



Банк России

Квартальная прогнозная модель России

МАРТ 2021

Орлов Андрей

Банк России, Департамент денежно-кредитной политики

E-mail: orlovad@cbr.ru

Все права защищены. Содержание доклада отражает личную позицию автора и может не совпадать с официальной позицией Банка России. Банк России не несет ответственности за содержание доклада. Любое воспроизведение представленных материалов допускается только с разрешения автора.

Адрес: 107016, Москва, ул. Неглинная, 12

Телефоны: +7 499 300-30-00, +7 495 621-64-65 (факс)

Официальный сайт Банка России: www.cbr.ru

© Центральный банк Российской Федерации, 2021

Содержание

Введение	4
Структура Квартальной прогнозной модели	6
Выпуск и агрегированный спрос	6
Агрегированное предложение	8
Относительные цены	9
Правило денежно-кредитной политики	10
Срочная структура процентных ставок	11
Бюджетная политика	12
Условие отсутствия арбитража на финансовых рынках	16
Внешний блок	18
Анализ трансмиссионного механизма	19
Список литературы	28

Введение

Квартальная прогнозная модель (КПМ) разрабатывается в Банке России в качестве аналитического инструмента для анализа и прогнозирования российской экономики с 2007 года¹. В настоящее время КПМ, вместе с рядом DSGE-моделей², используется для среднесрочного прогнозирования, анализа и выработки рекомендаций по денежно-кредитной политике, а также сценарного анализа и разработки стресс-тестов.

Квартальная прогнозная модель основана на приведенной форме логлинеаризованной простой новокейнсианской DSGE-модели для малой открытой экономики. Каркасом модели являются четыре поведенческих уравнения: *кривая агрегированного спроса* (уравнение Эйлера), описывающая взаимосвязь совокупного спроса и процентной ставки, *кривая агрегированного предложения* (кривая Филлипса), определяющая взаимосвязь инфляции и выпуска, *правило денежно-кредитной политики* (правило Тейлора), определяющее правило установления ключевой ставки и *условие отсутствия арбитража на финансовых рынках* (уравнение непокрытого паритета), задающее взаимосвязь отечественной и зарубежной процентных ставок и динамики валютного курса.

В основе новокейнсианских моделей лежат две ключевые предпосылки, обуславливающие отсутствие нейтральности денег, т. е. возможности номинальных денежных показателей (денежная масса, номинальные процентные ставки) оказывать влияние на реальные величины по крайней мере в кратком и среднесрочном периоде: предположение о несовершенной конкуренции на товарных и (или) факторных рынках и предположение о жесткости цен. Эти основополагающие предпосылки образуют ядро трансмиссионного механизма денежно-кредитной политики центрального банка — его способность через изменение номинальных показателей влиять на реальные величины в экономике и, в конечном счете, на инфляцию.

Квартальная прогнозная модель основывается на приведенной форме исходной стандартной DSGE-модели для малой открытой экономики, т. е. является результатом решения отдельных оптимизационных задач экономических агентов — потребителей, фирм, государства — при выполнении условий равновесия на товарных и факторных рынках. Тем не менее исходные оптимизационные задачи агентов явно не сформулированы. Такой подход позволяет отойти от жесткой структуры DSGE-моделей и выбрать спецификацию модели, более точно соответствующую эмпирическим страновым фактам — поэтому подобные модели иногда именуется полуструктурными. Ценой такой гибкости, однако, становится некоторый отход от академичности и теоретической обоснованности модельного подхода. В частности, текущая версия КПМ абстрагируется от моделирования отдельных компонент конечного спроса, факторов производства и балансовых показателей.

В дополнение к отмеченным выше четырём блокам, лежащим в основе

¹См. Бородин, Горбова и др. (2008) и Бородин (2014).

²См. Селезнев и Крепцев (2016), Селезнев и Крепцев (2017).

Квартальной прогнозной модели, отдельный акцент делается на моделировании бюджетного импульса, ценовой динамики компонент потребительской корзины, относительных цен и временной структуры процентных ставок, элементов нерациональности ожиданий. Являясь линейной моделью, КПМ не может быть использована для ретроспективного анализа периодов с разной денежно-кредитной и валютной политикой. Как следствие, настоящая структура модели адаптирована к текущему режиму инфляционного таргетирования при плавающем валютном курсе и функционировании бюджетного правила³.

Текущая версия КПМ развивает модели в работах [Бородин, Горбова и др. \(2008\)](#) и [Бородин \(2014\)](#), используя накопленный опыт моделирования и прогнозирования в рамках регулярных объединенных прогнозных раундов процесса подготовки принятия решений в области денежно-кредитной политики Банка России, а также опыт построения полуструктурных новокейнсианских моделей для целей анализа и прогнозирования денежно-кредитной политики ряда центральных банков и международных организаций — см. модель для Чехии в [Beneš, Hledik и др. \(2003\)](#), Новой Зеландии в [Kirker \(2008\)](#), Хорватии в [Ravnik и Bokan \(2018\)](#), Венгрии в [Szilágyi, Baksa и др. \(2013\)](#), Южной Африки в [Botha, Jager и др. \(2017\)](#), Индии в [Beneš, Clinton и др. \(2017\)](#), модели для Канады, США, еврозоны и Японии в [J. Laxton, Ermolaev и др. \(2008\)](#), [Adrian, D. Laxton и др. \(2018\)](#), [Gervais и Gosselin \(2014\)](#) и [Angelini, Bokan и др. \(2019\)](#), модели для Чехии, Германии и Австрии в [Kamenik, Tuma и др. \(2013\)](#), модель для стран Евразийского экономического союза в [Демиденко, Карачун и др. \(2016\)](#).

