

# БАНКОВСКОЕ ДЕЛО

**Д. А. Крутов**

студент факультета прикладной математики — процессов управления Санкт-Петербургского государственного университета

**А. В. Прасолов**

докт. физ.-мат. наук, профессор, зав. кафедрой моделирования экономических систем факультета прикладной математики — процессов управления Санкт-Петербургского государственного университета

## МОДЕЛИРОВАНИЕ УПРАВЛЕНИЯ КРЕДИТНО-ДЕПОЗИТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ КОММЕРЧЕСКОГО БАНКА

Для наиболее эффективной работы коммерческого банка в современных экономически неустойчивых условиях важна четкая структурированная стратегия развития во всех областях банковской деятельности. Одним из важнейших направлений является работа с клиентами и связанная с этим депозитная и кредитная политика, поэтому в работе ставится задача построить и проанализировать динамическую модель, описывающую накопление прибыли банка, в зависимости от проводимой кредитно-депозитной стратегии. Полученные при моделировании результаты помогут принимать наиболее эффективные решения в ходе реального управления кредитно-депозитной политикой банка. Таким образом, основная цель работы состоит в разработке механизма, позволяющего оптимизировать финансовый менеджмент коммерческого банка.

### Способы моделирования банковской деятельности

Эффективность проводимой банком политики, в том числе и в рассматриваемой кредитно-депозитной сфере, в настоящее время все чаще определяется показателем рыночной стоимости банка. Рыночная стоимость коммерческого банка становится важнейшим показателем, позволяющим наиболее адекватно измерять эффективность его деятельности, а также обеспечивать принятие управленческих решений, способствующих реализации стратегических задач на финансовом рынке.

В современной теории существует несколько взглядов на моделирование оценки стоимости предприятия.

Затратный подход к оценке коммерческого банка предполагает рассмотрение оцениваемого объекта с точки зрения издержек, осуществленных собственниками для создания данного предприятия.

Затраты на привлечение аудиторских компаний и поиск нужного количества инсайдерской информации для подсчета и анализа издержек приводит к редкому использованию данного подхода.

Сравнительный подход предполагает сравнительную оценку коммерческого банка и некоторого объекта-аналога, по которому собираются данные о его стоимости и корректируются для оцениваемого банка с учетом различий. Однако данный подход не всегда применим с заданным количеством предпосылок в силу уникальности и специфики объектов оценки, разнообразия условий коммерческих сделок и конфиденциальности сведений по ним.

Доходный подход использует предпосылку о том, что ценность имеет не сам актив, а те доходы (денежные потоки), которые актив может генерировать. Основным методом доходного подхода является оценка дисконтированных денежных потоков (DCF) (Koller, Goedhart, Wessels, 2006). Принято считать, что доходный подход имеет решающее значение при оценке стоимости компании, поскольку основывается на ее внутренней стоимости, наилучшим образом из всех имеющихся методов учитывает текущую и будущую деятельность компании, а следовательно, дает наиболее справедливую оценку.

Основным подходом к оценке рыночной стоимости коммерческого банка является именно доходный, поскольку он основан на прогнозах будущего развития бизнеса, а это в наибольшей степени отвечает интересам собственников и инвесторов. Поэтому при построении модели будем использовать доходный метод.

Модели, описывающие банковские системы, подразделяются на два больших класса: полные и частные. В полных моделях используется комплексный подход к исследованию аспектов банковской деятельности. Согласно Балтенспергеру (Baltensperger, Ernst, 1980), полная модель должна объяснить решение:

- 1) об активах и обязательствах банка (и их взаимодействии);
- 2) о размерах банковского капитала.

Вклад в теорию банковской фирмы сделан Сили (Sealey, 1980), который построил квазиполную модель банка путем интеграции двух частных направлений моделирования (первое — общий поток депозитов зависит от экономической ситуации в целом, т. е. от тех факторов, которые находятся вне сферы компетенции банка, поэтому должны считаться заданными экзогенно; второе — спрос на кредиты и его структура считаются обусловленными инвестиционной активностью и заданными, основное внимание концентрируется на рынке депозитов и факторов, обуславливающих их привлечение (Синки, 1994), однако вопросы банковского капитала остались при этом за пределами модели, что в современное время является значимым недостатком. Интерес представляет и имитационная динамическая модель деятельности сберегательного банка (Егорова, Смулов, 1998), которая описывает пассивные и активные операции банка, а также процесс формирования собственного капитала.

Новизну в описании банковской деятельности представляет декомпозиционный подход к построению и моделирование поведения субъектов модели, однако одна из предпосылок данной модели не может быть применима в современных условиях для российских коммерческих банков. Здесь необходимо выделить класс имитационных динамических моделей, состоящих из нескольких блоков. Нами рассматривалась работа (Егорова, Смулов, 1998), в которой одна из предпосылок модели не может быть применима в современных условиях для российских коммерческих некрупных банков. Предполагается, что государство не только является гарантом вкладов в рассматриваемый банк, но и оказывает ему финансовую поддержку — это условие неприменимо для современной экономической ситуации, так как в последнее время принимаются все более жесткие меры для получения лицензий частными коммерческими банками, поэтому говорить о значимой поддержке со стороны государства неприемлемо. В реальности полные модели банковских систем дают лучшие результаты, поз-

воляют описать стратегии поведения в различных экономических ситуациях, но являются громоздкими в плане описания и вычислений, а также предполагают введение предпосылок, являющихся индивидуальными для каждого банка, что затрудняет их применение.

Описание поставленной в работе задачи принадлежит классу частных моделей банковской деятельности. В группе частных моделей могут быть выделены два дивергентных направления, описанных выше (Синки, 1994). Они основаны на различных гипотезах о поведении банка на рынке денег и о его возможностях управления процессами спроса и предложения на этом рынке. Определение доходов коммерческого банка можно осуществлять на основе спред-моделей (Мусина, 2008). Спред-модель основана на предположении, что если основу деятельности коммерческого банка составляют кредитные вложения и инвестиции, то доход может быть рассчитан как разность (спред) в процентных ставках по привлеченным и размещенным средствам. Однако при моделировании деятельности банка можно рассматривать только процентные доходы от кредитно-депозитной деятельности, не включая в модель прочие непроцентные доходы. При таких условиях полученная модель будет принадлежать классу частных моделей, она позволит оптимизировать работу депозитного и кредитного отделов и оценивать влияние изменения процентных ставок на поток выданных кредитов и привлеченных депозитов и на общую прибыль банка.

Для лучшего понимания экономической сущности спред-модели опишем условную структуру коммерческого банка, отражающую общие характерные особенности бизнеса в кредитно-депозитной сфере. Приведенная схема наглядно показывает взаимосвязь основных функций и реализацию их через рыночный механизм (рис. 1).

