

ЭКОНОМЕТРИКА И СТАТИСТИКА

УДК 330.3+330.4+338

Экономическая политика России: модель с дискреционной политикой или с инструментальными правилами*

С. М. Иващенко

Санкт-Петербургский экономико-математический институт РАН,
Российская Федерация, ул. Серпуховская, 36–38, 190013;
Санкт-Петербургский государственный университет,
Российская Федерация, 199034, Санкт-Петербург, Университетская наб., 7–9;
Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»,
Российская Федерация, 190068, Санкт-Петербург, ул. Союза Печатников, 15

Для цитирования: *Иващенко С. М.* Экономическая политика России: модель с дискреционной политикой или с инструментальными правилами // Вестник СПбГУ. Экономика. 2018. Т. 34. Вып. 1. С. 149–172. <https://doi.org/10.21638/11701/spbu05.2018.108>

Модели динамического стохастического общего экономического равновесия (ДСОЭР) базируются на предпочтениях и технологиях. Однако поведение государства принято описывать при помощи экзогенных инструментальных правил. В условиях значительных изменений внешних условий такой подход может плохо предсказывать поведение государства и, как следствие, экономики. Разработана модель ДСОЭР России с государством, проводящим оптимальную при заданных целях политику, и версия с государством, следующим инструментальным правилам. Параметры моделей были оценены методом максимального правдоподобия и методом Байеса (с неинформативным априорным распределением). Классический подход отдает предпочтение версии с оптимальной политикой, а подход Байеса — инструментальным правилам. Определены цели проводимой в России экономической политики, в частности борьба с инфляцией имеет низкий приоритет, а стабильность доходов бюджета — высший приоритет. Оценки целого ряда ключевых параметров существенно различаются для двух версий ДСОЭР модели, т. е. тип описания государства существенно влияет на то, как должна вести себя модель остальной экономики, чтобы соответствовать статистическим данным. При этом обе версии модели дают почти одинаковое качество прогнозов.

Ключевые слова: ДСОЭР, DSGE, оптимальная политика, инструментальные правила.

* Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ, проект «Структурные изменения в экономике России: роль человеческого капитала и инвестиций» № 18-010-01185.

Введение

Модели динамического стохастического общего экономического равновесия (ДСОЭР) являются одним из основных инструментов макроэкономического анализа, широко применяющегося центральными банками и другими организациями по всему миру [Tovar, 2009]. Преимущество данного подхода заключается в использовании «глубоких параметров», характеризующих предпочтения и технологии (вместо описания статистически поведения переменных или агентов в рамках других подходов) [Wickens, 2008]. Это позволяет решать проблему критики Лукаса.

Однако сложившаяся практика применения ДСОЭР моделей предполагает небольшое отклонение от постулируемых принципов для одного агента — государства. Предпосылкой для этого послужило введение правила Тейлора для денежной политики США и обоснование, почему государству следует действовать на основе простых инструментальных правил [Taylor, 1993]. В результате почти все ДСОЭР модели используют экзогенное описание государства на базе этих правил [Smets, Wouters, 2003; Bhattacharjee, Thoenissen, 2007; Gali et al., 2007; Иващенко, 2013; Полбин, 2014]. К тому же инструментальные правила значительно упрощают работу с ДСОЭР моделью.

Ситуация с ДСОЭР моделями России в данном аспекте не отличается от общей практики. Инструментальные правила применяются для описания поведения государства, включая ЦБ [Иващенко, 2013; Полбин, 2014; Malakhovskaya, Minabutdinov, 2014; Шульгин, 2014]. Даже в работах, фокусирующихся на особенностях денежной политики в РФ, просто рассматривается несколько вариантов формулировки инструментальных правил [Шульгин, 2014].

Есть статьи, посвященные оптимальной политике. Однако в некоторых работах формулируется цель государства (например, максимизация функции полезности домохозяйств) и не производится эконометрическая оценка [Schmitt-Grohe, Uribe, 2004a; Lombardo, Ravenna, 2014]. Другие авторы ограничиваются нахождением оптимальных при заданных целях, параметров инструментальных правил политики [Reis, 2009; Sun, Tsang, 2014; Шульгин, 2015]. Причем во всех пяти указанных выше исследованиях, посвященных оптимальной политике, не производится оценка параметров (в одних проводится калибровка, а в других используются оценки параметров для рассматриваемой модели, полученные в рамках других работ).

Лишь немногие авторы дают оценку параметров предпочтений государства, проводящего дискреционную политику (см., напр., статью [Adolfson et al., 2011]). Однако даже в этой работе речь идет об оптимальной денежной политике при заданной инструментальными правилами фискальной политике. Дискреционная политика характеризуется двумя свойствами: агенты принимают решения, влияющие на переменные состояния модели на основе представлений о будущей политике, а власти принимают решения о проводимой политике на основе переменных [King, 2006]. То есть подход дискреционной политики предполагает решение оптимизационной задачи государством при заданных целях в каждом периоде [Sauer, 2010]. Следует отметить, что оптимизация безусловного ожидания целевой функции, использование инструментальных правил (заданная функциональная связь между контролируемыми государством переменными и другими переменными модели)

или случай учета влияния правил принятия решений государством на решения других агентов не относятся к дискреционной политике [Sauer, 2010].

Даже в очень простой модели, при совпадении целей государства и домохозяйств, оптимальное поведение (дискреционная политика) может давать худший результат (с точки зрения стоящей перед государством цели), чем простое правило политики [King, 2006]. В более общей постановке возникают условия на значения параметров, когда дискреционная политика оказывается оптимальной [Sauer, 2010]. Однако в данной работе вопрос о том, какая политика дает лучшие результаты (с точки зрения общественного благосостояния или целей государства), не будет рассматриваться.

В настоящей статье продемонстрирован подход, предполагающий одинаковое отношение ко всем агентам модели. То есть сформулирована целевая функция государства в рамках дискреционной экономической политики и параметры этой функции оцениваются совместно со всеми остальными параметрами модели.

Целью исследования является проверка гипотезы о применении дискреционной экономической (денежной и фискальной, включая как налогообложение, так и государственные расходы) политики в России, т. е. о том, что власти России проводят динамически оптимизируемую политику, направленную на достижение заданных целей. Для этого строится простая ДСОЭР модель для российской экономики в двух вариантах: с описанием государства на основе экзогенных правил и с описанием государства, проводящего оптимальную политику. После этого находится оценка параметров модели для обеих версий и осуществляется статистическая проверка гипотез о том, какая из версий модели лучше описывает российскую статистику. Тестирование происходит как в рамках классического (частотного) подхода к эконометрике, так и с помощью подхода Байеса.

1. Модель

В настоящем исследовании строится малая ДСОЭР модель, предполагающая наличие четырех групп агентов: домохозяйства, фирмы, государство и внешний сектор. Поскольку построение оптимальной политики государства сильно усложняет модель, формулировки задач фирм и домохозяйств будут максимально упрощаться. Благодаря этому можно будет подробно описать не только формулировки задач, но и процесс решения и расчетов. Отметим, что в рамках данной модели существует единственный вид однопериодных долговых инструментов. Соответственно, понятия облигаций, депозитов и т. п. становятся полными синонимами.

1.1. Домохозяйства

Домохозяйства максимизируют ожидаемую дисконтированную функцию полезности при условии бюджетного ограничения:

$$E \left(\sum_{t=0}^{\infty} Z_{\beta,t-1} \left(\frac{(C_t)^{1-\omega_C}}{(1-\omega_C) Z_{K,t}^{1-\omega_C}} + \frac{Z_{M,t}}{1-\omega_M} \left(\frac{M_t}{P_t Z_{K,t}} \right)^{1-\omega_M} - \frac{Z_{L,t} (L_t)^{1+\omega_L}}{1+\omega_L} \right) \right) \rightarrow \max_{B,C,L,M}, \quad (1)$$

$$P_t C_t + M_t + B_{H,t} + T_t = W_t L_t + M_{t-1} + R_{t-1} B_{H,t-1} + D_t, \quad (2)$$

где C_t — потребление в периоде t ; M_t — запас денег в периоде t ; P_t — уровень цен; L_t — предложение труда в периоде t ; $B_{H,t}$ — стоимость облигаций, приобретенных домохозяйствами в периоде t ; T_t — налоговые платежи в периоде t ; W_t — ставка заработной платы в периоде t ; R_t — процентная ставка по долговым инструментам в периоде t ; D_t — дивиденды от фирм в периоде t ; а переменные $Z_{\beta,t}$, $Z_{K,t}$, $Z_{M,t}$, $Z_{L,t}$ представляют собой различные экзогенные процессы. А величины без индекса времени — это параметры: ω_C , ω_M и ω_L — задают эластичности спроса на потребительские товары, реальные кассовые остатки и предложения труда, соответственно.

Домохозяйства максимизируют ожидаемую дисконтированную функцию полезности (1) при условии бюджетного ограничения (2). Функция полезности каждого периода состоит из трех слагаемых: склонность к потреблению, предпочтению ликвидности и несклонность к труду. Аналогичные слагаемые встречаются во многих работах, например [Bhattacharjee, Thoenissen, 2007]. Другие модификации, применяющиеся в литературе, могут предполагать habit-эффект, т.е. зависимость склонности к потреблению от принятого в обществе уровня потребления (среднее потребление предыдущего периода) [Smets, Wouters, 2003]. В работах с оптимальной политикой периодически вместо степенной функции используют логарифм, в который она вырождается при $\omega_C = 1$ [Adolfson et al., 2011].

Бюджетное ограничение показывает, что домохозяйства тратят средства на потребление, приобретение облигаций, а часть денег сохраняют. Источниками дохода являются деньги с прошлого периода, ранее приобретенные облигации с процентами и дивиденды от фирм.

ДСОЭР модели почти всегда невозможно решить аналитически, и стандартным способом является использование аппроксимации решения методом возмущений в точке детерминированного равновесия [Collard, Juillard, 2001; Schmitt-Grohe, Uribe, 2004b]. Однако такие величины, как потребление, ВВП или цены — это явно не стационарные процессы единичного корня. Необходимо перейти к стационарным переменным, преобразовав задачу (1)–(2) в (3)–(4).

$$E \left(\sum_{t=0}^{\infty} e^{\sum_{s=0}^t Z_{\beta,s-1}} \left(\frac{(e^{c_t})^{1-\omega_C}}{1-\omega_C} + \frac{e^{(1-\omega_M)m_t + z_{M,t}}}{1-\omega_M} - \frac{e^{(1+\omega_L)l_t + z_{L,t}}}{1+\omega_L} \right) \right) \rightarrow \max_{B,C,L,M}, \quad (3)$$

$$e^{c_t} + e^{m_t} + b_{H,t} + e^{y_{D,t} + \tau_t} = e^{w_t + l_t} + e^{m_{t-1} - p_t - z_{K,t}} + e^{r_{t-1} - p_t - z_{K,t}} b_{H,t-1} + d_t. \quad (4)$$

Стандартная практика предполагает лог-линеаризацию модели, т.е. линеаризацию в терминах логарифмов [Tovar, 2009]. При этом требуется, чтобы соответствующие переменные были всегда строго положительными, в то время как дивиденды или позиция в облигациях в определенные моменты времени могут перестать быть строго положительными. Используется формулировка стационарных переменных с операцией логарифмирования и последующая линеаризация по ним. Стационарная переменная обозначается малой буквой, соответствующей изначальной переменной, из которой была получена.