³Совершенствование, расширение модели КПМ и уточнение ее параметризации ведутся в Банке России на постоянной основе. В данной статье представлено описание структуры и калибровки по состоянию на март 2020 года.

Структура Квартальной прогнозной модели

В данном разделе описаны основные блоки и поведенческие уравнения Квартальной прогнозной модели, ряд уравнений, являющихся тождествами или определениями, опущены. Большая часть структурных уравнений сформулирована в разрывах — отклонениях от траектории устойчивого роста, представленной набором трендов для основных переменных, большая часть которых моделируется простой авторегрессией. Разрывы и тренды переменных моделируются одновременно. В модельных уравнениях под переменной x_t понимается ее лог-уровень, умноженный на 100, а все процентные изменения и процентные ставки записаны в логарифмической форме в годовом выражении.

Выпуск и агрегированный спрос

Уровень выпуска y_t является суммой потенциального выпуска \bar{y}_t и его разрыва \hat{y}_t :

$$y_t = \bar{y}_t + \hat{y}_t.$$

Изменение потенциального выпуска, $\Delta\bar{y}_t$, представлено авторегрессией первого порядка с меняющимся во времени средним $\Delta\bar{y}_t^{lr}$:

$$\Delta\bar{y}_t = \rho_{\Delta\bar{y}}\Delta\bar{y}_{t-1} + (1 - \rho_{\Delta\bar{y}})\Delta\bar{y}_t^{lr} + \varepsilon_t^{\Delta\bar{y}}, \quad (1)$$

$$\Delta\bar{y}_t^{lr} = \rho_{\Delta\bar{y}^{lr}}\Delta\bar{y}_{t-1}^{lr} + (1 - \rho_{\Delta\bar{y}^{lr}})\Delta\bar{y}^{ss} - \eta\zeta_t + \varepsilon_t^{\Delta\bar{y}^{lr}}, \quad (2)$$

$$\zeta_t = \Delta\bar{y}_t^{lr} - \sum_{\tau=-12}^{12}\Delta\bar{y}_{t+\tau}/25.$$

В спецификации (2) присутствует эффект гистерезиса: среднее $\Delta\bar{y}_t^{lr}$ в текущем периоде корректируется на его отклонение от среднего за 6 лет прироста потенциального выпуска. Таким образом, $\Delta\bar{y}_t^{lr}$ соответствует равновесному приросту выпуска в текущем деловом цикле.

Как было отмечено во введении, КПМ абстрагируется от моделирования факторов производства, тем не менее, под простой авторегрессионной формой уравнения (1) подразумевается некая производственная функция, сопоставляющая комбинации факторов производства (труда, капитала, технологий) определенный уровень потенциального выпуска \bar{y}_t .

Кривая агрегированного спроса в модели основана на модифицированном результате решения задачи репрезентативного потребителя в равновесии — уравнением Эйлера:

$$\hat{y}_t = \beta_{fwd}\mathbb{E}_t\hat{y}_{t+1} + \beta_{lag}\hat{y}_{t-1} - \beta_r\hat{r}_{t-1}^m + \beta_z\hat{z}_{t-1} + \beta_f\hat{y}_t^f + \beta_q\hat{q}_t^{oil} + \varkappa_t + \varepsilon_t^{\hat{y}}, \quad (3)$$

где \mathbb{E}_t — оператор условного математического ожидания (по информации на момент t), \hat{r}_{t-1}^m — лаг разрыва реальной рыночной процентной ставки сроком до года⁴, \hat{z}_{t-1} — лаг разрыва реального курса (рост \hat{z}_t означает ослабление

⁴В качестве наблюдаемой переменной для номинальной рыночной процентной ставки до года используется номинальная ставка по кредитам НФО до года.

реального курса), \hat{y}_t^f — разрыв внешнего выпуска⁵, \hat{q}_t^{oil} — разрыв реальной цены на нефть, \varkappa_t — бюджетный стимул, ε_t^y — шок спроса. Поскольку в КПМ явно не моделируются компоненты конечного спроса, уравнение Эйлера (3) специфицировано не для потребительского спроса, а для выпуска в целом, поэтому помимо ожидания и лага разрыва выпуска и процентной ставки, в него включены дополнительные переменные, отвечающие за эффекты на другие компоненты конечного спроса — инвестиции, экспорт и импорт.