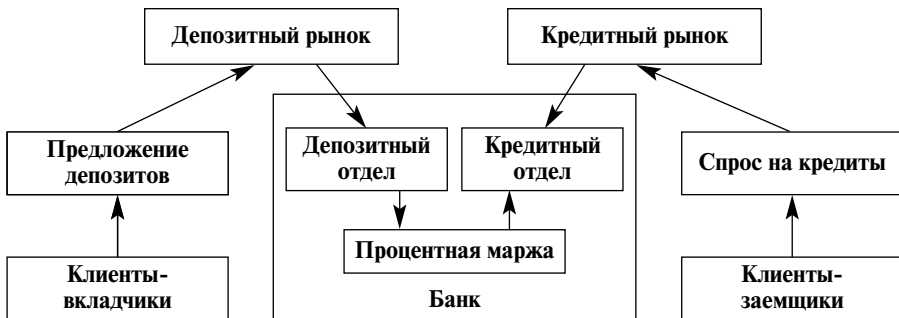


Рис. 1. Структура коммерческого сберегательного банка

Остановимся подробнее на описании кредитно-депозитных отношений банка. В этой области взаимодействия банка с клиентами обычно моделируются некоторой теоретико-игровой схемой (Von Thadden, 2000). Однако в работе рассмотрен иной вариант моделирования такого рода деятельности банка. Будем рассматривать коммерческий банк как некую финансовую фирму в рамках микроэкономической задачи. В этих условиях основной целью будет развитие в направлении учета фактора времени и исследование тех изменений, которые вносят в стратегию накопления прибыли связующие ограничения на ресурсы системы для смежных этапов ее функционирования.

### Построение модели

Представим банк как фирму, которая привлекает депозиты со стороны заимодателей и предоставляет кредиты заемщикам. Эта деятельность является основной в работе любого коммерческого банка. В основе исследуемой модели ле-

жит предпосылка о возможности отслеживать объемы изучаемого ресурса через дискретные равноотстоящие промежутки времени  $t$ .

Традиционная функция прибыли банка, учитывающая только кредитные и депозитные операции и различные издержки на их обслуживание, имеет следующий вид (Конюховский, 2001):

$$K_t(D_t, L_t) = r_{L_t}L_t - r_{D_t}D_t - C_t, \quad (1)$$

где  $K_t(D_t, L_t)$  — величина прибыли банка в момент времени  $t$ ;  $L_t$  — поток выданных на момент  $t$  кредитов;  $D_t$  — поток привлеченных на момент  $t$  депозитов;  $r_{L_t}$  — средняя процентная ставка по кредитам в момент  $t$ ;  $r_{D_t}$  — средняя процентная ставка по депозитам в момент  $t$ ;  $C_t$  — функция, возвращающая значение издержек, возникающих при управлении депозитами и кредитами в объемах  $D$  и  $L$  соответственно, которые приносят прибыль  $K$ .

### Вывод уравнений для потока кредитов и депозитов

Рассмотрим подробнее динамику образования кредитов и депозитов. Если обозначить через  $Ln_t$  и  $Dn_t$  потоки вновь выданных кредитов и вновь привлеченных депозитов соответственно, а через  $Lo_t$  и  $Do_t$  потоки возврата кредитов и изъятия депозитов, то динамику кредитов и депозитов можно описать следующим образом (Андреев, Пильник, Поспелов, 2009):

$$L_t = L_{t-1} + Ln_t - Lo_t; \quad (2)$$

$$D_t = D_{t-1} + Dn_t - Do_t. \quad (3)$$

Потоки возврата кредитов и изъятия депозитов  $Lo_t$  и  $Do_t$  в работе (Андреев, Пильник, Поспелов, 2009) задавались следующим образом:

$$Lo_t = \beta_{L_t}L_t; \quad Do_t = \beta_{D_t}D_t.$$

Здесь  $\beta_{L_t}$  и  $\beta_{D_t}$  — средние значения обратных величин сроков, на которые выдавались кредиты и привлекались депозиты — обратных дюраций. Коэффициенты дюрации в каждый момент времени  $t$  вычислялись по следующей формуле:

$$\beta_t = \frac{\sum_{\tau} \frac{1}{\tau} X_t^{\tau}}{\sum_{\tau} X_t^{\tau}},$$

где  $X_t^{\tau}$  — объем кредитов или депозитов на срок  $\tau$ , выданных или привлеченных в момент  $t$ . Использование коэффициентов дюрации позволяет отслеживать динамику изменения сроков кредитов и депозитов, по которой можно судить об общих экономических настроениях: стабильное уменьшение коэффициентов обратных дюраций означает рост средних сроков по кредитам и депозитам, а это свидетельствует о росте стабильности и взаимного доверия в экономике (Андреев, Пильник, Поспелов, 2009).

Однако недостаток такого подхода при моделировании заключается в том, что не учитываются на каждом новом шаге предыдущие данные по потокам кредитов и депозитов, поэтому в данной работе предлагается другой подход к задаче возвратных потоков.

Величина  $Lo_t$  в (2) есть не что иное, как значение величины потока кредитов в некоторый предшествующий момент, равный сроку кредита. Аналогичным образом можно определить и величину  $Do_t$ :

$$Lo_t = L_{t-h}; \quad Do_t = D_{t-g},$$

где  $h$  и  $g$  — сроки кредитов и депозитов соответственно.

В реальности у каждого банка есть целый набор программ по кредитованию и депозитной деятельности с разными сроками и разными процентными ставками. В уравнении (1) и далее мы будем использовать средние показатели процентных ставок по кредитам и депозитам. Для учета различных сроков введем в рассмотрение функцию распределения сроков кредитов и депозитов:

$$F(\tau) = \begin{cases} p_{\tau_1}, \tau = \tau_1, \\ \dots \\ p_{\tau_n}, \tau = \tau_n, \end{cases} \quad (4)$$

здесь  $p_{\tau_n}$  — доля объема кредитов или депозитов, выданных или привлеченных на срок  $\tau_n$ .

С учетом (4) получим:

$$Lo_t = \sum_{\tau=\tau_1}^{\tau_n} F_L(\tau)L_{t-\tau}; \quad (5)$$

$$Do_t = \sum_{\tau=\tau_1}^{\tau_n} F_D(\tau)D_{t-\tau}, \quad (6)$$

для упрощения будем полагать, что функции распределения  $F_L(\tau)$  и  $F_D(\tau)$  не зависят от времени и количество сроков, на которые выдаются кредиты, равно количеству сроков, на которые выдаются депозиты.

Величины  $Ln_t$  и  $Dn_t$  в работе (Андреев, Пильник, Поспелов, 2009) являются экзогенными переменными, однако попробуем задать их как функции от соответствующих процентных ставок:

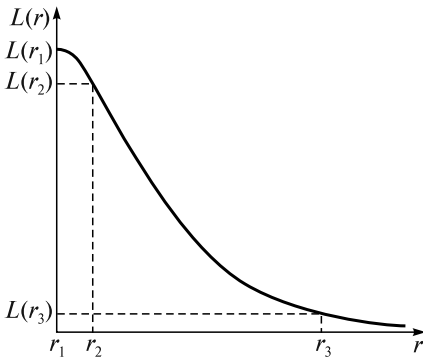
$$Ln_t = f(r_{L_t}); \quad Dn_t = f(r_{D_t}).$$

Исходя из экономических реалий, поведение функции  $f(r_L)$  может быть описано графиком S-образного вида, приведенным на рис. 2, где по оси абсцисс отложены процентные ставки по кредитам, а по оси ординат — соответствующий объем выданных кредитов.

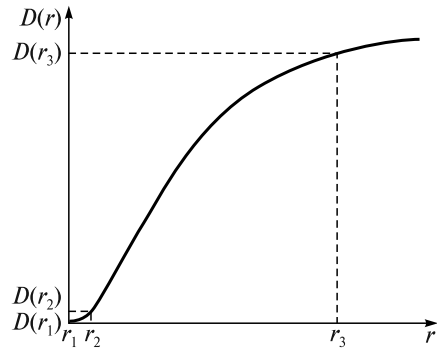
Участок графика  $[r_1, r_2]$  соответствует незначительному уменьшению спроса на кредиты при небольшом увеличении процентных ставок, участок  $[r_2, r_3]$  — быстрому понижению спроса, начинающемуся при достижении некоего критического уровня, сложившегося на рынке. По достижению уровня  $r_3$  спрос на кредиты становится близким к нулевому. Необходимо отметить, что при малых изменениях процентной ставки функцию  $f(r_L)$  можно с большой точностью аппроксимировать линейной функцией, что позволит упростить и идентификацию коэффициентов.