Условия оптимальности поведения находятся стандартным способом [Canova, 2007] и после небольших упрощений, исключаящих множитель Лагранжа, выглядят следующим образом:

$$E_t \exp(z_{\beta,t} + r_t - c_{t+1} \omega_C - p_{t+1} - z_{K,t+1}) = \exp(-c_t \omega_C); \quad (5)$$

$$\exp(c_t \omega_C + z_{L,t} + l_t \omega_L - w_t) = 1; \quad (6)$$

$$\exp(z_{M,t} - m_t \omega_M) + E_t \exp(z_{\beta,t} - c_{t+1} \omega_C - p_{t+1} - z_{K,t+1}) = \exp(-c_t \omega_C). \quad (7)$$

Может возникнуть вопрос о целях упрощения системы условий оптимальности поведения агентов. Уменьшение числа переменных и уравнений упрощает задачу нахождения оптимальной политики государства, которая будет описана ниже. Помимо этого, меньшее число переменных уменьшает время расчетов. И дополнительным мотивом является то, что уменьшение числа переменных способствует увеличению точности стандартных численных реализаций методов аппроксимации решения ДСОЭР моделей, основанных на QZ-разложении [Heiberger et al., 2017].

1.2. Фирмы — производители конечных товаров

ДСОЭР модели активно используют агрегирование на основе CES функций для описания рынка монополистической конкуренции. Чаще всего это реализуется в виде фирм производителей конечного продукта Y_t , действующих на рынке совершенной конкуренции, использующих промежуточные товары $Y_{j,t}$ и производственную CES функцию:

$$Y_t = \left(\int_0^1 Y_{j,t}^{(z_{\theta,t}-1)/z_{\theta,t}} dj \right)^{z_{\theta,t}/(z_{\theta,t}-1)}. \quad (8)$$

Переменная $z_{\theta,t}$ — это экзогенный процесс, характеризующий эластичность спроса на промежуточные товары. Максимизация прибыли и условие нулевой прибыли для фирм — производителей конечной продукции приводят к формуле уровня цен (9) и спросу (10) на товар фирмы j :

$$Y_{j,t} = \left(\frac{P_{j,t}}{P_t} \right)^{-z_{\theta,t}} Y_t; \quad (9)$$

$$P_t = \left(\int_0^1 P_{j,t}^{1-z_{\theta,t}} dj \right)^{1/(1-z_{\theta,t})}. \quad (10)$$

Такая же схема введения монополистической конкуренции используется во многих работах [Smets, Wouters, 2003; Adolfson et al., 2011; Malakhovskaya, Minabudinov, 2014]. Альтернативный подход не предполагает специальных агрегирующих фирм, а вместо этого агрегация происходит каждым потребителем [Bhattacharjee, Thoenissen, 2007; Иващенко, 2013]. Результирующие формулы в обоих подходах одинаковы.

1.3. Фирмы — производители промежуточных товаров

Фирмы максимизируют ожидаемую дисконтированную целевую функцию при ряде ограничений. Целевая функция (11) представляет собой поток дивидендов и негибкость ценообразования по Ротмбергу [Rotemberg, 1982; Lombardo, Vestin, 2008]. Это один из двух основных механизмов введения негибкости ценообразования, предполагающий, что менеджмент фирм не склонен к резким пересмотрам цены (а пропорциональность данной несклонности общей выручке задает масштаб, предотвращая устранение или полное доминирование данной части функции полезности на бесконечном горизонте). Фирмы действуют на рынке монополистической конкуренции, соответственно они сталкиваются с ограничением на спрос (12), происходящим из задачи фирм производителей конечной продукции. У фирм есть производственная функция Кобба — Дугласа (13) с двумя факторами производства — капиталом и трудом. Так же фирмы имеют ограничения на эволюцию капитала (14) и бюджетные ограничения (15), подробное объяснение которых приведено немного ниже.

$$E \left(\sum_{t=0}^{\infty} \left(\prod_{k=0}^{t-1} R_k \right)^{-1} \left(D_{f,t} - P_{F,t} Y_{F,t} e^{\phi_p} \left(\frac{P_{f,t}}{P_{f,t-1}} - e^{\bar{p}} \right)^2 \right) \right) \rightarrow \max_{D,P,Y,K,I,L}; \quad (11)$$

$$Y_{f,t} = \left(\frac{P_{f,t}}{P_t} \right)^{-z_{\theta,t}} (Y_{D,t}); \quad (12)$$

$$Y_{f,t} = Z_{Y,t} (K_{f,t-1})^{\alpha_K} (L_t)^{1-\alpha_K}; \quad (13)$$

$$K_{f,t} = (1-\delta)K_{f,t-1} + (Z_{K,t})^{(1-\alpha_K)/\alpha_K} I_{f,t}; \quad (14)$$

$$D_{f,t} + P_t I_{f,t} + W_t L_t = P_{f,t} Y_{f,t} + Z_{DW,t}; \quad (15)$$

где $D_{f,t}$ — дивиденды фирмы f в периоде t ; $P_{F,t}$ — цены фирм в периоде t ; $P_{f,t}$ — цены фирмы f в периоде t ; $Y_{D,t}$ — совокупный спрос в периоде t ; $Y_{F,t}$ — выпуск фирм в периоде t ; $Y_{f,t}$ — выпуск фирмы f в периоде t ; $K_{f,t}$ — капитал фирмы f в периоде t ; $I_{f,t}$ — инвестиции фирмы f в периоде t . Параметр ϕ_p задает степень негибкости ценообразования, параметр α_K задает эластичность выпуска по капиталу, а δ — это параметр скорости выбытия капитала. Символ \bar{p} обозначает детерминированное равновесие для инфляции, т. е. такой набор значений переменных модели, что при отсутствии экзогенных шоков эти значения не изменятся.

Как уже отмечалось выше, реальные переменные содержат единичный корень. Он может вводиться несколькими путями в модель. Единичный корень в экзогенном процессе общей производительности факторов является наиболее распространенным и применяется, например, в [Adolfson et al., 2011]. Есть модели, вводящие единичный корень через рынок труда [Chang et al., 2007]. Еще один вариант — это введение единичного корня через инвестиционный процесс, когда преобразование конечного продукта в капитал происходит с использованием экзогенного передаточного коэффициента с единичным корнем [Justiniano et al., 2011; Schmitt-Grohe,

Uribe, 2011]. Именно последний вариант используется в данной модели и, соответственно, процесс $Z_{Y,t}$ (определяющий общую производительность факторов производства) из производственной функции (13) стационарен, в то время как процесс $Z_{K,t}$ (задающий технологический прогресс) из ограничения на эволюцию капитала (14) содержит единичный корень. Бюджетное ограничение (15) показывает, что фирмы тратят средства на дивиденды, инвестиции и зарплату, а источником средств является выручка и экзогенный денежный поток ($Z_{DW,t}$) от подразделений фирмы вне России (отметим, что этот поток может быть отрицательным).

Аналогично ситуации с домохозяйствами необходимо перейти к стационарным переменным, преобразовав задачу (11)–(15) в (16)–(20).

$$E \left(\sum_{t=0}^{\infty} e^{-\sum_{s=0}^t (r_{s-1} - p_{s-1} - z_{K,s-1})} \left(d_t - e^{p_{F,t} + y_{F,t} + \phi_p} \left(e^{p_{F,t} - p_{F,t-1} + p_t} - e^{\bar{p}} \right)^2 \right) \right) \rightarrow \max_{D, B, P, Y, K, I, L}; \quad (16)$$

$$e^{y_{F,t}} = e^{-z_{\theta,t} p_{F,t} + y_{D,t}}; \quad (17)$$

$$e^{y_{F,t}} = e^{z_{Y,t} + \alpha_K (k_{t-1} - z_{K,t} / \alpha_K) + (1 - \alpha_K) l_t}; \quad (18)$$

$$e^{k_t} = (1 - \delta) e^{k_{t-1} - z_{K,t} / \alpha_K} + e^{i_t}; \quad (19)$$

$$d_t + e^{i_t} + e^{w_t + l_t} = e^{p_{F,t} + y_{F,t}} + z_{DW,t}. \quad (20)$$

Условия оптимальности после небольших упрощений, избавляющих от множителей Лагранжа, соответствующих всем ограничениям, кроме производственной функции, выглядят следующим образом ($\lambda_{FP,t}$ — оставшийся множитель Лагранжа):

$$e^{y_{D,t}} (1 - z_{\theta,t}) + z_{\theta,t} \lambda_{FP,t} - 2 \left(e^{p_t} - e^{\bar{p}} \right) e^{p_t + y_{D,t} + \phi_p} + e^{i_t} \left(2 \left(e^{p_{t+1}} - e^{\bar{p}} \right) e^{2p_{t+1} + z_{K,t+1} - r_t + y_{D,t+1} + \phi_p} \right) = 0; \quad (21)$$

$$E_t \left(e^{p_{t+1} + z_{K,t+1} - r_t} \left((1 - \delta) e^{k_{t+1} - z_{K,t+1} / \alpha_K} + \lambda_{FP,t+1} \alpha_K \right) \right) = e^{k_{f,t}}; \quad (22)$$

$$e^{w_t + l_t} = \lambda_{FP,t} (1 - \alpha_K). \quad (23)$$

1.4. Внешний сектор, балансовые ограничения и инструментальные правила поведения государства

Внешний сектор в данной модели максимально упрощен и описывается бюджетным ограничением (т. е. платежным балансом) и одним экзогенным правилом для чистого экспорта. Его наличие необходимо для того, чтобы не было сложностей при соотнесении статистических данных системы национальных счетов и переменных модели.

$$NX_t P_t + Z_{DW,t} + B_{W,t} = R_{t-1} B_{W,t-1}; \quad (24)$$

$$\left(\frac{NX_t}{Z_{K,t}} \right) = \gamma_{NX} \left(\frac{NX_{t-1}}{Z_{K,t-1}} \right) + (1 - \gamma_{NX}) \left(\gamma_{NXB} \left(\left(\frac{B_{W,t}}{P_t Z_{K,t}} \right) - \overline{\left(\frac{B_{W,t}}{P_t Z_{K,t}} \right)} \right) + Z_{NX,t} \right). \quad (25)$$

Платежный баланс показывает, что за границей оплачиваются чистый экспорт (NX_t), экзогенный денежный поток для фирм и приобретаются российские долговые финансовые инструменты ($B_{W,t}$). Источником средств выступают более ранние по срокам долговые обязательства (с процентами по ним). Следует отметить, что каждая из упомянутых составляющих платежного баланса может быть как положительной, так и отрицательной. Правило для чистого экспорта содержит сглаживающий эффект и предполагает зависимость от долговой позиции внешнего сектора (чтобы предотвратить возможность ухода долговой позиции внешнего сектора в бесконечность на бесконечном горизонте), а также экзогенное случайное возмущение ($Z_{NX,t}$).