Увеличение разрыва реальной рыночной процентной ставки в (3) повышает цену текущего потребления (инвестиций) в терминах будущего потребления (инвестиций), т. е. при прочих равных делает более выгодным сбережение по сравнению с текущим расходованием, что приводит к снижению разрыва выпуска. Ослабление реального курса (рост \hat{z}_t), с одной стороны, делает более выгодным потребление (инвестирование) с использованием отечественных товаров по сравнению с импортными, с другой — повышает конкурентоспособность отечественных товаров на внешних рынках, что совокупно способствует увеличению разрыва выпуска. Рост внешнего спроса также стимулирует экспортно ориентированные производства, в результате разрыв выпуска растет. Включение бюджетного импульса — стимулирующего (или сдерживающего) эффекта от бюджетно-налоговой политики — отражает наличие экономических агентов, расходы которых зависят от текущих чистых выплат со стороны государственного сектора. Наконец, рост реальной цены на нефть означает больший уровень экспортных доходов при том же объеме добычи сырья, что через эффект дохода (помимо влияния через бюджетный импульс) стимулирует потребительский и инвестиционный спрос и способствует росту разрыва выпуска. Включение лага разрыва выпуска позволяет отразить инертность подстройки экономики к отмеченным выше факторам, неявно подразумевая также наличие реальных жесткостей — например, привычек в потреблении, издержек подстройки капитала и прочее.

В уравнении агрегированного спроса (3) переменные процентной ставки и реального курса стоят с лагами, что привносит дополнительную жесткость в трансмиссионный механизм денежно-кредитной политики и подразумевает большую инертность подстройки конечного спроса к изменениям фундаментальных факторов, чем это обычно предполагается в академических DSGE-моделях.

Годовой прирост номинального ВВП, $\Delta^4 y^{nom}$, определяется из соотношения

$$\Delta^4 y^{nom} = \Delta^4 y + \pi^4 defl,$$

где $\Delta^4 y$ — прирост реального ВВП г/г, $\pi^4 defl$ — дефлятор ВВП г/г⁶.

⁵В качестве наблюдаемой переменной для разрыва внешнего выпуска используется взвешенное среднее разрывов ВВП США и еврозоны с весами бивалютной корзины.

⁶См. в разделе «Агрегированное предложение» соотношение для дефлятора ВВП.

Агрегированное предложение

Кривая агрегированного предложения в модели основана на результате решения задачи производителей на рынках монополистической конкуренции в предположении жесткостей в ценообразовании «по Кальво» — кривой Филлипса⁷. Квартальная прогнозная модель включает отдельные кривые Филлипса для инфляции продовольственных (f) и непродовольственных товаров (nf) и услуг с исключением жилищно-коммунальных услуг (ЖКУ) (sxu):

$$\pi_t^k = \gamma_{fwd}^k \mathbb{E}_t^{w_\pi^k} \pi_{t+4}^k + (1 - \gamma_{fwd}^k) \pi_{t-1}^k + \gamma_y^k \hat{y}_{t-1} + \gamma_{\Delta z}^k \Delta \hat{z}_t - \gamma_\rho^k \hat{\rho}_t^k + \varepsilon_t^{\pi^k}, \quad (4)$$

где π_t^k — аннуализированная инфляция кв/кв компоненты $k \in \{f, nf, sxu\}$, π_{t-1}^k — инфляция г/г компоненты k , $\mathbb{E}_t^{w_\pi^k}$ — оператор взвешенных ожиданий с коэффициентом w_π^k , $\Delta \hat{z}_t$ — изменение реального курса, $\hat{\rho}_t^k$ — разрыв относительной цены компоненты k , $\varepsilon_t^{\pi^k}$ — шок издержек. Оператор взвешенных ожиданий \mathbb{E}_t^w с коэффициентом w определяется следующим образом⁸:

$$\mathbb{E}_t^w [x_{t+\tau}] := w x_{t-1} + (1 - w) \mathbb{E}_t [x_{t+\tau}].$$

Другими словами, взвешенные ожидания инфляции $\mathbb{E}_t^{w_\pi^k} \pi_{t+4}^k$ определяются как взвешенное среднее адаптивных и рациональных инфляционных ожиданий.

Увеличение разрыва выпуска в (4) подразумевает увеличение реальных предельных издержек (включающих реальную заработную плату и арендную цену капитала), что в условиях несовершенной конкуренции побуждает производителей более быстрыми темпами повышать цены для поддержания прибыльности своей деятельности. При этом благодаря жесткости ценообразования производители при выборе нового уровня цен вынуждены учитывать не только текущие, но и будущие значения реальных предельных издержек, что отражено в переменной ожидания будущей инфляции в (4). Производители, не переустанавливающие цену в данном периоде, ориентируются на прошлую инфляцию, что обуславливает наличие лага инфляции в (4).

Поскольку часть потребительской корзины составляют импортные товары, то изменения курса (отражены в $\Delta \hat{z}_t$ в (4)) напрямую влияют на их стоимость и, как следствие, на саму инфляцию π_t^k . Наконец, в кривых Филлипса в (4) также предполагается, что любые отклонения инфляции отдельной компоненты k , π_t^k , от общей инфляции, π_t , временные и постепенно затухают. Иными словами, положительный разрыв относительной цены $\hat{\rho}_t^k$ способствует более медленному росту компоненты k по сравнению с общим уровнем цен.