Поведение функции  $f(r_D)$  можно описать аналогичным образом. На рис. 3 по оси абсцисс отложены процентные ставки по депозитам, а по оси ординат — соответствующий объем привлеченных депозитов.

Участок графика  $[r_1, r_2]$  соответствует незначительному приросту средств при малых процентных ставках, участок  $[r_2, r_3]$  — быстрому приросту, начинающемуся при достижении некоего критического уровня, сложившегося на рынке. В целом преодоление уровня  $r_2$ , означает способность финансового института обеспечить некоторый минимальный стандарт обслуживания клиентов по выплате процента. Наконец, по достижении уровня  $r_3$ , начинается убывание ско-



**Рис. 2. График зависимости объема выданных кредитов от процентной ставки  $r_L$**



**Рис. 3. График зависимости объема привлеченных депозитов от процентной ставки  $r_D$**

рости прироста объемов, что соответствует исчерпанию возможностей рынка привлеченных средств (Конюховский, 2001).

Аналитически зависимости такого вида можно описать с помощью параметрического класса функций:

$$Ln_t = f(r_{L_t}) = c_L(1 + \alpha_L r_{L_t}) \exp(-\alpha_L r_{L_t}); \quad (7)$$

$$Dn_t = f(r_{D_t}) = c_D(1 - (1 + \alpha_D r_{D_t}) \exp(-\alpha_D r_{D_t})), \quad (8)$$

где  $c > 0$ ,  $\alpha > 0$ ,  $r_D \geq 0$ ,  $r_L \geq 0$ .

Параметр  $c$  может быть интерпретирован как масштабирующий коэффициент, а параметр  $\alpha$  — как коэффициент, определяющий скорость подъема (спуска) кривой, т. е. скорость исчерпания возможностей рынка.

Подставляя (5)—(8) в (2), (3) получим:

$$L_t = L_{t-1} + c_L(1 + \alpha_L r_{L_t}) \exp(-\alpha_L r_{L_t}) - \sum_{\tau=\tau_1}^{\tau_n} F_L(\tau) L_{t-\tau}; \quad (9)$$

$$D_t = D_{t-1} + c_D(1 - (1 + \alpha_D r_{D_t}) \exp(-\alpha_D r_{D_t})) - \sum_{\tau=\tau_1}^{\tau_n} F_D(\tau) D_{t-\tau}. \quad (10)$$

### Устойчивость уравнений потоков кредитов и депозитов

Рассмотрим вопрос об асимптотической устойчивости уравнений потока кредитов  $L_t$  и депозитов  $D_t$ . Напомним, что решение уравнения или системы уравнений называется асимптотически устойчивым, если оно ограничено некоторой  $\varepsilon$ -окрестностью и в пределе при времени, стремящемся к бесконечности, стремится к нулю.

В системах, обладающих свойством асимптотической устойчивости, сглаживаются ошибки моделирования, а также ошибки в начальных данных, что является очень важным для адекватности модели, а также для дальнейшего прогнозирования по ней (Прасолов, 2010). Далее мы будем исследовать уравнение потока кредитов, уравнение потока депозитов исследуется аналогично.

Для потока кредитов мы имеем неоднородное разностное уравнение с запаздываниями (9). Особый интерес представляет функция распределения сроков  $F_L(\tau)$ , на которые выдаются кредиты. Отметим, что  $\sum_{i=1}^n p_i = 1$  и  $0 \leq p_i \leq 1$ , поэтому разностное уравнение (9) можно рассматривать как уравнение с интервальными коэффициентами.

Если известна информация о количестве кредитов и депозитов, выданных и привлеченных по всем срокам, то численно оценить коэффициенты распре-

деления можно, построив регрессии вида  $L_{i_t} = p_i L_t$  и  $D_{i_t} = p_i D_t$ , и, используя интервальные оценки коэффициентов с заданным уровнем надежности, возможно сузить интервалы для  $p_i$ , представленные выше. Построение интервальных оценок происходит следующим образом: по таблице распределения Стьюдента при  $t - 2$  степенях свободы определяется критическое значение  $t_{\text{табл}}$  для заданного уровня значимости, тогда интервальные оценки для коэффициентов распределения с заданным уровнем надежности имеют вид

$$(p_i - m_{p_i} p_{\text{табл}}, p_i + m_{p_i} p_{\text{табл}}),$$

где  $m_{p_i}$  определяются следующим образом:

$$m_{p_i} = S_{\text{ост}} \frac{\sqrt{\sum_{j=1}^t L_j}}{\sigma_L t},$$

здесь  $S_{\text{ост}}$  — частное от деления остаточной суммы квадратов отклонений фактических значений  $L_{i_t}$  от расчетных (теоретических)  $\hat{L}_{i_t}$  значений на  $t - 2$ ,  $\sigma_L$  — квадратный корень из выборочной дисперсии.

Таким образом, получим семейство уравнений вида (9), где компоненты функции распределения  $p_i$  определены в известных интервалах  $\underline{p}_i \leq p_i \leq \bar{p}_i$ .

В рамках реального управления банком полученные ограничения на коэффициенты помогут понять, когда и при каких распределениях сроков по продуктам динамика прибыли станет неуправляемой или начнется значительный спад, а также помогут определить оптимальное с точки зрения максимизации прибыли соотношение сроков реализуемых банковских продуктов.

**Теорема.** Разностное уравнение для потока кредитов (9) асимптотически устойчиво с заданным уровнем надежности тогда и только тогда, когда устойчивы четыре полинома с детерминированными коэффициентами:

$$\begin{aligned} \underline{r}_0 w^n + \underline{r}_1 w^{n-1} + \underline{r}_2 w^{n-2} + \underline{r}_3 w^{n-3} + \dots + \underline{r}_{n-1} w + \underline{r}_n &= D(w_1); \\ \bar{r}_0 w^n + \bar{r}_1 w^{n-1} + \bar{r}_2 w^{n-2} + \bar{r}_3 w^{n-3} + \dots + \bar{r}_{n-1} w + \bar{r}_n &= D(w_2); \\ \underline{r}_0 w^n + \underline{r}_1 w^{n-1} + \underline{r}_2 w^{n-2} + \underline{r}_3 w^{n-3} + \dots + \underline{r}_{n-1} w + \underline{r}_n &= D(w_3); \\ \bar{r}_0 w^n + \bar{r}_1 w^{n-1} + \bar{r}_2 w^{n-2} + \bar{r}_3 w^{n-3} + \dots + \bar{r}_{n-1} w + \bar{r}_n &= D(w_4), \end{aligned}$$

где коэффициенты  $r_i$  выражаются следующим образом:

$$\begin{aligned} r_0 &= \tau_{00}(k) - \tau_{01}(k)(1 - p_1) + \tau_{02}(k)p_2 + \dots + \tau_{0n}(k)p_n; \\ r_1 &= \tau_{10}(k) - \tau_{11}(k)(1 - p_1) + \tau_{12}(k)p_2 + \dots + \tau_{1n}(k)p_n; \\ &\dots \\ r_n &= \tau_{n0}(k) - \tau_{n1}(k)(1 - p_1) + \tau_{n2}(k)p_2 + \dots + \tau_{nn}(k)p_n; \end{aligned}$$

$\tau_{ij}(k)$  — элемент матрицы, обратной к матрице билинейного  $w$ -преобразования, отображающего единичный круг в левую комплексную полуплоскость.