В модели присутствуют четыре балансовых ограничения:

$$B_{H,t} + B_{G,t} + B_{W,t} = 0; \quad (26)$$

$$Y_{D,t} = C_t + I_t + G_t + NX_t; \quad (27)$$

$$y_t = \ln(Y_{D,t} / Y_{D,t-1}). \quad (28)$$

Каждая облигация должна быть кем-то приобретена (26). Совокупный спрос состоит из частного потребления, инвестиций, государственного потребления (G_t) и чистого экспорта (27). Ограничение на уровень цен (10) с учетом того, что все фирмы сталкиваются с одинаковой задачей, становится равенством общего уровня цен и цены продукции каждой фирмы. Последнее балансовое ограничение (28) просто вводит понятие экономического роста, используемое при принятии решений государством. Отдельные выражения, например (25), зависят от детерминированного равновесия, т. е. значения, которое может сохраняться при отсутствии экзогенных шоков. Для этого используется следующее обозначение: над соответствующим выражением проводится черта.

$$P_t G_t + B_{G,t} = T_t + R_{t-1} B_{G,t-1} + M_t - M_{t-1}. \quad (29)$$

Государство сталкивается с бюджетным ограничением (29), это означает, что средства тратятся на государственное потребление и приобретение облигаций (данная величина почти всегда отрицательна), а источником средств являются налоговые поступления, облигации и проценты по ним, а также денежная эмиссия.

В версии модели с экзогенными инструментальными правилами поведения государства денежная политика описывается правилом (30), а фискальная — правилами (31)–(32). Правила содержат соответствующие экзогенные случайные составляющие $Z_{R,t}$, $Z_{G,t}$ и $Z_{T,t}$.

$$\ln(R_t) = \gamma_R \ln(R_{t-1}) + (1 - \gamma_R) \left(\gamma_{RP} \left(\ln\left(\frac{P_t}{P_{t-1}}\right) - \bar{p} \right) + \gamma_{RY} (y_t - \bar{y}) + \gamma_{RM} \left(\ln\left(\frac{M_t}{P_t Z_{K,t}}\right) - \bar{m} \right) + \gamma_{RDM} \left(\ln\left(\frac{M_t}{P_t Z_{K,t}}\right) - \ln\left(\frac{M_{t-1}}{P_{t-1} Z_{K,t-1}}\right) \right) + Z_{R,t} \right) \quad (30)$$

$$\ln\left(\frac{G_t}{Y_{D,t}}\right) = \gamma_G \ln\left(\frac{G_{t-1}}{Y_{D,t-1}}\right) + (1 - \gamma_G) \left(\gamma_{GB} \left(\frac{B_{G,t}}{P_t Z_{K,t}} - \bar{b}_G \right) + \gamma_{GY} (y_t - \bar{y}) + Z_{G,t} \right) \quad (31)$$

$$\ln\left(\frac{T_t}{Y_{D,t}}\right) = \gamma_T \ln\left(\frac{T_{t-1}}{Y_{D,t-1}}\right) + (1 - \gamma_T) \left(\gamma_{TB} \left(\frac{B_{G,t}}{P_t Z_{K,t}} - \bar{b}_G \right) + \gamma_{TY} (y_t - \bar{y}) + Z_{T,t} \right) \quad (32)$$

Правило денежной политики содержит нестандартные слагаемые, а именно показатели динамики денежной массы, влияющие на процентные ставки. Более аккуратное правило для описания денежной политики России потребовало бы использовать валютный курс, что привело бы к более сложному описанию внешнего сектора и экономики в целом. Что касается фискальной политики, то некоторые авторы исключают из рассмотрения этот аспект [Полбин, 2014; Malakhovskaya, Minabutdinov, 2014]. Большая часть авторов предполагает экзогенное государственное потребление в сочетании с политикой нулевого государственного долга [Smets, Wouters, 2003; Adolfson et al., 2011]. Описание фискальной политики и государственного долга с использованием инструментальных правил содержится в работах [Gali et al., 2007; Иващенко, 2013; Иващенко, 2016].

Можно отметить, что данная модель в целях упрощения не содержит полноценной налоговой системы, а ограничивается паушальным налогом. В результате трансферты государства в пользу домохозяйств (включая пенсии), составляющие большую часть расходов консолидированного бюджета, становятся неотделимы от налоговых платежей. То есть налоговые платежи фактически являются платежами нетто. Их уровень (как доля ВВП), а также государственное потребление (как доля ВВП) определяются в зависимости от темпов экономического роста и позиции на долговом рынке государства (уровень госдолга при отрицательных значениях или объема резервов при положительных значениях).

Все экзогенные процессы описываются процессами AR(1) со следующей параметризацией:

$$z_{j,t} = \eta_{0,j}(1 - \eta_{1,j}) + \eta_{1,j}z_{j,t-1} + \varepsilon_{j,t}, \quad (33)$$

где j принадлежит $\{\beta, DW, G, K, L, M, NX, R, \theta, T, Y\}$; $\eta_{0,j}$ — параметр, задающий среднее экзогенного процесса j ; $\eta_{1,j}$ — параметр, задающий автокорреляцию экзогенного процесса j ; а $\varepsilon_{j,t}$ — экзогенный независимый шок с нормальным распределением с нулевым средним для процесса j .

1.5. Оптимальная политика государства

Версия модели с оптимальной политикой государства предполагает, что государство минимизирует следующую целевую функцию:

$$E \left(\sum_{t=0}^{\infty} e^{\beta_c t} \left(\begin{aligned} & \left(p_t - \bar{p} + z_{T,t} - \eta_{0,T} \right)^2 + \gamma_{DP} \left(p_t - p_{t-1} \right)^2 + \gamma_{YD} \left(y_{D,t} - \bar{y}_D \right)^2 \\ & + \gamma_{DR} \left(r_t - r_{t-1} + z_{R,t} - \eta_{0,R} \right)^2 + \gamma_Y \left(y_t - \bar{y} \right)^2 + \gamma_{DY} \left(y_t - y_{t-1} \right)^2 \\ & + \gamma_{GY} \left(g_{Y,t} - \bar{g}_Y + z_{G,t} - \eta_{0,G} \right)^2 + \gamma_B \left(b_{G,t} e^{-y_{D,t}} - \bar{b}_G e^{-\bar{y}_D} \right)^2 \\ & + \gamma_{DGY} \left(g_{Y,t} - g_{Y,t-1} \right)^2 + \gamma_{DT} \left(\tau_t - \tau_{t-1} \right)^2 + \gamma_M \left(m_t - \bar{m} \right)^2 \end{aligned} \right) \right) \rightarrow \min \quad (34)$$

Функция (34) представляет дисконтированные ожидаемые отклонения следующих величин: инфляция, изменение инфляции, ВВП, изменение ставок, темпы роста ВВП, изменение темпов роста ВВП, доля госрасходов в ВВП, госдолг как доля ВВП, изменение доли госрасходов в ВВП, изменение доли налогов в ВВП, реальная денежная масса. Для трех целевых показателей (инфляция, изменение процентных ставок и доля госрасходов в ВВП) к целевым уровням (значениям детерминированного равновесия по соответствующим переменным) добавлены экзогенные отклонения.

При этом ограничениями на поведение государства являются правила поведения остальных агентов, т. е. уравнения (4)–(7), (17)–(23), и версия уравнений (24)–(28) в стационарных переменных.

Набор целевых показателей отражает несколько групп декларируемых целей. Ценовая стабильность, стабильность финансовой системы, экономический рост могут относиться к целям Центробанка. Экономический рост, доля государства в экономике, контроль государственного долга считается целями правительства. Причем даже в рамках подробного неформализованного описания деятельности Центробанка отсутствует однозначная определенность целей [Алексашенко, Петроневич, 2011]. Аналогично связь установленных законом и декларируемых целей монетарной политики оказывается неоднозначной [Фетисов, 2008]. Это стимулирует введение дополнительных экзогенных возмущений в соответствующие целевые показатели.

Условия оптимальности поведения государства представляют собой систему уравнений с рациональными ожиданиями, и наличие рациональных ожиданий в ограничения не создает дополнительных сложностей [Schmitt-Grohe, Uribe, 2004a]. Таким образом, для задачи вида (35)–(36) условия оптимальности будут иметь вид уравнения (37). Тут следует заметить, что это лишь условия первого порядка, и полный набор условий оптимальности также включает условия трансверсальности, но сложившаяся практика применения ДСОЭР моделей предполагает использование упрощенных условий трансверсальности введенных Бланшаром и Кахом [Blanchard, Kahn, 1980].

$$E \left(\sum_{t=0}^{\infty} e^{\beta_c t} U \left(X_t; X_{t-1}; Z_t \right) \right) \rightarrow \min_X, \quad (35)$$

$$E_t g(X_{t+1}; X_t; X_{t-1}; Z_{t+1}; Z_t; Z_{t-1}) = 0 \quad (36)$$

$$E_t \left[\begin{array}{c} \frac{\partial U(X_t; X_{t-1}; Z_t)}{\partial X_t} + e^\beta \frac{\partial U(X_{t+1}; X_t; Z_{t+1})}{\partial X_t} \\ -e^{-\beta} \lambda_{t-1} \frac{\partial g(X_t; X_{t-1}; X_{t-2}; Z_t; Z_{t-1}; Z_{t-2})}{\partial X_t} \\ -\lambda_t \frac{\partial g(X_{t+1}; X_t; X_{t-1}; Z_{t+1}; Z_t; Z_{t-1})}{\partial X_t} \\ -e^{-\beta} \lambda_{t+1} \frac{\partial g(X_{t+2}; X_{t+1}; X_t; Z_{t+2}; Z_{t+1}; Z_t)}{\partial X_t} \end{array} \right] = 0 \quad (37)$$

Отметим, что использованная формулировка задачи государства приводит к тому, что детерминированное равновесие задачи не меняется (по сравнению с версией с инструментальными правилами). Однако параметры, задающие детерминированное равновесие для переменных, непосредственно контролируемых государством (такие как доля государственных расходов или процентные ставки), также оказывают влияние на детерминированное равновесие по другим переменным.