Инфляция ЖКУ определяется авторегрессией первого порядка со средним $\pi^{u,ss}$:

$$\pi_t^u = \rho_{\pi^u} \pi_{t-1}^u + (1 - \rho_{\pi^u}) \pi^{u,ss} + \varepsilon_t^{\pi^u}. \quad (5)$$

⁷Жесткость ценообразования «по Кальво» предполагает, что каждый период только определенная доля производителей, выбираемых случайно, может устанавливать новую цену.

⁸Из этого определения следует, что $\mathbb{E}_t^0 [x_{t+\tau}] = \mathbb{E}_t [x_{t+\tau}]$.

Дефлятор ВВП моделируется на основе ценовых факторов, влияющих на динамику дефляторов отдельных компонентов ВВП по конечному использованию:

$$\pi 4_t^{defl} = \alpha_{cpi}^{defl} \pi 4_t + \alpha_{oil}^{defl} (\Delta^4 p_t^{oil} + \Delta^4 s_t) - (\alpha_{cpi}^{defl} + \alpha_{oil}^{defl} - 1) (\pi 4_t^* + \Delta^4 s_t) + e_t^{\pi 4^{defl}}, \quad (6)$$

$$e_t^{\pi 4^{defl}} = \rho_{defl} e_{t-1}^{\pi 4^{defl}} + \varepsilon_t^{\pi 4^{defl}}.$$

В (6) первое слагаемое отражает зависимость дефлятора внутреннего спроса от динамики потребительской инфляции, второе слагаемое отражает влияние инфляции рублевой цены на нефть на дефлятор экспорта и третье слагаемое отражает связь дефлятора импорта от динамики импортируемой инфляции.

Относительные цены

Для связи инфляции компоненты $k \in \{f, nf, sxu\}$, и общего уровня инфляции используется переменная относительного уровня цен ϱ_t^k — разности лог-уровней индекса потребительских цен (ИПЦ) компоненты k , p_t^k , и общего ИПЦ с исключением ЖКУ, p_t^{xu} , — динамика которого также разбивается на равновесный уровень, $\bar{\varrho}_t^k$, и разрыв, $\hat{\varrho}_t^k$:

$$\varrho_t^k = p_t^k - p_t^{xu},$$

$$\varrho_t^k = \bar{\varrho}_t^k + \hat{\varrho}_t^k.$$

Динамика изменения равновесной относительной цены продовольственных товаров определяется авторегрессией первого порядка со средним $\Delta \bar{\varrho}^{f,ss}$:

$$\Delta \bar{\varrho}_t^f = \rho_{\Delta \bar{\varrho}^f} \Delta \bar{\varrho}_{t-1}^f + (1 - \rho_{\Delta \bar{\varrho}^f}) \Delta \bar{\varrho}^{f,ss} + \varepsilon_t^{\Delta \bar{\varrho}^f}. \quad (7)$$

Динамика изменения равновесных относительных цен непродовольственных товаров (как прокси для цен торгуемых товаров) и услуг с исключением ЖКУ (как прокси для цен неторгуемых товаров) определяется эффектом Балассы-Самуэльсона, ξ_t , связанного с долгосрочным изменением производительности и реального курса ($\Delta \bar{z}_t$), и прочими факторами, ω_t , имеющими авторегрессионную структуру:

$$\Delta \bar{\varrho}_t^{nf} - \Delta \bar{\varrho}_t^{sxu} = \xi_t + \omega_t, \quad (8)$$

$$\xi_t = \rho_\xi \xi_{t-1} + (1 - \rho_\xi) \Delta \bar{z}_t + \varepsilon_t^\xi, \quad (9)$$

$$\omega_t = \rho_\omega \omega_{t-1} + \varepsilon_t^\omega.$$

Рост производительности труда приводит к повышению заработной платы и доходов в целом по экономике и в условиях относительно меньшей производительности (по сравнению с сектором торгуемых товаров) сектор неторгуемых товаров испытывает повышательное воздействие на свой уровень цен и происходит укрепление реального курса. В то же время цены торгуемых

товаров в большей степени привязаны к мировым, поэтому цены неторгуемых товаров растут относительно быстрее, что и отражено в спецификации (8)-(9).

Равновесные относительные цены, взвешенные с соответствующими весами продовольственной корзины, в сумме тождественны нулю:

$$0 = \alpha^f \bar{q}_t^f + \alpha^{nf} \bar{q}_t^{nf} + (1 - \alpha^f - \alpha^{nf}) \bar{q}_t^{sxu}.$$

Уровни наблюдаемого ИПЦ, p_t , ИПЦ с исключением ЖКУ, p_t^{xu} , и ИПЦ услуг с исключением ЖКУ, p_t^{sxu} , тождественны соответствующим взвешенным средним отдельных компонент с возможными ошибками агрегации, ε_t^p и ε_t^{ps} :

$$\begin{aligned} p_t &= \alpha^f p_t^f + \alpha^{nf} p_t^{nf} + (1 - \alpha^f - \alpha^{nf}) p_t^s + \omega_t^p, & \omega_t^p &= \omega_{t-1}^p + \varepsilon_t^p, \\ p_t^{xu} &= \left(\frac{\alpha^f}{1 - \alpha^u} \right) p_t^f + \left(\frac{\alpha^{nf}}{1 - \alpha^u} \right) p_t^{nf} + \left(\frac{1 - \alpha^f - \alpha^{nf}}{1 - \alpha^u} \right) p_t^{sxu}, \\ p_t^s &= \left(\frac{1 - \alpha^u}{1 - \alpha^f - \alpha^{nf}} \right) p_t^{sxu} + \left(\frac{\alpha^u}{1 - \alpha^f - \alpha^{nf}} \right) p_t^u + \varepsilon_t^{ps}. \end{aligned}$$