*Доказательство.*

Чтобы избавиться от неоднородности, перейдем к матричной форме уравнения (9). Пусть  $c_L(1 + \alpha_L r_{L_t}) \exp(-\alpha_L r_{L_t}) = k_L$  и  $\begin{bmatrix} L_t \\ k_L \end{bmatrix} = Y_t$ , тогда получим:

$$Y_t = \begin{pmatrix} 1-p_1 & 1 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} Y_{t-1} - \sum_{\tau=2}^n \begin{pmatrix} p_\tau & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix} Y_{t-\tau}. \quad (11)$$

Исследуем (11) на асимптотическую устойчивость (Жабко, Прасолов, Харитонов, 2003). Характеристический многочлен имеет вид:

$$\lambda^n - (1-p_1)\lambda^{n-1} + p_2\lambda^{n-2} + \dots + p_n = 0, \quad (12)$$

где  $\underline{p}_i \leq p_i \leq \overline{p}_i$ .

Для асимптотической устойчивости (11) необходимо и достаточно, чтобы все корни уравнения (12) лежали внутри единичного круга. Задача усложняется тем, что нам известны лишь интервальные оценки коэффициентов в (12).

Используя билинейное  $w$ -преобразование, которое отображает круг единичного радиуса в плоскости  $z$  во всю левую полуплоскость плоскости  $w$ , перейдем к рассмотрению следующего многочлена, полученного с помощью подстановки

$$\lambda = \frac{k+w}{k-w}, \quad k > 0:$$

$$r_0 w^n + r_1 w^{n-1} + r_2 w^{n-2} + \dots + r_n = 0, \quad (13)$$

где интервальные коэффициенты  $\underline{r}_i \leq r_i \leq \overline{r}_i$  и  $p_i$  связаны неособым нелинейным преобразованием:

$$\begin{pmatrix} p_0 \\ p_1 \\ p_2 \\ \vdots \\ p_n \end{pmatrix} = (-1)^n \begin{pmatrix} k^n & \dots & k^{\frac{n}{2}} & \dots & 1 \\ nk^n & \dots & (n-2i)k^{\frac{n}{2}} & \dots & -n \\ \frac{n(n-1)k^n}{2} & \dots & \left( \frac{i(i-1)}{2} + \frac{(n-i)(n-1-3i)}{2} \right) k^{\frac{n}{2}} & \dots & \frac{n(n-1)}{2} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ k^n & \dots & k^{\frac{n}{2}} & \dots & (-1)^n \end{pmatrix} \begin{pmatrix} r_0 \\ r_1 \\ r_2 \\ \vdots \\ r_n \end{pmatrix}. \quad (14)$$

Матрица преобразования  $A$  в (14) неособая, так как ее столбцы совпадают со столбцами коэффициентов линейно независимых полиномов

$$(k(\lambda+1)^n, (k(\lambda+1))^{n-1}(\lambda-1), (\lambda-1)^n).$$

Согласно известным результатам об устойчивости интервальных полиномов, полученным В. Л. Харитоновым (Жабко, Харитонов, 1993), интервальный полином устойчив (т. е. все корни полинома с интервальными коэффициентами лежат в левой полуплоскости комплексной системы координат вне зависимости от сочетаний значений коэффициентов), если устойчивы четыре характерных полинома с детерминированными коэффициентами:

$$\begin{aligned} \underline{r}_0 w^n + \underline{r}_1 w^{n-1} + \overline{r}_2 w^{n-2} + \overline{r}_3 w^{n-3} + \dots + \overline{r}_{n-1} w + \underline{r}_n &= D(w_1); \\ \overline{r}_0 w^n + \overline{r}_1 w^{n-1} + \underline{r}_2 w^{n-2} + \underline{r}_3 w^{n-3} + \dots + \underline{r}_{n-1} w + \overline{r}_n &= D(w_2); \\ \overline{r}_0 w^n + \overline{r}_1 w^{n-1} + \underline{r}_2 w^{n-2} + \underline{r}_3 w^{n-3} + \dots + \underline{r}_{n-1} w + \overline{r}_n &= D(w_3); \\ \underline{r}_0 w^n + \underline{r}_1 w^{n-1} + \overline{r}_2 w^{n-2} + \overline{r}_3 w^{n-3} + \dots + \overline{r}_{n-1} w + \underline{r}_n &= D(w_4). \end{aligned}$$

Коэффициенты  $r_i$  могут быть выражены из преобразования (14):

$$r = A^{-1}p,$$



где  $r$  и  $p$  — вектор-столбцы размерности  $n \times 1$ . Обратная матрица к  $A$  всегда может быть найдена, так как  $A$  — неособая. Теорема доказана.

В ходе проверки на устойчивость конкретного уравнения вида (9) возникнут вполне определенные четыре полинома, для проверки которых на устойчивость предлагается использовать известные методы, такие как критерий Рауса—Гурвица или Ляпунова—Шипара.

Знание интервалов для коэффициентов распределения сроков кредитов, при которых (9) асимптотически устойчиво, позволит управлять сроками выданных кредитов, меняя соотношение коротких, средних и длинных сроков, без риска утратить адекватность построенной модели и прогнозов по ней.

### Включение функции издержек и вывод уравнения прибыли

Функцию издержек  $C_t$  в (1) будем задавать как линейную функцию от объемов вновь выданных кредитов и вновь привлеченных депозитов:

$$C_t = C_t(Ln_t, Dn_t) = a + bLn_t + cDn_t. \quad (15)$$

Рассматривая (1) в динамике, получим:

$$K_t = K_{t-1} + r_{L_t}\Delta L_{t-1} - r_{D_t}\Delta D_{t-1} - C_t(L_t, D_t),$$

где  $\Delta L_{t-1} = L_t - L_{t-1}$  и  $\Delta D_{t-1} = D_t - D_{t-1}$ .

Подставляя (9), (10) и (15), запишем уравнение для прибыли банка, зависящее от процентных ставок и функции распределения сроков:

$$K_t = K_{t-1} + r_{L_t} \left[ c_L(1 + \alpha_L r_{L_t}) \exp(-\alpha_L r_{L_t}) - \sum_{\tau=\tau_1}^{\tau_n} F_L(\tau) L_{t-\tau} \right] - r_{D_t} \left[ c_D(1 - (1 + \alpha_D r_{D_t}) \exp(-\alpha_D r_{D_t})) - \sum_{\tau=\tau_1}^{\tau_n} F_D(\tau) D_{t-\tau} \right] - [a + bLn_t + cDn_t]. \quad (16)$$

### Учет случайности невозврата кредитов

В реальных экономических отношениях между банком и заемщиком нередко возникают ситуации, когда последний не погашает часть своего займа в срок. Чтобы построенная модель накопления прибыли банка учитывала такие ситуации, введем случайный параметр  $\xi$ , характеризующий долю полученных в установленный срок выплат по кредитам в общем числе выплат. Заметим, что в ситуации с депозитами сам банк является заемщиком у населения, при этом предполагается, что острых кризисных ситуаций на рынке не предвидится и банк в состоянии погашать все свои обязательства в срок. С учетом этих предположений все величины, связанные с потоком депозитов, останутся детерминированными.

