значение функционала в начальной точках; оценки решений при максимально допустимых значениях коэффициентов ускорения; число достигнутых промежуточных рекордов и потребовавшихся для их достижения рестартов процедуры поиска и эвристических корректировок промежуточных рекордов. Эвристические корректировки применялись в случае отсутствия улучшения рекорда в течение длительного времени (1000—1500 итераций генетического алгоритма). Так, из табл. 2 видно, что в компании, собирающейся эксплуатировать объекты средней доходности $\bar{r}_1$, для двух объектов (6-го и 7-го) выбран нелинейный метод с коэффициентами ускорения 2,995 и 3,047, лежащими между границами изменения коэффициентов, а для остальных — линейный метод с максимально возможными коэффициентами 1,2 и 1,5. Максимально достигнутый рекорд (574,56) улучшил начальное значение функционала (553,541) на 3,8%.

Динамика изменения входящих в расчет критериального показателя $NPV(\cdot)$ финансовых потоков (валового дохода R_t, чистой прибыли $ЧП_t$, амортизации Am_t, налога на имущество $НИ_t$ и т. д., см. формулу (28)) в рекордной точке отражена на рис. 5 (с м. третью страницу обложки). Видно, что в первые два года горизонта планирования компания несет убытки ($ЧП_t < 0$), которые тем не менее компенсируются на последующих шагах существенным приростом денежных потоков за счет высоких амортизационных отчислений.

В целом проведенные модельные расчеты показали, что оптимизация амортизационной политики для объектов со средней и высокой доходностями за 2—4 рестарта дает улучшение по функционалу до 5 % относительно решения в начальной точке.

Отметим, что на структуру и ход решения задачи существенное влияние оказывают как доходность объектов r_i, так и пределы изменения коэффициентов ускорения. Так, рост усредненной доходности объектов до уровня $\bar{r}_3$ и выше приводит к тому, что предпочтительным оказывается выбор нелинейных методов с максимально возможными коэффициентами ускорения, превышающими пределы их изменения для линейных методов, причем в этой ситуации могут потребоваться эвристические корректировки рекордов, достигнутых вблизи границы области определения задачи (серия расчетов с высокой доходностью, табл. 2). Падение усредненной доходности до уровня $\bar{r}_2$ ведет к выбору линейных методов с коэффициентами ускорения, лежащими между допустимыми границами их изменения и стремящимися к нижним границам при резком падении показателя $\bar{r}_2$ (серия расчетов с низкой доходностью, табл. 2).

Расчеты проводились в среде MS Excel 2000 с помощью оптимизационной платформы PSP фирмы «Frontline Systems, Inc.» (США) [7].

Как отмечалось ранее, целью решения задачи оптимизации амортизационной политики в частности и учетной политики в целом является определение условий и параметров процесса финансового планирования,

Таблица 2

Результаты решения задачи (26), (27)

	Доходность, %					
	19,9 (средняя)		13,3 (низкая)		26,5 (высокая)	
	z_i	k_i	z_i	k_i	z_i	k_i
Решение (z, k) (справа) и его параметры (внизу)	0	1,5	0	1,258	0	1,75
	0	1,2	0	1,107	1	3
	0	1,5	0	1,248	1	6
	0	1,2	0	1,199	1	3
	0	1,5	0	1,314	0	1,75
	1	2,99	0	1,243	1	3
	1	3,04	0	1,187	0	1,75
	0	1,2	0	1,249	1	3
	0	1,5	0	1,448	0	1,75
	0	1,2	0	1,236	1	3
Рекорд NPV, млн. у. е.	574,56		392,13		752,187	
NPV в начальной точке (z, k) = (0, 1), млн. у. е.	553,541		383,127		720,239	
Прирост относительно начальной точки, %	3,80		2,35		4,44	
Оценки NPV, млн. у. е. при						
$(z, k) = (0, \underline{K})$	560,578		375,336		741,409	
$(z, k) = (1, \overline{K})$	573,178		385,663		746,746	
Число промежуточных рекордов	3		3		6	
Число рестартов	2		3		4	
Число эвристических корректировок	1		—		2	
Суммарное число итераций	11 868		9 205		4 404	

который осуществляется с помощью соответствующих имитационных моделей бюджетирования (см. рис. 3 в первой части статьи [1]).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В новых экономических условиях развития и функционирования реального сектора экономики России особую актуальность приобретает применение современных подходов к планированию и управлению хозяйственной деятельностью, одним из которых является контроллинг. Эффективное решение финансово-экономических задач контроллинга — действенный инструмент повышения оперативности и качества принимаемых управленческих решений. Для его внедрения в повседневную практику плановых расчетов необходима дальнейшая разработка соответствующих методов математического моделирования, адекватных современным условиям экономического окружения, и информационных технологий их реализации. Цель авторов статьи заключалась в привлечении внимания специалистов к данной проблеме и обсуждении возможных путей ее решения.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Карибский А. В., Мишутин Д. Ю., Шишорин Ю. Р.* Финансово-экономические методы контроллинга в управлении хозяйственной деятельностью интегрированных компаний. Ч. I // Проблемы управления. — 2004. — № 2. — С. 54—62.
2. *Мишутин Д. Ю., Шишорин Ю. Р.* Моделирование и оптимизация в процессе бюджетирования интегрированной Компании // Тр. института ИПУ РАН. — М., 2004. — Т. XIII. — С. 135—149.
3. *Баулин И. С., Мишутин Д. Ю.* Различные формы задач оптимизации учетной политики интегрированных компаний // Информация и экономика: Сб. науч. тр. / АлГУ. — Барнаул, 2004 (в печати).
4. *Карибский А. В., Филиппов В. А.* Оптимизационно-имитационный подход к решению задач планирования развития крупномасштабных систем // Синтез и проектирование многоуровневых систем управления: Тр. науч.-техн. конф. / АлГУ (Барнаул, 1982). — Барнаул, АлГУ, 1982. — Ч. 2.
5. *Цвиркун А. Д., Акинфиев В. К., Филиппов В.А.* Имитационное моделирование в задачах синтеза структуры сложных систем (оптимизационно-имитационный подход). — М.: Наука, 1985.
6. *Premium* Solver. Premium Solver Platform Version 5.0 for use with Microsoft Excel. Quick Overview [Электронный ресурс] / Frontline Systems, Inc. — Incline Village, Nevada (USA): Frontline Systems, Inc., 2002. — Электрон. текст. — Режим доступа: http://www.solver.com/PlatformV5Intro.pdf, для зарегистрированных пользователей. — Загл. с экрана.
7. *Мишутин Д. Ю.* Информационная технология бюджетирования в интегрированных компаниях // Информационная экономика и управление динамикой сложных систем: Сб. науч. тр. — М.-Барнаул: Бизнес-Юнитек, 2004. — С. 124—132.

☎ *(095) 334-90-41*

E-mail: ysh@petrocom.ipu.rssi.ru

mishutin@petrocom.ipu.rssi.ru ❑