Правило денежно-кредитной политики

В модели монетарный регулятор устанавливает номинальную процентную ставку, i_t , согласно правилу, в котором он реагирует на ожидаемое отклонение инфляции от цели и выпуска от потенциального уровня, сглаживая изменения процентной ставки:

$$i_t = \rho_i i_{t-1} + (1 - \rho_i) (i_t^n + \varphi_\pi (\mathbb{E}_t^{w\pi} \pi 4_{t+3}^{xu} - \mathbb{E}_t \bar{\pi} 4_{t+3}^{xu}) + \varphi_y \hat{y}_t) + \varepsilon_t^i, \quad (10)$$

$$i_t^n = \bar{r}_t + \mathbb{E}_t^{w\pi} \pi 4_{t+3}^{xu},$$

где i_t^n — номинальная нейтральная процентная ставка, $\mathbb{E}_t^{w\pi} \pi 4_{t+3}^{xu}$ — ожидаемый регулятором уровень общей инфляции с исключением ЖКУ г/г через 3 квартала⁹, $\bar{\pi} 4_{t+3}^{xu}$ — целевой уровень общей инфляции с исключением инфляции ЖКУ г/г через 3 квартала, ε_t^i — шок денежно-кредитной политики, \bar{r}_t — равновесная реальная процентная ставка.

Уравнение (10) является модификацией стандартного правила Тейлора. В спецификации (10) центральный банк таргетирует годовую инфляцию через 3 квартала, т. е. ориентируется на среднюю квартальную инфляцию за текущий и будущий кварталы — о которых регулятор обладает относительно более точной информацией — и кварталы $t+2$ и $t+3$ — ожидания инфляции в которых уже менее определены.

Равновесная реальная процентная ставка определяется из аналога уравнения непокрытого паритета для равновесных реальных величин — как сумма зарубежной равновесной реальной ставки, \bar{r}_t^* , равновесной страновой премии

⁹См. в разделе «Агрегированное предложение» определение оператора \mathbb{E}_t^w .

за риск, $\bar{\vartheta}_t^c$ и ожидаемого ослабления равновесного реального курса, $\mathbb{E}_t \Delta \bar{z}_{t+1}$, с возможностью сглаживания изменения с коэффициентом $\rho_{\bar{r}}$:

$$\bar{r}_t = \rho_{\bar{r}} \bar{r}_{t-1} + (1 - \rho_{\bar{r}})(\bar{r}_t^* + \bar{\vartheta}_t^c + \mathbb{E}_t \Delta \bar{z}_{t+1}). \quad (11)$$

В малой открытой экономике на долгосрочном горизонте реальная процентная ставка внутри страны определяется условием отсутствия арбитража на финансовых рынках, т. е. формируется под влиянием зарубежной реальной ставки с поправкой на премию за риск и фундаментальные изменения реального курса.

Срочная структура процентных ставок

В квартальной прогнозной модели кривая агрегированного спроса зависит от реальной рыночной процентной ставки. Под последней подразумевается реальная рыночная процентная ставка сроком до года¹⁰ и связана с процентной ставкой центрального банка через срочную структуру процентных ставок. В частности, предполагается выполнение гипотезы ожиданий временной структуры процентных ставок с поправкой на внутреннюю премию за риск, ϑ_t^m , и элемент сглаживания:

$$i_t^m = \rho_{i^m} i_{t-1}^m + (1 - \rho_{i^m}) \left(\frac{1}{4} \sum_{\tau=0}^3 \mathbb{E}_t i_{t+\tau} + \vartheta_t^m \right) + \varepsilon_t^{i^m}, \quad (12)$$

где $\varepsilon_t^{i^m}$ — шок рыночной процентной ставки, связанный с отклонением от предполагаемой теории временной структуры процентных ставок. Внутренняя премия за риск ϑ_t^m является суммой равновесной премии $\bar{\vartheta}_t^m$ и ее разрыва $\hat{\vartheta}_t^m$, динамика которых задается простыми авторегрессиями первого порядка:

$$\begin{aligned} \vartheta_t^m &= \bar{\vartheta}_t^m + \hat{\vartheta}_t^m, \\ \bar{\vartheta}_t^m &= \rho_{\bar{\vartheta}^m} \bar{\vartheta}_{t-1}^m + (1 - \rho_{\bar{\vartheta}^m}) \bar{\vartheta}^{m,ss} + \varepsilon_t^{\bar{\vartheta}^m}, \\ \hat{\vartheta}_t^m &= \rho_{\hat{\vartheta}^m} \hat{\vartheta}_{t-1}^m + \varepsilon_t^{\hat{\vartheta}^m}. \end{aligned}$$