Распишем уравнение прибыли (16) с учетом (7), (8) и добавим новый параметр:

$$\Delta K_t = \xi(r_{L_t} - b)[c_L(1 + \alpha_L r_{L_t}) \exp(-\alpha_L r_{L_t})] - (r_{D_t} + c)[c_D(1 - (1 + \alpha_D r_{D_t}) \exp(-\alpha_D r_{D_t}))] - r_{L_t} \sum_{\tau=\tau_1}^{\tau_n} F_L(\tau) L_{t-\tau} + r_{D_t} \sum_{\tau=\tau_1}^{\tau_n} F_D(\tau) D_{t-\tau} - a. \quad (17)$$

В зависимости от  $\xi$  получим несколько прогнозов накопления прибыли банка.

Таким образом, будем иметь несколько сценариев развития исследуемого банка в зависимости от общей экономической ситуации в стране и на рынке, которые будут косвенным образом определять параметр  $\xi$ .

Параметр  $\xi$  принимает различные значения с некоторой вероятностью, распределение которой может быть получено опытным путем. Тогда, рассматривая математическое ожидание случайной величины  $\xi$ , перепишем (17) в окончательном виде:

$$\begin{aligned} \Delta K_t = & M[\xi](r_{L_t} - b)[c_L(1 + \alpha_L r_{L_t})\exp(-\alpha_L r_{L_t})] - \\ & - (r_{D_t} + c)[c_D(1 - (1 + \alpha_D r_{D_t})\exp(-\alpha_D r_{D_t}))] - \\ & - r_{L_t} \sum_{\tau=\tau_1}^{\tau_n} F_L(\tau)L_{t-\tau} + r_{D_t} \sum_{\tau=\tau_1}^{\tau_n} F_D(\tau)D_{t-\tau} - a. \end{aligned} \quad (18)$$

### Управление процентными ставками

При управлении банком совет директоров не чаще раза в квартал обсуждает и утверждает новые ставки по кредитам и депозитам на будущий квартал, поэтому возникает цель получить некоторый инструмент помощи для выбора наиболее выгодных ставок.

Ставится задача разработать алгоритм выбора оптимальных ставок по кредитам и депозитам, чтобы приращение прибыли за единичный промежуток времени было максимальным.

В заданной стартовой точке модели  $t_0$ , в которой известны величины  $\sum_{\tau=\tau_1}^{\tau_n} F_L(\tau)L_{t_0-\tau}$  и  $\sum_{\tau=\tau_1}^{\tau_n} F_D(\tau)D_{t_0-\tau}$ , изменение прибыли в уравнении (18) будет функцией, зависящей от ставок  $r_{L_t}$  и  $r_{D_t}$ . Тогда поставленная задача сводится к задаче нелинейной безусловной максимизации:

$$\Delta K_{t-1} = K_t - K_{t-1} \xrightarrow{r_{L_t}, r_{D_t}} \max. \quad (19)$$

Таким образом, решая задачу (19) на каждом шаге, используя предыдущие данные, мы получим простой алгоритм выбора ставок. Однако безусловный максимум экономически не обоснован. Численно решив задачу (19) на стартовом шаге, соответствующем четвертому кварталу 2012 г., получим оптимальные процентные ставки  $r_{L_t} = 4,37$  и  $r_{D_t} = 3,04$ .

Данные результаты получены путем решения задачи безусловной максимизации прибыли банка на единичном шаге. Стоит отметить, что ставка по кредитам выше, чем ставка по депозитам, однако обе они существенно ниже реальных



**Рис. 4. Прогноз прибыли банка на четыре квартала при оптимальных ставках, полученных путем решения задачи безусловной максимизации**

рыночных. Это может означать, что банку действительно выгодны такие ставки на данном этапе с данными показателями объемов кредитов и депозитов и прибыль в следующем квартале достигнет максимума при таких начальных данных, однако при построении прогнозов на несколько шагов вперед видно, что объемы прибыли со временем начинают убывать (рис. 4), что можно объяснить в рамках модели значительным увеличением объемов выдаваемых непроверенных рискованных для банка кредитов.

С целью приблизить ставки к рыночным и учитывать в модели кредитные риски и другие факторы, влияющие на ставки, в задачу максимизации были добавлены ограничения на выбор процентных ставок.

### Определение структуры процентных ставок

Процентная ставка по кредиту зависит от множества факторов. И это отнюдь не ситуация на рынке кредитования и не виды потребительских кредитов. Попробуем разделить факторы ценообразования потребительских кредитов на четыре категории и рассмотрим каждую из них в отдельности (Phelan, 1997):

1) независимые факторы — факторы, которые банк просто не в состоянии контролировать и изменять. Данные факторы никак не зависят от банков (к ним относят ставку рефинансирования, антимонопольное управление, налоги, страхование);

2) пассивные факторы — факторы, похожие на предыдущие (независимые), однако зависящие не только от организаций, государственных служб, центрального банка и т. д., но и от ситуации в стране и в мире в целом (к ним относят инфляцию, ситуацию в стране, положение банка в общей структуре рынка, конкуренцию, уровень дохода населения);

3) коммерческие факторы (к ним относят стоимость аренды помещения, плату персоналу, риски убытков, различные отчисления и т. д.);

4) клиентские факторы (это индивидуальные качества каждого заемщика).

Наиболее значимый для кредитов независимый фактор — это ставка рефинансирования, обозначим ее через  $R_f$ . Кредиты, выданные ниже этого показателя, не рентабельны для банка, поэтому  $r_{L_i} \geq R_f$ .

Среди пассивных факторов можно выделить инфляцию, так как она косвенно влияет на общую ситуацию в стране. Ее учет необходим, но возникает проблема в достоверной оценке ее текущего значения, а прогнозное значение постоянно корректируется. Однако известно, что в зависимости от темпов инфляции Центробанк корректирует величину процентной ставки (ставка рефинансирования) и тем самым пытается оказать влияние. Центробанк держит под контролем курс рубля, не допуская сильной девальвации и в то же время не давая сильно укрепляться.

Как видно из рис. 5, ставка рефинансирования уже учитывает в себе инфляцию, поэтому остановимся лишь на рассмотрении первой. В построенной модели учитывается общий поток кредитов, поэтому клиентские факторы незначительны.

Наибольший интерес представляет учет коммерческих факторов. Здесь необходимо выделить коммерческие затраты и риски по кредитам. Процент  $r_{C_i}$  на покрытие коммерческих затрат, таких как заработная плата, аренда помещений и т. д., в величине конечной процентной ставки по кредитам будем считать постоянным.

Рассмотрим теперь фактор рисков. Будем предполагать, что доля предоставленных физическим и юридическим лицам ссуд, непогашенных в установленный договором срок в отчетном периоде в объеме предоставленных ссуд, по ко-

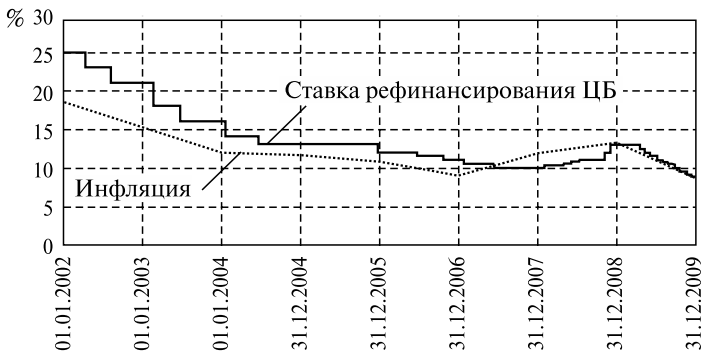


Рис. 5. Ставка рефинансирования ЦБ РФ и темпы инфляции

Источник: (Экономический информационный ресурс, 2010).