3. Оценка параметров модели и другие результаты

Для оценки параметров было использовано восемь рядов ежеквартальной российской статистики с 1-го квартала 2000 г. по 2-й квартал 2015 г.: 1) среднее MIBID и MIBOR (obs_R); 2) темп роста дефлятора ВВП (obs_{dP}); 3) оплата труда наемных работников как доля ВВП (obs_{wL}); 4) номинальные расходы на конечное потребление домохозяйств как доля ВВП (obs_{PC}); 5) номинальные расходы на конечное потребление государства как доля ВВП (obs_{PG}); 6) номинальные инвестиции как доля ВВП (obs_{PI}); 7) темп роста реального ВВП (obs_Y); 8) темп роста денежного агрегата M2 (obs_{dM})¹. Для корректировки на сезонность применялась программа TRAMO/SEATS с использованием числа рабочих дней в России, разработанная Банком Испании [Gomez, Maravall, 1996]. Это одна из двух основных программ корректировки на сезонность наравне с X-13-ARIMA.

Линейная аппроксимация решения системы уравнений с рациональными ожиданиями в точке детерминированного равновесия дает линейную модель пространства состояний [Blanchard, Kahn, 1980; Schmitt-Grohe, Uribe, 2004b]. Предполагая нормальное распределение шоков ($\varepsilon_{j,t}$), можно рассчитать совместную функцию плотности для наблюдаемых переменных при помощи фильтра Калмана. Причем поскольку модель содержит 11 шоков, то число наблюдаемых переменных должно не превосходить этого значения. К сожалению, не для всех переменных модели можно найти надежные статистические данные характеризующие их на рассматриваемом временном интервале. В связи с этим используется всего

¹ ЦБ РФ. URL: <http://www.cbr.ru/> (дата обращения: 20.12.2017); Росстат. URL: <http://www.gks.ru/> (дата обращения: 20.12.2017).

восемь наблюдаемых переменных, указанных выше. Рассчитываются значения совместной плотности наблюдаемых переменных и на основе модели при помощи фильтра Калмана строятся оценки параметров с помощью метода максимального правдоподобия, а также метода Байеса (с равномерным априорным распределением для всех параметров). Таким образом, оценки параметров по каждому из методов обладают хорошими статистическими свойствами, включая состоятельность и асимптотическую эффективность. Первые четыре квартала использовались в качестве предвыборки, т. е. значения функции правдоподобия для соответствующих периодов не учитывались, но значения наблюдаемых переменных принимались во внимание при расчете функции правдоподобия для последующих периодов. В рамках подхода Байеса строятся две цепи МСМС по 100 000 точек в каждой. Для расчетов применялся *dynare toolbox* для Matlab [Adjemian et al., 2011].

Все расчеты проводятся для двух версий ДСОЭР модели, описанных в предыдущем разделе. Первая версия — ДСОЭР модель с инструментальными правилами, задающаяся системой уравнений с рациональными ожиданиями (4)–(7), (17)–(23) и уравнений (24)–(32) в стационарных переменных. Отметим, что бюджетные ограничения линейно зависимы в силу закона Вальраса и, соответственно, одно из них (бюджетное ограничение государства) исключается. Вторая версия модели — это ДСОЭР модель с оптимальной политикой, задающаяся условиями первого порядка задачи (34) при ограничениях (4)–(7), (17)–(23), и версия уравнений (24)–(28) в стационарных переменных.

Для ответа на вопрос о том, какая модель лучше соответствует данным, в рамках подхода Байеса используется маргинальная плотность (*marginal likelihood*), т. е. $p(Y) = \int L(Y|\theta)p(\theta)d\theta$, для тестируемых моделей. Основные методы нахождения маргинальной плотности — это приближение Лапласа (*Laplace approximation*), использующее нормальное приближение, и модифицированное гармоническое среднее (*Modified harmonic mean*), рассчитываемое на основе значений функции правдоподобия в случайных точках. Разность логарифмов маргинальной плотности более пяти показывает сильное преимущество лучшей из двух моделей [Kass, Raftery, 1995].

В случае следования классическому подходу выбор между различными моделями не столь стандартизирован. Однако есть тесты для сравнения моделей, не зависящие от распределения [Clarke, 2007]. Нулевая гипотеза состоит в том, что модели имеют одинаковое качество, т. е. для каждого периода вероятности преимущества каждой из моделей равны. Причем благодаря тому, что число параметров в обеих версиях модели совпадает, тест не требует применения корректировки.

Значения функции правдоподобия и маргинальной плотности приведены в табл. 1. Байесов подход показывает значительное предпочтение модели с инструментальными правилами, а не оптимальной политикой, а в соответствии с классическим подходом преимущество имеет модель с оптимальной политикой, при этом отвергается гипотеза о равном качестве моделей на 5%-ном уровне значимости ($p\text{-value} = 4,35\%$).

Такое противоречие выводов на основе классического и Байесова подходов связано с влиянием априорного распределения параметров. Хотя априорное распределение плоское, но модели имеют разную параметризацию и область возможных значений параметров. Соответственно, более обширная область возможных

Таблица 1. Результаты оценки моделей

Показатель	М1: ДСОЭР модель с инструментальными правилами	М2: ДСОЭР модель с оптимальной политикой государства
Маржинальная плотность (приближение Лапласа)	833,03	824,56
Маржинальная плотность (модиф. гармонич. среднее)	887,96	845,98
Логарифм функции правдоподобия	1148,49	1156,01

значений параметров для модели с оптимальной политикой ведет к меньшему значению апостериорной вероятности и маржинальной плотности.

Этот результат отличается от вывода, полученного для экономики Швеции, где логарифм маржинальной плотности (приближение Лапласа) модели с оптимальной политикой приблизительно на 24 выше [Adolfson et al., 2011]. То есть, согласно Байесову подходу, по всей видимости, в Швеции проводится оптимальная политика, а в России просто следуют заданным правилам. Однако противоположный ответ классического подхода заставляет более детально взглянуть на показатели моделей.

Среднеквадратичные ошибки прогноза рассчитываются по следующей формуле:

$$RMSE(obs, k) = \sqrt{\sum_{t=1}^{T-k} (obs_{t+k} - E_t(obs_{t+k}))^2} / (T - k). \quad (38)$$

Они рассчитываются для горизонта прогнозирования (k) от одного до четырех кварталов, для каждой наблюдаемой переменной (obs) по формуле (38). Среднеквадратичные ошибки прогноза двух версий ДСОЭР модели, а также моделей авторегрессии первого порядка AR(1) и скользящего среднего первого порядка MA(1) представлены в табл. 2.

Очевидно, что качество прогнозов моделей достаточно близко для всех переменных, кроме доли инвестиций в ВВП, где модель с оптимальной политикой дает заметно лучшие показатели. Более того, для каждого из горизонтов прогнозирования, ровно для половины переменных, лучшее качество прогнозов достигается с помощью модели с оптимальной политикой. Инфляция, доли частного и государственного потребления и заработной платы лучше описываются моделью с инструментальными правилами. А темпы роста денежной массы, ВВП, доля инвестиций и процентные ставки точнее прогнозирует модель с оптимальной политикой.

Если сравнивать качество прогнозов с авторегрессионными моделями, то оно оказывается близким: для 2–3 из 8 переменных (в зависимости от горизонта прогнозирования) ДСОЭР модель дает лучшее качество прогнозов, чем модель авторегрессии первого порядка AR(1). В случае с моделью скользящего среднего первого порядка MA(1) ДСОЭР модель дает лучшие прогнозы в рамках выборки для 4–6 переменных. Близкое качество прогнозов авторегрессионных и ДСОЭР моделей — обычное явление [Wickens, 2014]. Причем ДСОЭР модели, даже немного уступая в рамках выборки авторегрессионным моделям, могут превосходить их вне выборки [Иващенко, 2016].

Таблица 2. Среднеквадратические ошибки прогноза

	Модель	<i>obs_{DM}</i>	<i>obs_{DP}</i>	<i>obs_{DP}</i>	<i>obs_{PC}</i>	<i>obs_{PG}</i>	<i>obs_{PI}</i>	<i>obs_R</i>	<i>obs_{WL}</i>
t+1	M1 (инструмент. правила) Байес	4,01 %	2,41 %	1,80 %	2,98 %	2,91 %	10,56 %	0,26 %	2,44 %
	M1 (инструмент. правила) МП	4,03 %	2,42 %	1,79 %	2,90 %	2,99 %	10,57 %	0,26 %	2,43 %
	M2 (оптимальная политика) Байес	3,99 %	2,75 %	1,58 %	3,14 %	3,10 %	9,39 %	0,25 %	2,46 %
	M2 (оптимальная политика) МП	3,99 %	2,75 %	1,58 %	3,10 %	3,13 %	9,40 %	0,25 %	2,46 %
	AR(1)	3,32 %	2,22 %	1,26 %	3,15 %	2,86 %	9,66 %	0,25 %	2,40 %
	MA(1)	3,42 %	2,25 %	1,21 %	5,01 %	3,63 %	11,13 %	0,45 %	4,31 %
t+2	M1 (инструмент. правила) Байес	4,26 %	2,41 %	1,76 %	3,98 %	4,24 %	14,69 %	0,49 %	3,30 %
	M1 (инструмент. правила) МП	4,27 %	2,41 %	1,76 %	4,23 %	4,00 %	14,69 %	0,48 %	3,30 %
	M2 (оптимальная политика) Байес	3,91 %	2,66 %	1,59 %	4,22 %	4,20 %	13,39 %	0,47 %	3,38 %
	M2 (оптимальная политика) МП	3,90 %	2,66 %	1,59 %	4,20 %	4,21 %	13,41 %	0,47 %	3,38 %
	AR(1)	4,03 %	2,25 %	1,56 %	4,15 %	3,63 %	12,02 %	0,45 %	3,26 %
	MA(1)	4,37 %	2,27 %	1,56 %	7,26 %	4,75 %	13,82 %	0,86 %	7,28 %
t+3	M1 (инструмент. правила) Байес	4,30 %	2,42 %	1,76 %	4,73 %	5,37 %	18,14 %	0,66 %	3,98 %
	M1 (инструмент. правила) МП	4,31 %	2,43 %	1,75 %	5,36 %	4,75 %	18,16 %	0,66 %	3,98 %
	M2 (оптимальная политика) Байес	3,87 %	2,65 %	1,59 %	5,02 %	5,27 %	15,14 %	0,66 %	4,15 %
	M2 (оптимальная политика) МП	3,86 %	2,65 %	1,59 %	5,26 %	5,01 %	15,16 %	0,65 %	4,15 %
	AR(1)	4,05 %	2,26 %	1,58 %	4,95 %	4,23 %	12,98 %	0,61 %	3,94 %
	MA(1)	4,29 %	2,27 %	1,57 %	7,05 %	4,64 %	13,80 %	0,83 %	6,97 %
t+4	M1 (инструмент. правила) Байес	4,26 %	2,45 %	1,76 %	5,43 %	6,07 %	21,39 %	0,79 %	4,62 %
	M1 (инструмент. правила) МП	4,27 %	2,46 %	1,76 %	6,06 %	5,45 %	21,44 %	0,79 %	4,62 %
	M2 (оптимальная политика) Байес	3,83 %	2,62 %	1,60 %	5,65 %	6,04 %	16,83 %	0,80 %	4,90 %
	M2 (оптимальная политика) МП	3,83 %	2,62 %	1,60 %	6,03 %	5,64 %	16,85 %	0,80 %	4,89 %
	AR(1)	4,20 %	2,28 %	1,59 %	5,55 %	4,54 %	13,42 %	0,72 %	4,62 %
	MA(1)	4,29 %	2,29 %	1,59 %	6,85 %	4,58 %	13,84 %	0,82 %	6,79 %
Среднее	M1 (инструмент. правила) Байес	4,21 %	2,42 %	1,77 %	4,28 %	4,64 %	16,20 %	0,55 %	3,58 %
	M1 (инструмент. правила) МП	4,22 %	2,43 %	1,77 %	4,64 %	4,30 %	16,21 %	0,55 %	3,58 %
	M2 (оптимальная политика) Байес	3,90 %	2,67 %	1,59 %	4,50 %	4,65 %	13,69 %	0,55 %	3,72 %
	M2 (оптимальная политика) МП	3,90 %	2,67 %	1,59 %	4,65 %	4,50 %	13,70 %	0,54 %	3,72 %
	AR(1)	3,90 %	2,25 %	1,50 %	4,45 %	3,82 %	12,02 %	0,51 %	3,55 %
	MA(1)	4,09 %	2,27 %	1,48 %	6,54 %	4,40 %	13,15 %	0,74 %	6,34 %