Реальная рыночная процентная ставка, r_t^m , определяется из соотношения Фишера как разность между номинальной рыночной процентной ставкой и ожидаемой инфляцией с исключением инфляции ЖКУ через год:

$$r_t^m = i_t^m - \mathbb{E}_t^{w\pi} \pi 4_{t+4}^{xu}. \quad (13)$$

Разрыв реальной рыночной процентной ставки определяется как разность реальной рыночной процентной ставки и ее равновесного значения, задаваемого как сумма равновесной реальной процентной ставки и равновесной внутренней премии за риск:

$$\begin{aligned} \hat{r}_t^m &= r_t^m - \bar{r}_t^m, \\ \bar{r}_t^m &= \bar{r}_t + \bar{\vartheta}_t^m. \end{aligned} \quad (14)$$

¹⁰В отсутствие полноценного банковского сектора в модели включение более долгих ставок является прокси для лага трансмиссии процентной ставки регулятора на другие ступени финансовой системы, непосредственно взаимодействующими с потребителями и производителями.

Бюджетная политика

Бюджетная политика представлена *ad-hoc* структурой с фокусом на агрегированных показателях доходов и расходов бюджетной системы.¹¹ Доходы и расходы консолидированного бюджета, \mathcal{R}_t^{gen} и \mathcal{E}_t^{gen} , раскладываются на доходы и расходы федерального бюджета, \mathcal{R}_t^{fed} и \mathcal{E}_t^{fed} , и доходы и расходы бюджета субъектов и внебюджетных фондов¹² (далее — субъектов), \mathcal{R}_t^{reg} и \mathcal{E}_t^{reg} :

$$\begin{aligned}\mathcal{R}_t^{gen} &= \mathcal{R}_t^{fed} + \mathcal{R}_t^{reg}, \\ \mathcal{E}_t^{gen} &= \mathcal{E}_t^{fed} + \mathcal{E}_t^{reg}.\end{aligned}$$

Доходы федерального бюджета декомпозируются на ненефтегазовые, $\mathcal{R}_t^{no,fed}$, и нефтегазовые доходы, \mathcal{R}_t^o , а также доходы, косвенно обеспеченные трансфертом из Фонда национального благосостояния¹³ (далее — ФНБ), \mathcal{R}_t^{wf} :

$$\mathcal{R}_t^{fed} = \mathcal{R}_t^{no,fed} + \mathcal{R}_t^o + \mathcal{R}_t^{wf}.$$

Ненефтегазовые доходы в отношении к номинальному ВВП имплицитно определяют эффективную среднюю ставку налога, $\tau_t^{no,fed}$, которая моделируется исходя из разложения на равновесную ставку, $\bar{\tau}_t^{no,fed}$, и разрыв, $\hat{\tau}_t^{no,fed}$:

$$\begin{aligned}\mathcal{R}_t^{no,fed} &= \tau_t^{no,fed}, \\ \tau_t^{no,fed} &= \bar{\tau}_t^{no,fed} + \hat{\tau}_t^{no,fed}.\end{aligned}$$

Равновесная налоговая ставка специфицирована авторегрессией со средним $\bar{\tau}_t^{no,tar,fed}$, которое следует случайному блужданию, разрыв налоговой ставки задан простой авторегрессией:

$$\begin{aligned}\bar{\tau}_t^{no,fed} &= \rho_{\bar{\tau}^{no,fed}} \bar{\tau}_{t-1}^{no,fed} + (1 - \rho_{\bar{\tau}^{no,fed}}) \bar{\tau}_t^{no,tar,fed} + \varepsilon_t^{\bar{\tau}^{no,fed}}, \\ \bar{\tau}_t^{no,tar,fed} &= \bar{\tau}_{t-1}^{no,tar,fed} + \varepsilon_t^{\bar{\tau}^{no,tar,fed}}, \\ \hat{\tau}_t^{no,fed} &= \rho_{\hat{\tau}^{no,fed}} \hat{\tau}_{t-1}^{no,fed} + \varepsilon_t^{\hat{\tau}^{no,fed}}.\end{aligned}\tag{15}$$

Соотношение для нефтегазовых доходов основано на линеаризации изменения отношения номинальных нефтегазовых доходов к ВВП вокруг среднего уровня, $\mathcal{R}^{o,ss}$, при предположении о стабильности нефте- и газодобычи и неизменности налогообложения нефтегазовой отрасли:

$$\mathcal{R}_t^o = \mathcal{R}_{t-1}^o + \mathcal{R}^{o,ss} (\Delta^4 \hat{p}_t^{oil} + \Delta^4 \hat{s}_t - \Delta^4 \hat{y}_t^{nom}) / 4 + e_t^{\mathcal{R}^o},\tag{16}$$

¹¹ Далее все показатели доходов и расходов приведены в %-ом отношении к скользящему за 12 месяцев номинальному ВВП.

¹² При такой разбивке под доходами бюджета субъектов и внебюджетных фондов понимаются собственные доходы, а под их расходами — «собственные расходы», т.е. без учета части расходов, обеспеченных трансфертами, субсидиями и субвенциями из федерального бюджета.