торым срок платежа наступил в отчетном периоде, растет прямо пропорционально увеличению общего объема кредитов. Тогда, если  $s_0$  — доля непогашенных в срок кредитов в стартовой точке модели  $t_0$ , то доля непогашенных кредитов  $s_t$  в прогнозируемом периоде  $t$  составит:

$$s_t = s_0 \left( 1 + \frac{Ln_t - Ln_{t_0}}{Ln_{t_0}} \right), \quad (20)$$

где  $Ln_t = f(r_{L_t})$  — объем выданных за квартал кредитов — функция от ставки, определенная в (7);  $Ln_{t_0}$  — известная на каждом шаге константа. Банк, стремясь оградить себя от возможных убытков, будет учитывать потери по невыплатам в процентном доходе, повышая ставки на величину, пропорциональную увеличению кредитов  $s_0 \left( \frac{Ln_t - Ln_{t_0}}{Ln_{t_0}} \right)$ .

Заметим, что параметр  $s_0$  — строго детерминированная величина, известная на предыдущем шаге модели и, соответственно,  $s_t$  — также детерминированная величина, пропорциональная изменению потока кредитов, тогда как параметр  $\xi$ , введенный в предыдущей главе и также связанный с распределением возвратов и невозвратов, является случайной величиной, описывающей случайную составляющую в конечной прибыли. Обобщив все факторы, получим ограничение снизу для задачи (19) по ставке по кредитам:

$$r_{L_t} \geq R_t + 100s_0 \left( \frac{Ln_t - Ln_{t_0}}{Ln_{t_0}} \right) + r_{C_L}, \quad (21)$$

где  $R_t$ ,  $r_{C_0}$ ,  $s_0$ ,  $Ln_{t_0}$  — известные константы;  $Ln_t = f(r_{L_t})$ .

Экономический смысл этого ограничения в следующем:

- если средняя ставка по кредитам увеличивается, значит, объем выданных кредитов уменьшается, следовательно, их рисковость уменьшается, что означает понижение нижней границы по ставкам, банк может в дальнейшем снизить ставки, чтобы привлечь больше кредитов и увеличить прибыль;
- если средняя ставка по кредитам уменьшается, значит, объем выданных кредитов увеличивается, следовательно, их рисковость увеличивается, что означает повышение нижней границы по ставкам, банк должен в дальнейшем повышать ставки, чтобы приостановить поток кредитов и уменьшить рисковость.

По ставкам по депозитам основные ограничения должны накладываться сверху. Это в первую очередь условие того, что ставка по кредиту должна быть

больше, чем ставка по депозиту, так как в противном случае банк будет работать в убыток. Также значительной выгоды банку не несет ситуация, когда доходность по вкладам выше ставки рефинансирования на пять процентных пунктов, так как банк обязан удержать значительный налог (налоговая ставка в отношении процентных доходов составляет 35% для физических лиц, являющихся налоговыми резидентами Российской Федерации; 30% — для физических лиц, не являющихся налоговыми резидентами Российской Федерации) и передать его государству (сайт Центрального банка Российской Федерации). Такая стратегия принесет лишь увеличение притока депозитов, которые в полном объеме не смогут быть реализованы под кредиты. Поэтому будем в дальнейшем считать, что рассматриваемый банк ориентирован на паритетную или кредитную деятельность. Таким образом, можем ограничить величину процентной ставки сверху ставкой рефинансирования — это есть независимый фактор.

Коммерческие факторы также оказывают влияние на ставку. Процент  $r_{CD}$  на покрытие коммерческих затрат в величине конечной процентной ставки по депозитам будем считать постоянным, как и в случае с кредитной ставкой.

Величиной рисков в случае депозитных ставок можно пренебречь, так как все вклады коммерческих банков подлежат обязательному страхованию.

Обобщив все факторы, получим ограничение сверху для задачи (19) по ставке по депозитам:

$$r_{D_t} \leq R_t - r_{CD} \tag{22}$$

Ограничение (22) довольно жестко ограничивает величину процентной ставки, что в реальных условиях некорректно. Поэтому добавим возможность верхней границе изменяться в зависимости от процентной ставки по кредитам:

$$r_{D_t} \leq r_{L_t} - r_{CL} - 100s_0 \left( \frac{Ln_t - Ln_{t_0}}{Ln_{t_0}} \right) - r_{CD} \tag{23}$$

Если расписать процентную ставку по кредиту в (23) с учетом (21), то мы придем к виду (22).

Графически структура ограничений (21) и (23) представлена на рис. 6.

Так как одним из главных источников формирования денежной базы банка являются займы у населения, необходимо выбирать ставки по кредитам, которые могут обеспечить приток депозитов не ниже существующих показателей. Добавим в задачу (19) еще одно ограничение на ставки по депозитам:

$$\frac{Dn_t - Dn_{t_0}}{Dn_{t_0}} \geq 0, \tag{24}$$

здесь  $Dn_t = f(r_{D_t})$  — объем привлеченных за квартал депозитов — функция от ставки, определенная в (8);  $Dn_{t-1}$  — известная на каждом шаге константа.

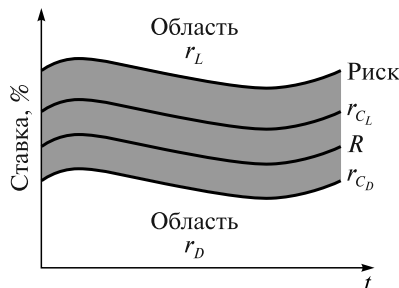


Рис. 6. Ограничения на ставки по кредитам и депозитам

### Постановка задачи максимизации с ограничениями

Объединяя (19), (21), (23), (24), записав  $Ln_t$ ,  $Dn_t$  как функции от соответствующих ставок, окончательно имеем:

$$\Delta K_{t-1} = \left[ \begin{array}{l} [\xi](r_{L_t} - b) [c_L(1 + \alpha_L r_{L_t}) \exp(-\alpha_L r_{L_t})] - \\ -(r_{D_t} + c) [c_D(1 - (1 + \alpha_D r_{D_t}) \exp(-\alpha_D r_{D_t}))] - \\ -r_{L_t} \sum_{\tau=\tau_1}^{\tau_n} F_L(\tau) L_{t-\tau} + r_{D_t} \sum_{\tau=\tau_1}^{\tau_n} F_D(\tau) D_{t-\tau} - a \end{array} \right] \xrightarrow{r_{L_t}, r_{D_t}} \max \quad (25)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} r_{L_t} \geq R_t + 100s_0 \left( \frac{c_L(1 + \alpha_L r_{L_t}) \exp(-\alpha_L r_{L_t}) - Ln_{t-1}}{Ln_{t-1}} \right) + r_{C_L} \\ r_{D_t} \leq r_{L_t} - r_{C_L} - 100s_0 \left( \frac{c_L(1 + \alpha_L r_{L_t}) \exp(-\alpha_L r_{L_t}) - Ln_{t-1}}{Ln_{t-1}} \right) - r_{C_D} \\ \left( \frac{c_D(1 - (1 + \alpha_D r_{D_t}) \exp(-\alpha_D r_{D_t})) - Dn_{t-1}}{Dn_{t-1}} \right) \geq 0 \end{array} \right.$$

Решая задачу (25) на каждом шаге, будем получать оптимальные значения процентных ставок по кредитам и депозитам, при которых прибыль будет максимальной.