Таким образом, анализ качества прогнозов показывает, что оно практически совпадает при Байесовом подходе и подходе максимального правдоподобия. Среднеквадратическая ошибка прогнозов близка к показателям авторегрессионных моделей, что характерно для ДСОЭР моделей. Две версии ДСОЭР модели (с ин-

струментальными правилами и с оптимальной политикой) дают настолько близкое качество прогнозов, что нет оснований предпочесть одну из версий.

Еще один вопрос, на который следует обратить внимание — это то, как гипотеза о типе экономической политики влияет на оценки других параметров. Для Швеции применялись жесткие априорные распределения, и получившиеся оценки параметров, за редким исключением, близки для моделей с оптимальной и инструментальной политикой [Adolfson et al., 2011]. Однако без жестких априорных распределений оказывается, что многие ключевые параметры существенно различаются (табл. 3). Так, вклад капитала в производственную функцию оказывается практически вдвое ниже в случае оптимальной политики, а выбытие капитала — почти на порядок быстрее. Модель с инструментальными правилами предполагает низкую монопольную силу фирм, а с оптимальной политикой — высокую. Заметны отличия и в средних показателях дисконтирования. А вот степень негибкости ценообразования российских фирм оказывается одинаково низкой в обеих версиях модели. Оценки всех остальных параметров, а также границы априорного распределения параметров (равномерного) представлены в приложении в таблицах А1–А2.

Таблица 3. Оценки некоторых ключевых параметров модели

Показатель	Модель	α_K	φ_P	h	h	δ
Оценка МП (апостериорная мода)	М1 (инструмент. правила)	4.51E-01	-1.70E+01	-6.28E-04	2.00E+01	1.00E-02
	М2 (оптимал. политика)	2.19E-01	-1.79E+01	-6.78E-03	4.00E+00	9.61E-02
Стандартное отклонение МП	М1 (инструмент. правила)	4.39E-03	1.79E+00	1.28E-06	6.90E-05	1.22E-06
	М2 (оптимал. политика)	1.05E-05	8.02E+00	5.36E-06	1.14E-04	5.37E-06
Апостериорное стандартное отклонение	М1 (инструмент. правила)	2.06E-03	2.52E+00	1.46E-05	2.24E-01	9.19E-06
	М2 (оптимал. политика)	8.22E-05	2.14E+00	3.68E-05	2.43E-02	1.56E-04
Апостериорное среднее	М1 (инструмент. правила)	4.51E-01	-1.60E+01	-6.27E-04	1.99E+01	1.00E-02
	М2 (оптимал. политика)	2.19E-01	-1.64E+01	-6.77E-03	4.01E+00	9.61E-02

Что касается сравнения результатов Байесова и классического подходов, то можно видеть, что среднее мало отличается от моды, т.е. плотность достаточно симметрична. Однако оценки стандартного отклонения различаются достаточно сильно, т.е. плотность параметров заметно отличается от нормальной, что нашло свое отражение в заметной разнице между двумя способами оценки маржинальной плотности. Таким образом, хотя две версии модели имеют близкое качество описания российской статистики, их представления о механизмах российской экономики существенно различаются.

Для читателей, привыкших к работе с линейными регрессиями, приведем несколько наблюдений, иллюстрирующих механизмы, приводящие к малым значени-

ям стандартных отклонений у некоторых оценок параметров (или, точнее, большие t -отношения). Дисперсия оценок максимального правдоподобия рассчитывается на основе обратной численной матрицы Гессе для логарифма функции правдоподобия. Если рассчитать численную (с шагом $1.0E-8$) вторую производную для параметра выбытия капитала (δ) для ДСОЭР модели с оптимальной политикой, то получится значение $8.94e+11$ (если бы остальные параметры были фиксированы, то не надо было бы обращать всю матрицу Гессе, и стандартное отклонение оказалось бы $1.06e-6$). Такая чувствительность функции правдоподобия к данному параметру связана с влиянием данного параметра на детерминированное равновесие. Так, численная производная равновесного уровня инвестиций $-1,77$, для капитала $-10,22$, а для долговой позиции домохозяйств составляет уже $183,79$. Таким образом, даже небольшое изменение параметра δ ведет к заметному изменению детерминированного равновесия, меняются точка линеаризации и производные условий оптимальности, и соответственно меняются коэффициенты линейной модели (например, производная коэффициента ответа инфляции (obs_{dp}) на лаг экзогенного процесса определяющего общую производительность факторов производства ($z_{Y,t}$) составляет $-1570,15$).

А какие цели преследует Российское государство, в случае если оно проводит оптимальную политику? Табл. 4 демонстрирует оценки параметров, связанные с целями государства. Во-первых, государство преследует долгосрочные цели, его коэффициент дисконтирования очень близок к единице. Во-вторых, оно обращает достаточно мало внимания на инфляцию или денежную массу ($\gamma_{DP} = 14.9$, $\gamma_M = 3.41E-3$, что значительно ниже коэффициентов при других целях), т.е. классические цели Центрального банка. В-третьих, главной целью государства оказывается стабильность поступления средств в бюджет ($\gamma_{DT} = 100$), а следом идут цели по стабильности темпов экономического роста ($\gamma_Y = 49$) и процентных ставок ($\gamma_{DR} = 45,4$).

Таблица 4. Оценки параметров целевой функции государства

Параметр	Оценка МП (апостериорная мода)	Апостериорное среднее	Стандартное отклонение МП	Апостериорное стандартное отклонение
β_G	$-3.75E-08$	$-3.25E-05$	$1.16E-05$	$4.92E-05$
γ_B	$1.68E-02$	$1.69E-02$	$6.69E-03$	$1.33E-03$
γ_{DGY}	$2.52E+00$	$2.57E+00$	$1.37E+00$	$2.28E-01$
γ_{DP}	$1.49E+01$	$1.49E+01$	$1.75E+00$	$2.71E-01$
γ_{DR}	$4.54E+01$	$4.50E+01$	$1.33E+01$	$2.17E+00$
γ_{DT}	$1.00E+02$	$9.90E+01$	$3.38E-03$	$3.57E+00$
γ_{DY}	$4.23E+01$	$4.84E+01$	$9.46E+04$	$2.63E+01$
γ_{GY}	$1.42E+01$	$1.42E+01$	$5.61E-04$	$2.24E-01$
γ_M	$3.41E-03$	$3.41E-03$	$5.33E-06$	$1.86E-05$
γ_Y	$4.90E+01$	$4.90E+01$	$6.52E+04$	$2.63E+01$
γ_{YD}	$1.40E-03$	$3.59E+00$	$3.81E-02$	$1.27E+01$

Можно отметить, что стандартные отклонения для веса ключевой цели — стабильности налоговых поступлений и для стабильности процентных ставок достаточно низки. А вот стандартные отклонения весов целей по экономическому росту велики: хотя цели по экономическому росту оказываются в списке ключевых, этот результат неустойчив (нельзя отвергнуть гипотезу о том, что данные цели вне ключевых, т. е. их вес в несколько раз ниже максимального).

Заключение

В данной работе рассматривается простая ДСОЭР модель российской экономики в двух модификациях: первая — с государством, следующим инструментальным правилам; вторая — с государством, проводящим оптимальную экономическую политику (совместно денежную и фискальную, включая как налогообложение, так и государственные расходы). Параметры модели оценивались методом максимального правдоподобия, а также при помощи метода Байеса (с равномерным априорным распределением).

Байесов подход позволяет сделать вывод о том, что модель с инструментальными правилами поведения значительно лучше соответствует российским статистическим данным. На основе классического подхода отвергается гипотеза о равном качестве моделей (на 5%-ном уровне значимости) и предпочтение отдается версии с оптимальной политикой государства. Качество точечных прогнозов обеих моделей близко по всем наблюдаемым переменным и горизонтам прогнозирования, за исключением доли инвестиций в ВВП, где модель с оптимальной политикой обладает преимуществом. Таким образом, решение о том, какая из моделей лучше соответствует российским реалиям, зависит от предпочтений между классической и Байесовой эконометрикой. Учитывая априорное распределение, можно отдать предпочтение выводам классического подхода.

Что касается целей экономической политики Российского государства, то это поддержание в первую очередь доходов бюджета, во вторую — темпов экономического роста и стабильности процентных ставок, а цели, связанные с инфляцией или денежной массой, имеют крайне низкий уровень приоритета.