¹³ К этой категории, в частности, можно отнести доходы от продажи пакета ПАО «Сбербанк» за счет средств ФНБ. При этом формально они являются частью ненефтегазовых доходов.

$$e_t^{\mathcal{R}^o} = \rho_{e^{\mathcal{R}^o}} e_{t-1}^{\mathcal{R}^o} + \varepsilon_t^{\mathcal{R}^o}, \quad (17)$$

где $\Delta^4 \hat{p}_t^{oil}$ — изменение г/г разрыва номинальной цены на нефть, $\Delta^4 \hat{s}_t$ — изменение г/г разрыва номинального курса¹⁴

Доходы, косвенно обеспеченные трансфертом из ФНБ задаются случайным блужданием:

$$\mathcal{R}_t^{wf} = \mathcal{R}_{t-1}^{wf} + \varepsilon_t^{\mathcal{R}^{wf}}.$$

Из расходов федерального бюджета выделяются первичные расходы, $\mathcal{E}_t^{p,fed}$:

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_t^{p,fed} &= \mathcal{E}_t^{fed} - \mathcal{E}_t^{d,fed}, \\ \mathcal{E}_t^{d,fed} &= \mathcal{E}_{t-1}^{d,fed} + \varepsilon_t^{\mathcal{E}^{d,fed}}, \end{aligned} \quad (18)$$

где $\mathcal{E}_t^{d,fed}$ — расходы на обслуживание государственного долга. Соотношение (18) предполагает стабильность расходов на обслуживание государственного долга в % к ВВП, что согласуется с относительной стабильностью отношения государственного долга к ВВП за последнее десятилетие.

Согласно конструкции бюджетного правила, функционирующего с 2018 года, расходы федерального бюджета формируются исходя из всей суммы нефтегазовых доходов, базовых нефтегазовых доходов, расходов на обслуживание государственного долга и дополнительно 1% ВВП в рамках переходного периода в 2018 году и 0,5% ВВП в 2019-2024 годах в рамках финансирования Фонда развития. В модели предполагается, что регулятор исполняет расходы в соответствии с бюджетным правилом, $\mathcal{E}_t^{p,rule}$, и временной компонентой переходного периода (до 2024 года), $\tilde{\mathcal{E}}_t^{fed}$, с возможностью дискреционного отклонения от него и подстройки под фазу делового цикла¹⁵:

$$\mathcal{E}_t^{p,fed} = \rho_{\mathcal{E}^{p,fed}} \mathcal{E}_{t-1}^{p,fed} + (1 - \rho_{\mathcal{E}^{p,fed}}) (\mathcal{E}_t^{p,rule} + \tilde{\mathcal{E}}_t^{fed}) - \psi_{cycl}^{fed} (\sum_{\tau=0}^3 \hat{y}_{t-\tau} / 4) + \varepsilon_t^{\mathcal{E}^{p,fed}}, \quad (19)$$

$$\tilde{\mathcal{E}}_t^{fed} = \tilde{\mathcal{E}}_{t-1}^{fed} + \varepsilon_t^{\tilde{\mathcal{E}}^{fed}}.$$

Расходы согласно бюджетному правилу формируются из структурной компоненты, $\bar{\mathcal{E}}_t^{p,fed}$, и конъюнктурных нефтегазовых доходов, $\hat{\tau}_t^{no,fed} + \mathcal{R}_t^{wf}$. Структурная часть расходов сглаженно подстраивается к равновесным нефтегазовым доходам и базовым нефтегазовым доходам, $\bar{\mathcal{R}}_t^o$:

$$\mathcal{E}_t^{p,rule} = \bar{\mathcal{E}}_t^{p,fed} + \hat{\tau}_t^{no,fed} + \mathcal{R}_t^{wf},$$

$$\bar{\mathcal{E}}_t^{p,fed} = \rho_{\bar{\mathcal{E}}^{p,fed}} \bar{\mathcal{E}}_{t-1}^{p,fed} + (1 - \rho_{\bar{\mathcal{E}}^{p,fed}}) (\bar{\tau}_t^{no,fed} + \bar{\mathcal{R}}_t^o) + \varepsilon_t^{\bar{\mathcal{E}}^{p,fed}}.$$

Базовые нефтегазовые доходы моделируются по аналогии с (16)-(17)

$$\bar{\mathcal{R}}_t^o = \bar{\mathcal{R}}_{t-1}^o + \bar{\mathcal{R}}^{o,ss} (\Delta^4 \hat{p}_t^{oil,base} + \Delta^4 \hat{s}_t - \Delta^4 \hat{y}_t^{nom}) / 4 + e_t^{\bar{\mathcal{R}}^o}, \quad (20)$$

¹⁴Здесь под изменениями разрывов понимаются: $\Delta^4 \hat{p}_t^{oil} = \Delta^4 p_t^{oil} - \pi^{*,ss}$ и $\Delta^4 \hat{s}_t = \Delta^4 s_t - \Delta^4 \bar{s}_t$.