С учетом поставленной выше задачи можно сформулировать алгоритм, по которому, в рамках построенной модели, будут определяться оптимальные с точки зрения максимизации прибыли на единичном шаге процентные ставки и строится прогноз на заданное число шагов вперед:

1) после идентификации всех параметров модели на основе данных последнего временного периода строится целевая функция в (25), зависящая от двух аргументов — процентных ставок по кредитам и депозитам;

2) в систему ограничений (25) подставляются данные о текущей ставке рефинансирования, о известной на основе данных последнего временного периода или планируемой доле не погашенных в срок кредитов, об объеме привлеченных за последний временной период депозитов и выданных кредитов и планируемой доле отчислений на покрытие коммерческих затрат;

3) далее решается задача максимизации (25);

4) полученные процентные ставки используются для построения дальнейшего прогноза на шаг вперед по модели;

5) пункты 1—4 повторяются до получения прогноза на заданное число шагов.

### Численная иллюстрация

В качестве исходных данных мы будем использовать квартальные данные одного из крупных банков РФ о процентных доходах  $K_t$ , объемах вновь выданных кредитов  $Ln_t$  и привлеченных депозитов (кроме вкладов до востребования)  $Dn_t$ , об объемах зарегистрированных кредитов  $L_t$  и депозитов (кроме вкладов до востребования)  $D_t$ , о величине процентных ставок  $r_{L_t}$ ,  $r_{D_t}$  и данные Росстата (Государственного комитета по статистике РФ) о среднем распределении кредитов и депозитов по срокам выдачи и привлечения, о текущей ставке рефинансирования и доле непогашенных ссуд на отчетный период в числе всех выданных ссуд. Сроки будем задавать дискретно: от 1 до 10 кварталов, что составляет от 3 месяцев до 2,5 лет.

Применяя метод наименьших квадратов для идентификации параметров в (7), (8) и решая численно полученную нелинейную систему уравнений, имеем:

$$\begin{aligned} Ln_t &= f(r_{L_t}) = 28764000(1 + 0,1618r_{L_t})\exp(-0,1618r_{L_t}); \\ Dn_t &= f(r_{D_t}) = 8934300(1 - (1 + 0,4363r_{D_t})\exp(-0,4363r_{D_t})). \end{aligned} \quad (8)$$

Проведем проверку на асимптотическую устойчивость полученных уравнений для потоков кредитов и депозитов с известной из эмпирических наблюдений функцией распределения сроков. Характеристические уравнения будут иметь следующий вид:

$$\begin{aligned} \lambda^{10} - 0,973\lambda^9 + 0,053\lambda^8 + 0,097\lambda^7 + 0,097\lambda^6 + 0,074\lambda^5 + \\ + 0,074\lambda^4 + 0,074\lambda^3 + 0,074\lambda^2 + 0,187\lambda + 0,187 = 0; \\ \mu^{10} - 0,980\mu^9 + 0,056\mu^8 + 0,105\mu^7 + 0,105\mu^6 + 0,151\mu^5 + \\ + 0,151\mu^4 + 0,151\mu^3 + 0,151\mu^2 + 0,055\mu + 0,055 = 0. \end{aligned}$$

Коэффициенты  $a, b, c$  в (16) находим также с помощью метода наименьших квадратов. При возвратах денежных средств по кредитам менее 90% банку необходимо пересматривать свои методики и критерии выдачи кредитов, поэтому ограничим значения случайной величины  $\xi$  промежутком  $[0,9; 1]$ . Тогда математическое ожидание при заданных вероятностях  $M[\xi] = 0,9212$ .

Подставляя выражения  $Ln_t$  и  $Dn_t$ , полученные выше, и приводя подобные слагаемые, запишем уравнение, в котором приращение прибыли будет зависеть от процентных ставок и функции распределения сроков:

$$\begin{aligned} K_t = K_{t-1} + 0,9212 \left( \frac{r_{L_t}}{100} - 0,00003 \right) \left[ 28764000(1 + 0,1618r_{L_t}) \exp(-0,1618r_{L_t}) \right] - \\ - \left( \frac{r_{D_t}}{100} + 0,00002 \right) \left[ 8934300(1 - (1 + 0,4363r_{D_t}) \exp(-0,4363r_{D_t})) \right] - \\ - \frac{r_{L_t}}{100} \sum_{\tau=1}^{10} F_L(\tau)L_{t-\tau} + \frac{r_{D_t}}{100} \sum_{\tau=1}^{10} F_D(\tau)D_{t-\tau} - 1087. \end{aligned} \quad (26)$$

Динамику прибыли банка можно увидеть на графике (рис. 7).

Как видно из рис. 7, модель воспроизводит динамику прибыли банка, особенно стоит отметить, что хорошо воспроизводятся всплески прибыли и рост в конечных периодах.



Рис. 7. Динамика прибыли банка

Необходимо отметить, что повышение гладкости графика, соответствующего модельным данным прибыли, возможно путем увеличения числа рассматриваемых сроков по кредитам и депозитам в соответствующих функциях распределения.

При определении процентных ставок путем решения задачи (25) зададим проценты покрытия коммерческих затрат  $r_{C_L}$  и  $r_{C_D}$  на уровне 1%.

В табл. представлены полученные в системе Maple 13 прогнозные средние оптимальные ставки по кредитам и депозитам на четыре квартала вперед.

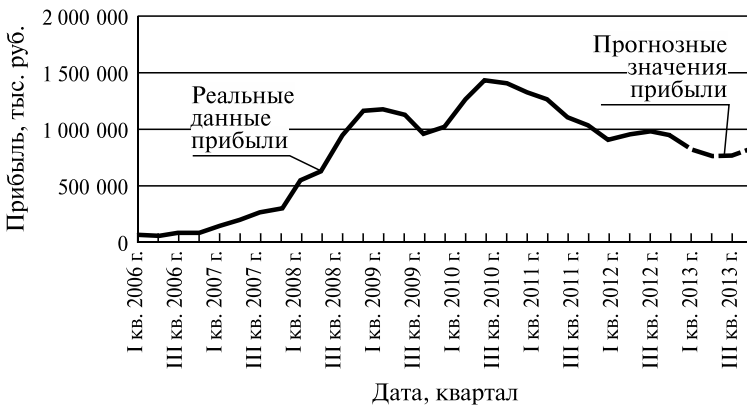
Таблица

**Прогнозные оптимальные средние процентные ставки  
по кредитам и депозитам соответственно**

$r_{L_t}$	$r_{D_t}$
10,38	8,02
10,45	7,91
10,59	8,00
10,51	8,13

На рис. 8 представлен прогноз прибыли банка на 4 квартала по модели (26) при условии выбора процентных ставок из табл. и с постоянными функциями распределения, полученными на основе данных наблюдений Центробанка РФ (Центральный банк Российской Федерации):

$$F_L(\tau) = \begin{cases} 0,027, \tau = \tau_1, \\ 0,053, \tau = \tau_2, \\ 0,097, \tau = \tau_3, \\ 0,097, \tau = \tau_4, \\ 0,074, \tau = \tau_5, \\ 0,074, \tau = \tau_6, \\ 0,074, \tau = \tau_7, \\ 0,074, \tau = \tau_8, \\ 0,187, \tau = \tau_9, \\ 0,187, \tau = \tau_{10}; \end{cases} \quad F_D(\tau) = \begin{cases} 0,020, \tau = \tau_1, \\ 0,056, \tau = \tau_2, \\ 0,105, \tau = \tau_3, \\ 0,105, \tau = \tau_4, \\ 0,151, \tau = \tau_5, \\ 0,151, \tau = \tau_6, \\ 0,151, \tau = \tau_7, \\ 0,151, \tau = \tau_8, \\ 0,055, \tau = \tau_9, \\ 0,055, \tau = \tau_{10}. \end{cases}$$