Таким образом, несмотря на то что данная малая ДСОЭР модель не демонстрирует выдающегося качества прогнозов, полученные выводы могут способствовать улучшению качества прогнозов других ДСОЭР моделей. Как переход от простой авторегрессионной модели к ДСОЭР модели в большинстве случаев немного улучшает качество прогнозов, так и переход от простых инструментальных правил описания поведения государства к оптимальному поведению дает небольшое улучшение. Однако основное преимущество — это микроэкономические основания, позволяющие считать неизменными предпочтения даже при существенном изменении внешних условий. Описание государства, проводящего оптимальную политику, объясняет принятие государством решений, незначительно улучшает прогноз (при относительно стабильных внешних условиях) и позволяет ожидать лучшего качества прогнозов при таких изменениях, как санкции или свойства рынка нефти.

Литература

- Алексаиенко С., Петроневич М. Проблемы и вызовы денежной политики в России // Экономическая политика. 2011. № 3. С. 81–92.
- Иващенко С. М. Динамическая стохастическая модель общего экономического равновесия с банковским сектором и эндогенными дефолтами фирм // Журнал Новой экономической ассоциации, 2013. № 3 (19). С. 27–50.
- Иващенко С. М. Многосекторная модель динамического стохастического общего экономического равновесия российской экономики // Вестник С.-Петерб. ун-та. Серия 5. Экономика. 2016. Вып. 3. С. 176–202.
- Полбин А. Эконометрическая оценка структурной макроэкономической модели российской экономики // Прикладная эконометрика. 2014. № 33 (1). С. 3–29.
- Фетисов Г. Монетарная политика России: цели, инструменты и правила // Вопросы экономики. 2008. № 11. С. 4–23.
- Шульгин А. Г. Оптимизация простых правил монетарной политики на базе оцененной DSGE-модели // Журнал Новой экономической ассоциации. 2015. № 2 (26). С. 64–98.
- Шульгин А. Г. Сколько правил монетарной политики необходимо при оценке DSGE модели для России? // Прикладная эконометрика. 2014. № 36 (4). С. 3–31.
- Adjemian S., Bastani H., Juillard M., Karame F., Mihoubi F., Perendia G., Pfeifer J., Ratto M., Villemot S. Dynare: Reference Manual, Version 4. Dynare Working Papers. 2011 (1). Cepremap. URL: <http://www.dynare.org> (accessed: 20.12.2017).
- Adolfson M., Laseen S., Linde J., Svensson L. Optimal Monetary Policy in an Operational Medium-Sized DSGE Model // Journal of Money, Credit and Banking. 2011. Vol. 43, iss. 7. P. 1287–1331.
- Bhattacharjee A., Thoenissen C. Money and monetary policy in dynamic stochastic general equilibrium models // Manchester School. 2007. Vol. 75, iss. s1. P. 88–122.
- Blanchard O., Kahn C. M. The Solution of Linear Difference Models under Rational Expectations // Econometrica. 1980. Vol. 48, N 5. P. 1305–1311.
- Canova F. Methods for Applied Macroeconomic Research. Princeton: Princeton University Press, 2007. P. 1–492.
- Chang Y., Doh T., Schorfheide F. Non-stationary Hours in a DSGE Model // Journal of Money, Credit and Banking. 2007. Vol. 39, iss. 6. P. 1357–1373.
- Clarke K. A. A Simple Distribution-Free Test for Nonnested Model Selection // Political Analysis. 2007. Vol. 15, iss. 3. P. 347–363.
- Collard F., Juillard M. Accuracy of stochastic perturbation methods: The case of asset pricing models // Journal of Economic Dynamics and Control. 2001. № 25 (6–7). P. 979–999.
- Gali J., Lopez-Salido J. D., Valles J. Understanding the effects of government spending on consumption // Journal of the European Economic Association. 2007. Vol. 5, N 1. P. 227–270.
- Gomez V., Maravall A. Programs TRAMO and SEATS, instruction for user // Banco de Espana. 1996. P. 1–133.
- Heiberger C., Torben K., Maussner A. On the Numerical Accuracy of First-Order Approximate Solutions to DSGE Models // Macroeconomic Dynamics. 2017. Vol. 21, iss. 07. P. 1811–1826.
- Justiniano A., Primiceri G., Tambalotti A. Investment Shocks and the Relative Price of Investment // Review of Economic Dynamics. 2011. Vol. 14, iss. 1. P. 101–121.
- Kass R., Raftery A. Bayes Factors // Journal of the American Statistical Association. 1995. Vol. 90. P. 773–795.
- King R. Discretionary policy and multiple equilibria // Economic Quarterly, 2006. Vol. 92/1. P. 1–15.
- Lombardo G., Ravenna F. Openness and optimal monetary policy // Journal of International Economics. 2014. Vol. 93, iss. 1. P. 153–172.
- Lombardo G., Vestin D. Welfare implications of Calvo vs. Rotemberg-pricing assumptions // Economics Letters. 2008. № 100 (2). P. 275–279.
- Malakhovskaya O., Minabutdinov A. Are commodity price shocks important? A Bayesian estimation of a DSGE model for Russia // International Journal of Computational Economics and Econometrics. 2014. Vol. 4, iss. 1/2. P. 148–180.
- Reis R. Optimal Monetary Policy Rules in an Estimated Sticky-Information Model // American Economic Journal: Macroeconomics. 2009. Vol. 1, iss. 2. P. 1–28.
- Rotemberg J. Sticky Prices in the United States // Journal of Political Economy. 1982. Vol. 90, iss. 6. P. 1187–1211.
- Sauer S. Discretion Rather Than Rules? When Is Discretionary Policymaking Better Than the Timeless Perspective? // International Journal of Central Banking. 2010. Vol. 6, iss. 2. P. 1–29.
- Schmitt-Grohe S., Uribe M. Business Cycles With A Common Trend in Neutral and Investment-Specific Productivity // Review of Economic Dynamics. 2011. Vol. 14, iss. 1. P. 122–135.

- Schmitt-Grohe S., Uribe M.* Optimal fiscal and monetary policy under sticky prices // *Journal of Economic Theory*. 2004a. Vol. 114, iss. 2. P.198–230.
- Schmitt-Grohe S., Uribe M.* Solving dynamic general equilibrium models using a second-order approximation to the policy function // *Journal of Economic Dynamics and Control*. 2004b. N 28 (4). P.755–775.
- Smets F., Wouters R.* An Estimated Dynamic Stochastic General Equilibrium Model of the Euro Area // *Journal of the European Economic Association*. 2003. Vol. 1, iss. 5. P.1123–1175.
- Sun X., Tsang K.P.* Optimal interest rate rule in a DSGE model with housing market spillovers // *Economics Letters*. 2014. Vol. 125, iss. 1. P.47–51.
- Taylor J.* Discretion versus policy rules in practice // *Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy*. 1993. Vol. 39, iss. 1. P.195–214.
- Tovar C.E.* DSGE models and central banks // *Economics: The Open-Access, Open-Assessment E-Journal*. 2009. N 3 (16). P.1–31.
- Wickens M.R.* How Useful are DSGE Macroeconomic Models for Forecasting? // *Open Economies Review*. 2014. Vol. 25, iss. 1. P.171–193.
- Wickens M.R.* *Macroeconomic Theory: A Dynamic General Equilibrium Approach*. Princeton University Press: Princeton, 2008. P.1–489.

Статья поступила в редакцию 26.05.2017
Статья рекомендована в печать 13.12.2017

Контактная информация:

Ивашченко Сергей Михайлович — канд. экон. наук; glucke_ru@pisem.net; sergey.ivashchenko.ru@gmail.com

Russian economic policy: A model with discretionary policy or policy rules

S. M. Ivashchenko

St. Petersburg Institute for Economics and Mathematics (Russian Academy of Sciences),
36–38 Serpukhovskaya ul., Saint Petersburg, 190013, Russian Federation;
St. Petersburg State University, 7–9, Universitetskaya nab., St. Petersburg, 190034,
Russian Federation;
National Research University Higher School of Economics, Soyya Pechatnikov ul.,
15 Saint Petersburg, 190068, Russian Federation

For citation: Ivashchenko S.M. Russian economic policy: A model with discretionary policy or policy rules. *St Petersburg University Journal of Economic Studies*, 2018, vol. 34, issue 1, pp. 149–172. <https://doi.org/10.21638/11701/spbu05.2018.108>

Models of dynamic stochastic general economic equilibrium (DSGE) are based on preferences and technologies. However, the behavior of the state is usually described using exogenous instrumental rules. In the face of significant changes in external conditions, such an approach can poorly predict the behavior of the state and, as a consequence, the economy. A DSGE model of Russia is developed, with the state conducting optimal policy for given purposes, along with a version in which the state follows instrumental rules. Parameters of the models were estimated by the maximum likelihood method and Bayesian inference (with a non-informative *a priori* distribution). The classical approach has affinity for the version with the optimal policy, and the Bayesian approach for the instrumental rules. The goals of the economic policy pursued in Russia are identified. In particular, the fight against inflation has low priority, and the stability of budget revenues has the highest priority. Estimates of a number of key parameters differ significantly for the two versions of the DSGE model, i.e. the type of state description significantly affects how the model of the rest of the economy should behave in order to comply with statistical data. At the same time, both versions of the model give almost the same quality of forecasts.

Keywords: DSGE, instrument rules, optimal policy.