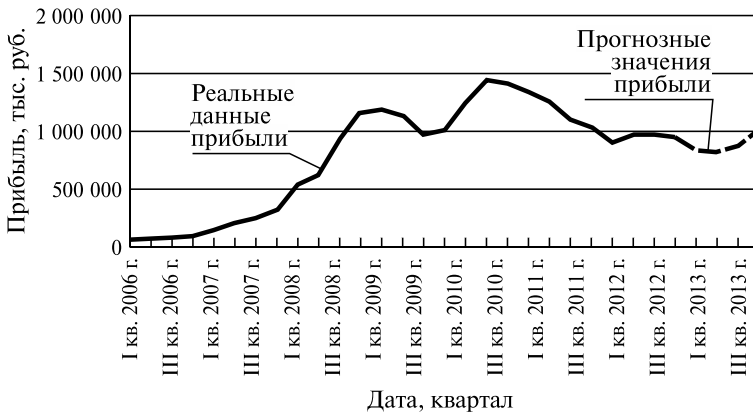


**Рис. 8. Прогноз прибыли банка на четыре квартала**

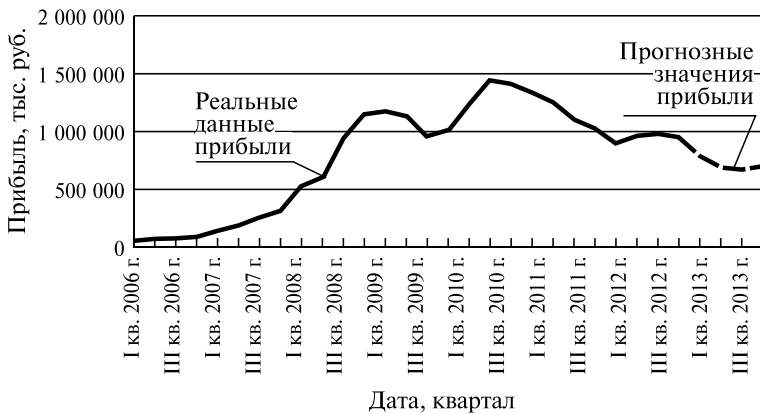


Рисунок 9 отражает прогноз прибыли банка при тех же условиях и оптимальных ставках, но со скорректированными в пределах области асимптотической устойчивости коэффициентами функции распределения: для кредитов была увеличена доля краткосрочных вкладов и уменьшена доля долгосрочных, при неизменности долей по депозитам. Коэффициенты функции распределения варьировались в интервалах с уровнем доверия 95%.

На рис. 10 показана динамика прибыли, когда для депозитов была уменьшена доля краткосрочных вкладов и увеличена доля долгосрочных, при неизменности долей по кредитам.



**Рис. 9. Прогноз прибыли банка на четыре квартала с корректировками долей сроков по кредитам**



**Рис. 10. Прогноз прибыли банка на четыре квартала с корректировками долей сроков по депозитам**

Все вычисления проведены с использованием пакета Maple13, Matlab2008 и Excel2010.

### Заключение

В работе проведен краткий обзор существующих подходов к моделированию банковской деятельности. Предложена модернизация метода формирования потока кредитов и депозитов, представленного в работе (Андреев, Пильник, Поспелов, 2009). Определены общие условия адекватности полученных уравнений потока кредитов и депозитов путем проверки их на асимптотическую устойчивость. Построена динамическая модель накопления прибыли банка в за-

висимости от утверждаемых банком процентных ставок и выбранной функции распределения сроков по банковским продуктам с учетом случайности невозврата доли кредитов. Разработан алгоритм выбора оптимальных процентных ставок на каждом временном шаге (квартале). Получены поквартальные прогнозы прибыли банка на год на основе построенной модели с применением алгоритма выбора оптимальных ставок при разных функциях распределения, что позволило наглядно проиллюстрировать различные сценарии развития банка в рамках построенных предположений.

В процессе работы был получен определенный опыт сочетания эконометрического и структурного подходов к моделированию кредитно-депозитных отношений, а также была проверена их адекватность строгим математическим аппаратом. Необходимо отметить, что уравнение накопления прибыли открыто для дополнения и усложнения. Имеется возможность включения в модель операций на фондовых рынках, обязательных отчислений в резервы Центробанка РФ и других дополнительных факторов. Также возможно использование более сложной по структуре функции издержек.

Таким образом, был предложен глобальный механизм управления кредитно-депозитной деятельностью банка, включающий управление процентными ставками, управление функцией распределения сроков продуктов и учет доли невозврата в потоке выданных кредитов. Варьирование данных параметров существенно влияет на итоговую прибыль, что было наглядно продемонстрировано в работе.

### Источники

*Андреев М. Ю., Пильник Н. П., Поспелов И. Г.* Моделирование деятельности современной российской банковской системы // Экономический журнал ВШЭ. 2009. № 2. С. 143—171.

*Егорова Н. Е., Смулов А. М.* Математические методы финансового анализа банковской деятельности // Аудит и финансовый анализ. 1998. № 2. С. 75—146.

*Жабко А. П., Харитонов В. Л.* Методы линейной алгебры в задачах управления. СПб., 1993.

*Жабко А. П., Прасолов А. В., Харитонов В. Л.* Сборник задач и упражнений по теории управления: стабилизация программных движений. М., 2003.

*Конюховский П. В.* Микроэкономическое моделирование банковской деятельности. СПб., 2001.

*Мусина О. В.* Механизм определения чистого денежного дохода коммерческого банка на основе спред-модели // Вестник Самарского государственного экономического университета. 2008. № 9 (47).

*Прасолов А. В.* Динамические модели с запаздыванием и их приложение в экономике и инженерии. СПб., 2010.

*Синки Дж. Ф. мл.* Управление финансами в коммерческих банках. М., 1994.

Центральный банк Российской Федерации. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.cbr.ru/>

Экономический информационный ресурс. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://damoney.ru/bank/stavka-refinansirovaniya-cb-2010.php>

*Baltensperger E.* Alternative Approaches to the Theory of the Banking Firm // Journal of Monetary Economics. 1980. Jan. P. 1—37.

*Koller T., Goedhart M., Wessels D.* Valuation: Measuring and Managing the Value of Companies. Fourth Edition. McKinsey & Company Inc. 2006.

*Phelan M.* Probability and Statistics Applied to the Practice of Financial Risk Management: The Case of JP Morgan's Risk Metrics // Journal of Financial Services Research. 1997. June.

*Sealey C. W.* Deposit Rate-Setting, Risk Aversion, and the Theory of Depository Financial Intermediates // Journal of Finance. 1980. Dec. P. 1139—1154.

*Von Thadden E.-L.* An Incentive Problem in the Dynamic Theory of Banking: Research Paper Series // International Center for Financial Asset Management and Engineering. 2000. Dec.