References

- Adjemian S., Bastani H., Juillard M., Karame F., Mihoubi F., Perendia G., Pfeifer J., Ratto M., Villemot S. *Dynare: Reference Manual, Version 4. Dynare Working Papers*, 2011 (1), Cepremap. Available at: <http://www.dynare.org> (accessed: 20.12.2017).
- Adolfson M., Laseen S., Linde J., Svensson L. Optimal Monetary Policy in an Operational Medium-Sized DSGE Model. *Journal of Money, Credit and Banking*, 2011, vol. 43, iss. 7, pp. 1287–1331.
- Aleksashenko S., Petronevich M. Problemy i vyzovy denezhnoi politiki v Rossii [Problems and Challenges of Monetary Policy in Russia]. *Economic policy*, 2011, no. 3, pp. 81–92. (In Russian)
- Bhattacharjee A., Thoenissen C. Money and monetary policy in dynamic stochastic general equilibrium models. *Manchester School*, 2007, vol. 75, iss. s1, pp. 88–122.
- Blanchard O., Kahn C. M. The Solution of Linear Difference Models under Rational Expectations. *Econometrica*, 1980, vol. 48, no. 5, pp. 1305–1311.
- Canova F. *Methods for Applied Macroeconomic Research*. Princeton, Princeton University Press, 2007, pp. 1–492.
- Chang Y., Doh T., Schorfheide F. Non-stationary Hours in a DSGE Model. *Journal of Money, Credit and Banking*, 2007, vol. 39, iss. 6, pp. 1357–1373.
- Clarke K. A. A Simple Distribution-Free Test for Nonnested Model Selection. *Political Analysis*, 2007, vol. 15, iss. 3, pp. 347–363.
- Collard F., Juillard M. Accuracy of stochastic perturbation methods: The case of asset pricing models. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 2001, no. 25 (6–7), pp. 979–999.
- Fetisov G. Monetarnaia politika Rossii: tseli, instrumenty i pravila [Russian Monetary Policy: Objectives, Instruments, and Rules]. *Voprosy ekonomiki*, 2008, no. 11, pp. 4–23. (In Russian)
- Gali J., Lopez-Salido J. D., Valles J. Understanding the effects of government spending on consumption. *Journal of the European Economic Association*, 2007, vol. 5, no. 1, pp. 227–270.
- Gomez V., Maravall A. Programs TRAMO and SEATS, instruction for user. *Banco de Espana*, 1996, pp. 1–133.
- Heiberger C., Torben K., Maussner A. On the Numerical Accuracy of First-Order Approximate Solutions to DSGE Models. *Macroeconomic Dynamics*, 2017, vol. 21, iss. 07, pp. 1811–1826.
- Ivashchenko S. M. Dinamicheskaiia stokhasticheskaiia model' obshchego ekonomicheskogo ravnovesiia s bankovskim sektorom i endogennymi defoltami firm [Dynamic Stochastic General Equilibrium Model with Banks and Endogenous Defaults of Firms]. *Zhurnal Novoi ekonomicheskoi assotsiatsii [Journal of the New Economic Association]*, 2013, no. 3 (19), pp. 27–50. (In Russian)
- Ivashchenko S. M. Mnogosekturnaia model' dinamicheskogo stokhasticheskogo obshchego ekonomicheskogo ravnovesiia rossiiskoi ekonomii [Multiple Sectors DSGE Model of Russia]. *Vestnik SPbSU. Series 5. Economics*, 2016, iss. 3, pp. 176–202. (In Russian)
- Justiniano A., Primiceri G., Tambalotti A. Investment Shocks and the Relative Price of Investment. *Review of Economic Dynamics*, 2011, vol. 14, iss. 1, pp. 101–121.
- Kass R., Raftery A. Bayes Factors. *Journal of the American Statistical Association*, 1995, vol. 90, pp. 773–795.
- King R. Discretionary policy and multiple equilibria. *Economic Quarterly*, 2006, vol. 92/1, pp. 1–15.
- Lombardo G., Ravenna F. Openness and optimal monetary policy. *Journal of International Economics*, 2014, vol. 93, iss. 1, pp. 153–172.
- Lombardo G., Vestin D. Welfare implications of Calvo vs. Rotemberg-pricing assumptions. *Economics Letters*, 2008, no. 100 (2), pp. 275–279.
- Malakhovskaya O., Minabutdinov A. Are commodity price shocks important? A Bayesian estimation of a DSGE model for Russia. *International Journal of Computational Economics and Econometrics*, 2014, vol. 4, iss. 1.2, pp. 148–180.
- Polbin A. Ekonometricheskaiia otsenka strukturnoi makroekonomicheskoi modeli rossiiskoi ekonomiki [Econometric estimation of a structural macroeconomic model for the Russian economy]. *Prikladnaia ekonometrika [Applied Econometrics]*, 2014, no. 33 (1), pp. 3–29. (In Russian)
- Reis R. Optimal Monetary Policy Rules in an Estimated Sticky-Information Model. *American Economic Journal: Macroeconomics*, 2009, vol. 1, iss. 2, pp. 1–28.
- Rotemberg J. Sticky Prices in the United States. *Journal of Political Economy*, 1982, vol. 90, iss. 6, pp. 1187–1211.
- Sauer S. Discretion Rather Than Rules? When Is Discretionary Policymaking Better Than the Timeless Perspective? *International Journal of Central Banking*, 2010, vol. 6, iss. 2, pp. 1–29.
- Schmitt-Grohe S., Uribe M. Business Cycles With A Common Trend in Neutral and Investment-Specific Productivity. *Review of Economic Dynamics*, 2011, vol. 14, iss. 1, pp. 122–135.

- Schmitt-Grohe S., Uribe M. Optimal fiscal and monetary policy under sticky prices. *Journal of Economic Theory*, 2004, vol. 114, iss. 2, pp. 198–230.
- Schmitt-Grohe S., Uribe M. Solving dynamic general equilibrium models using a second-order approximation to the policy function. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 2004, no. 28 (4), pp. 755–775.
- Shul'gin A. G. Optimizatsiia prostykh pravil monetarnoi politiki na baze otsenennoi DSGE-modeli [Optimization of Simple Monetary Policy Rules on the Base of Estimated DSGE-model]. *Journal of the New Economic Association*, 2015, no. 2 (26), pp. 64–98. (In Russian)
- Shul'gin A. G. Skol'ko pravil monetarnoi politiki neobkhodimo pri otsenke DSGE modeli dlia Rossii? [How much monetary policy rules do we need to estimate DSGE model for Russia?] *Prikladnaia ekonometrika [Applied Econometrics]*, 2014, no. 36 (4), pp. 3–31. (In Russian)
- Smets F., Wouters R. An Estimated Dynamic Stochastic General Equilibrium Model of the Euro Area. *Journal of the European Economic Association*, 2003, vol. 1, iss. 5, pp. 1123–1175.
- Sun X., Tsang K.P. Optimal interest rate rule in a DSGE model with housing market spillovers. *Economics Letters*, 2014, vol. 125, iss. 1, pp. 47–51.
- Taylor J. Discretion versus policy rules in practice. *Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy*, 1993, vol. 39, iss. 1, pp. 195–214.
- Tovar C. E. DSGE models and central banks. *Economics: The Open-Access, Open-Assessment E-Journal*, 2009, no. 3 (16), pp. 1–31.
- Wickens M. R. *Macroeconomic Theory: A Dynamic General Equilibrium Approach*. Princeton University Press, Princeton, 2008, pp. 1–489.
- Wickens M. R. How Useful are DSGE Macroeconomic Models for Forecasting? *Open Economies Review*, 2014, vol. 25, iss. 1, pp. 171–193.

Author's information:

Sergey M. Ivashchenko — PhD in Economics; glucke_ru@pisem.net; sergey.ivashchenko.ru@gmail.com

Приложение

Таблица А1. Оценка параметров модели М1
(с государством, следующим инструментальным правилам)

Параметр	Априорное распределение		Оценка МП (апостериорная мода)	Апостериорное среднее	Стандартное отклонение МП	Апостериорное стандартное отклонение
	Нижняя граница	Верхняя граница				
$std \varepsilon_{\beta,t}$	0.00E+00	1.00E+02	4.67E-02	4.71E-02	8.33E-03	4.12E-03
$std \varepsilon_{DW,t}$	0.00E+00	1.00E+02	4.81E+01	4.87E+01	5.89E+00	3.12E+00
$std \varepsilon_{G,t}$	0.00E+00	1.00E+02	3.95E-02	4.05E-02	6.24E-03	3.33E-03
$std \varepsilon_{K,t}$	0.00E+00	1.00E+02	1.11E-01	1.12E-01	1.67E-02	9.34E-03
$std \varepsilon_{L,t}$	0.00E+00	1.00E+02	4.46E+01	4.48E+01	1.15E+01	3.75E+00
$std \varepsilon_{M,t}$	0.00E+00	1.00E+02	9.41E+00	9.33E+00	1.40E+00	6.67E-01
$std \varepsilon_{NX,t}$	0.00E+00	1.00E+02	7.02E+01	7.06E+01	8.89E+00	4.42E+00
$std \varepsilon_{R,t}$	0.00E+00	1.00E+02	4.44E-02	4.48E-02	5.84E-03	3.52E-03
$std \varepsilon_{T,t}$	0.00E+00	1.00E+02	5.41E-01	5.43E-01	1.31E-01	5.06E-02
$std \varepsilon_{\theta,t}$	0.00E+00	1.00E+02	8.78E+01	8.66E+01	1.63E+01	6.13E+00
$std \varepsilon_{Y,t}$	0.00E+00	1.00E+02	1.28E-02	3.34E-02	2.00E-02	1.00E-01
α_K	1.00E-01	9.90E-01	4.51E-01	4.51E-01	4.39E-03	2.06E-03
φ_P	-2.00E+01	2.00E+01	-1.70E+01	-1.60E+01	1.79E+00	2.52E+00
γ_G	-9.99E-01	9.99E-01	6.30E-01	6.32E-01	3.95E-02	2.03E-02

Параметр	Априорное распределение		Оценка МП (апостериорная мода)	Апостериорное среднее	Стандартное отклонение МП	Апостериорное стандартное отклонение
	Нижняя граница	Верхняя граница				
γ_{GB}	0.00E+00	6.00E+00	1.98E+00	1.99E+00	2.15E-01	1.58E-01
γ_{GY}	-6.00E+00	6.00E+00	-8.38E-01	-8.44E-01	9.49E-02	1.55E-01
γ_{NX}	-9.99E-01	9.99E-01	9.99E-01	9.99E-01	1.06E-05	3.73E-05
γ_{NXB}	0.00E+00	1.00E+01	4.45E-04	4.43E-04	1.25E-06	1.43E-05
γ_R	-9.99E-01	9.99E-01	8.02E-01	7.87E-01	6.13E-02	5.91E-02
γ_{RDM}	-5.00E+00	5.00E+00	-1.38E+00	-1.38E+00	1.23E-01	9.25E-02
γ_{RM}	-5.00E+00	5.00E+00	-4.65E-03	-4.90E-03	1.87E-03	9.47E-04
γ_{RP}	0.00E+00	5.00E+00	4.96E-07	1.62E-03	1.22E-06	7.57E-03
γ_{RY}	-5.00E+00	5.00E+00	4.47E-01	4.50E-01	4.92E-02	9.29E-02
γ_T	-9.99E-01	9.99E-01	4.03E-02	4.20E-02	1.35E-02	3.17E-02
γ_{TB}	-6.00E+00	0.00E+00	-6.00E+00	-5.94E+00	2.26E-05	2.08E-01
γ_{TY}	-6.00E+00	6.00E+00	6.00E+00	5.88E+00	2.31E-05	4.03E-01
$\eta_{0,\beta}$	-2.00E-02	0.00E+00	-6.28E-04	-6.27E-04	1.28E-06	1.46E-05
$\eta_{0,DW}$	-1.00E+01	1.00E+01	9.00E-01	9.03E-01	8.33E-02	5.11E-02
$\eta_{0,G}$	-2.00E+00	-1.50E+00	-1.60E+00	-1.60E+00	1.15E-02	5.89E-03
$\eta_{0,K}$	-1.00E-02	1.00E-02	-4.12E-03	-4.12E-03	1.62E-06	7.32E-06
$\eta_{0,M}$	-2.00E+01	2.00E+01	-9.14E+00	-9.14E+00	6.57E-01	3.30E-01
$\eta_{0,NX}$	-1.00E+01	1.00E+01	5.20E-01	5.20E-01	5.38E-02	4.19E-02
$\eta_{0,R}$	0.00E+00	5.00E-02	3.37E-03	3.48E-03	8.36E-04	3.96E-04
$\eta_{0,\theta}$	4.00E+00	2.00E+01	2.00E+01	1.99E+01	6.90E-05	2.24E-01
$\eta_{0,T}$	-2.00E+00	-1.50E+00	-1.61E+00	-1.61E+00	1.19E-02	5.99E-03
$\eta_{0,Y}$	-2.00E+01	2.00E+01	-3.05E+00	-3.05E+00	1.06E-01	9.13E-02
$\eta_{1,\beta}$	-9.99E-01	9.99E-01	-4.69E-01	-4.66E-01	5.04E-02	5.35E-02
$\eta_{1,DW}$	-9.99E-01	9.99E-01	-9.99E-01	-9.12E-01	8.32E-06	2.81E-01
$\eta_{1,G}$	-9.99E-01	9.99E-01	-2.36E-01	-2.33E-01	2.55E-02	3.30E-02
$\eta_{1,K}$	-9.99E-01	9.99E-01	9.64E-01	9.64E-01	8.96E-03	4.16E-03
$\eta_{1,L}$	-9.99E-01	9.99E-01	9.91E-01	9.91E-01	2.68E-03	1.12E-03
$\eta_{1,M}$	-9.99E-01	9.99E-01	9.24E-01	9.24E-01	2.23E-02	9.32E-03
$\eta_{1,NX}$	-9.99E-01	9.99E-01	-3.96E-01	-3.96E-01	3.93E-02	3.03E-02
$\eta_{1,R}$	-9.99E-01	9.99E-01	9.62E-02	9.53E-02	1.33E-02	2.56E-02
$\eta_{1,T}$	-9.99E-01	9.99E-01	9.48E-01	9.46E-01	2.18E-02	1.26E-02
$\eta_{1,\theta}$	-9.99E-01	9.99E-01	8.95E-01	8.93E-01	2.10E-02	8.24E-03
$\eta_{1,Y}$	-9.99E-01	9.99E-01	9.89E-01	9.46E-01	1.01E-01	6.66E-02
ω_C	0.00E+00	2.00E+01	5.30E+00	5.31E+00	3.28E-01	1.84E-01
ω_L	0.00E+00	2.00E+01	1.15E+01	1.16E+01	1.21E+00	9.95E-01
ω_M	0.00E+00	2.00E+01	6.49E-01	6.52E-01	6.30E-02	5.74E-02
δ	1.00E-02	1.00E-01	1.00E-02	1.00E-02	1.22E-06	9.19E-06
\bar{i}	-2.00E+01	2.00E+01	2.31E+00	2.31E+00	1.86E-01	1.59E-01

Таблица А2. Оценка параметров модели М2
(с государством, проводящим оптимальную политику)

Параметр	Априорное распределение		Оценка МП (апостериорная мода)	Апостериорное среднее	Стандартное отклонение МП	Апостериорное стандартное отклонение
	Нижняя граница	Верхняя граница				
$std \varepsilon_{\beta,t}$	0.00E+00	1.00E+02	3.26E+00	3.29E+00	8.52E-01	1.15E-01
$std \varepsilon_{DW,t}$	0.00E+00	1.00E+02	6.30E-04	1.01E-01	6.49E-02	3.57E-01
$std \varepsilon_{G,t}$	0.00E+00	1.00E+02	2.30E-02	2.31E-02	5.41E-03	7.06E-04
$std \varepsilon_{K,t}$	0.00E+00	1.00E+02	2.70E-02	2.81E-02	2.17E-02	4.60E-03
$std \varepsilon_{L,t}$	0.00E+00	1.00E+02	1.93E+00	1.91E+00	6.35E-01	7.20E-02
$std \varepsilon_{M,t}$	0.00E+00	1.00E+02	1.84E+01	1.83E+01	4.97E+00	5.86E-01
$std \varepsilon_{NX,t}$	0.00E+00	1.00E+02	2.10E+00	2.10E+00	6.18E-01	7.35E-02
$std \varepsilon_{R,t}$	0.00E+00	1.00E+02	6.16E+00	6.21E+00	1.18E+00	2.58E-01
$std \varepsilon_{T,t}$	0.00E+00	1.00E+02	4.38E-03	1.33E-02	3.01E-02	2.03E-02
$std \varepsilon_{\theta,t}$	0.00E+00	1.00E+02	5.53E+00	5.55E+00	1.44E+00	3.37E-01
$std \varepsilon_{Y,t}$	0.00E+00	1.00E+02	5.11E+00	5.15E+00	6.88E-01	1.69E-01
α_K	1.00E-01	9.90E-01	2.19E-01	2.19E-01	1.05E-05	8.22E-05
β_G	-2.00E-01	0.00E+00	-3.75E-08	-3.25E-05	1.16E-05	4.92E-05
φ_P	-2.00E+01	2.00E+01	-1.79E+01	-1.64E+01	8.02E+00	2.14E+00
γ_{NX}	-9.99E-01	9.99E-01	9.73E-01	9.73E-01	1.01E-02	1.06E-03
γ_{NXB}	0.00E+00	1.00E+01	4.08E-02	4.08E-02	4.14E-02	9.74E-03
γ_B	0.00E+00	1.00E+02	1.68E-02	1.69E-02	6.69E-03	1.33E-03
γ_{DGY}	0.00E+00	1.00E+02	2.52E+00	2.57E+00	1.37E+00	2.28E-01
γ_{DP}	0.00E+00	1.00E+02	1.49E+01	1.49E+01	1.75E+00	2.71E-01
γ_{DR}	0.00E+00	1.00E+02	4.54E+01	4.50E+01	1.33E+01	2.17E+00
γ_{DT}	0.00E+00	1.00E+02	1.00E+02	9.90E+01	3.38E-03	3.57E+00
γ_{DY}	0.00E+00	1.00E+02	4.23E+01	4.84E+01	9.46E+04	2.63E+01
γ_{GY}	0.00E+00	1.00E+02	1.42E+01	1.42E+01	5.61E-04	2.24E-01
γ_M	0.00E+00	1.00E+02	3.41E-03	3.41E-03	5.33E-06	1.86E-05
γ_Y	0.00E+00	1.00E+02	4.90E+01	4.90E+01	6.52E+04	2.63E+01
γ_{YD}	0.00E+00	1.00E+02	1.40E-03	3.59E+00	3.81E-02	1.27E+01
$\eta_{0,\beta}$	-2.00E-02	0.00E+00	-6.78E-03	-6.77E-03	5.36E-06	3.68E-05
$\eta_{0,DW}$	-1.00E+01	1.00E+01	-4.18E-01	-4.18E-01	1.53E-02	2.58E-03
$\eta_{0,G}$	-2.00E+00	-1.50E+00	-1.68E+00	-1.68E+00	9.05E-05	5.31E-04
$\eta_{0,K}$	-1.00E-02	1.00E-02	4.83E-03	4.83E-03	5.36E-06	4.61E-05
$\eta_{0,M}$	-2.00E+01	2.00E+01	4.99E+00	4.99E+00	2.09E-04	7.87E-03
$\eta_{0,NX}$	-1.00E+01	1.00E+01	4.11E-01	4.11E-01	1.92E-05	9.97E-04
$\eta_{0,R}$	0.00E+00	5.00E-02	3.77E-03	3.76E-03	6.61E-06	2.13E-05
$\eta_{0,\theta}$	4.00E+00	2.00E+01	4.00E+00	4.01E+00	1.14E-04	2.43E-02
$\eta_{0,T}$	-2.00E+00	-1.50E+00	-1.85E+00	-1.85E+00	8.08E-05	8.74E-04
$\eta_{0,Y}$	-2.00E+01	2.00E+01	-5.74E+00	-5.74E+00	2.36E-04	4.22E-04
$\eta_{1,\beta}$	-9.99E-01	9.99E-01	9.96E-01	9.96E-01	1.00E-03	1.19E-04

Параметр	Априорное распределение		Оценка МП (апостериорная мода)	Апостериорное среднее	Стандартное отклонение МП	Апостериорное стандартное отклонение
	Нижняя граница	Верхняя граница				
$\eta_{I,DW}$	-9.99E-01	9.99E-01	2.90E-01	2.42E-01	1.38E-01	2.09E-01
$\eta_{I,G}$	-9.99E-01	9.99E-01	8.72E-02	8.28E-02	8.80E-02	2.28E-02
$\eta_{I,K}$	-9.99E-01	9.99E-01	9.47E-01	9.47E-01	4.38E-02	1.07E-02
$\eta_{I,L}$	-9.99E-01	9.99E-01	8.37E-01	8.35E-01	7.30E-02	6.14E-03
$\eta_{I,M}$	-9.99E-01	9.99E-01	9.66E-01	9.65E-01	9.79E-03	1.42E-03
$\eta_{I,NX}$	-9.99E-01	9.99E-01	-3.32E-01	-3.36E-01	3.18E-01	2.03E-02
$\eta_{I,R}$	-9.99E-01	9.99E-01	8.10E-01	8.09E-01	4.65E-02	7.97E-03
$\eta_{I,T}$	-9.99E-01	9.99E-01	-8.19E-01	-7.33E-01	3.18E-01	2.58E-01
$\eta_{I,\theta}$	-9.99E-01	9.99E-01	9.47E-01	9.47E-01	1.40E-02	3.28E-03
$\eta_{I,Y}$	-9.99E-01	9.99E-01	9.98E-01	9.98E-01	1.07E-04	8.73E-05
ω_C	0.00E+00	2.00E+01	8.21E+00	8.21E+00	3.28E-04	1.02E-02
ω_L	0.00E+00	2.00E+01	2.00E+01	1.99E+01	6.80E-04	2.05E-01
ω_M	0.00E+00	2.00E+01	3.68E+00	3.68E+00	1.48E-04	2.50E-03
δ	1.00E-02	1.00E-01	9.61E-02	9.61E-02	5.37E-06	1.56E-04
\bar{i}	-2.00E+01	2.00E+01	8.41E+00	8.41E+00	3.36E-04	7.61E-04