¹⁵Текущая спецификация бюджетного правила не предполагает контрцикличности в части расходов, формирующихся из нефтегазовых доходов. Тем не менее, в (19) предполагается, что регулятор — особенно в кризисные периоды — корректирует расходы, заложенные в бюджетном правиле, на фазу делового цикла.

$$e_t^{\bar{R}^o} = \rho_{e^{\bar{R}^o}} e_{t-1}^{\bar{R}^o} + \varepsilon_t^{\bar{R}^o}, \quad (21)$$

$$\Delta^4 p_t^{oil,base} = \Delta^4 \bar{q}_t^{oil} + \pi^{*,ss} + \varepsilon_t^{\Delta^4 p^{oil,base}}, \quad (22)$$

где $\Delta^4 \hat{p}_t^{oil,base}$ — изменение г/г разрыва номинальной базовой цены на нефть¹⁶.

В рамках описанной выше структуры доходов и расходов федерального бюджета под бюджетным стимулом от федерального бюджета, \varkappa_t^{fed} , подразумевается эффект на выпуск от дискреционных и временных шоков в части доходов и расходов, а также от адаптации к изменению их структурных компонент:

$$\varkappa_t^{fed} = \psi^{\mathcal{R}} \varphi_t^{\mathcal{R},fed} + \psi^{\mathcal{E}} \varphi_t^{\mathcal{E},fed}, \quad (23)$$

где $\varphi_t^{\mathcal{R},fed}$ и $\varphi_t^{\mathcal{E},fed}$ — бюджетный импульс от доходов и расходов федерального бюджета, а $\psi^{\mathcal{R}}$ и $\psi^{\mathcal{E}}$ — мультипликаторы доходов и расходов бюджетной системы¹⁷.

бюджетный импульс от доходов федерального бюджета определяется суммой дискреционных шоков и подстройкой к изменению структурной компоненты доходов:

$$\varphi_t^{\mathcal{R},fed} = -\varepsilon_t^{\hat{\tau}^{no,fed}} - \varepsilon_t^{\bar{R}^o} - \bar{\varphi}_t^{\mathcal{R},fed}, \quad (24)$$

$$\bar{\varphi}_t^{\mathcal{R},fed} = \varepsilon_t^{\bar{\tau}^{no,fed}} + (1 - \rho_{\bar{\tau}^{no,fed}}) \phi(\varepsilon_t^{\bar{\tau}^{no,tar,fed}}), \quad (25)$$

$$\varepsilon_t^{\bar{\tau}^{no,tar,fed}} = \bar{\tau}_t^{no,tar,fed} - \sum_{j=1}^8 \bar{\tau}_{t-j}^{no,tar,fed}, \quad (26)$$

$$\phi(\varepsilon_t) = \varepsilon_t + \rho_{\phi} \varepsilon_{t-1} + \rho_{\phi}^2 \varepsilon_{t-2} + \rho_{\phi}^3 \varepsilon_{t-3}, \quad (27)$$

где $\bar{\varphi}_t^{\mathcal{R},fed}$ — бюджетный импульс от структурной части ненефтегазовых доходов федерального бюджета, $\varepsilon_t^{\bar{\tau}^{no,tar,fed}}$ — шок от изменения ненефтегазовых доходов в результате изменения их структурной компоненты. В (24) импульс от нефтегазовых доходов считается при фиксированной цене на нефть (при базовой цене), и в определение совокупного импульса не включен импульс от доходов, косвенно обеспеченных трансфертом из ФНБ — они являются частью бюджетного импульса от расходов в спецификации (28). В спецификации (25)-(27) предполагается, что со стороны подстройки бюджета к изменению структурной части ненефтегазовых доходов влияние оказывают не только неожиданные изменения, $\varepsilon_t^{\bar{\tau}^{no,fed}}$, и $\varepsilon_t^{\bar{\tau}^{no,tar,fed}}$, но и фактическое отклонение равновесной эффективной налоговой ставки от среднего за предыдущие несколько лет, $\bar{\tau}_t^{no,tar,fed}$, при этом влияние последнего распределено во времени с лагами в соответствии с коэффициентами в функции ϕ в (27).

Бюджетный импульс от расходов федерального бюджета по аналогии определяется суммой дискреционных шоков и подстройкой к изменению структурной компоненты расходов:

$$\varphi_t^{\mathcal{E},fed} = \varepsilon_t^{\mathcal{E}^{p,fed}} + (1 - \rho_{\mathcal{E}^{p,fed}}) (\varepsilon_t^{\bar{\mathcal{E}}^{fed}} + \varepsilon_t^{\hat{\tau}^{no,fed}} + \varepsilon_t^{\mathcal{R}^{wf}}) + \bar{\varphi}_t^{\mathcal{E},fed}, \quad (28)$$

¹⁶Здесь под изменением разрыва понимается $\Delta^4 \hat{p}_t^{oil,base} = \Delta^4 p_t^{oil,base} - \pi^{*,ss}$.

¹⁷Здесь $\psi^{\mathcal{R}}$ — абсолютное значение мультипликатора доходов, а знак бюджетного импульса доходов и расходов определяется исходя из направленности влияния на выпуск.

$$\bar{\varphi}_t^{\mathcal{E},fed} = (1 - \rho_{\mathcal{E}^p,fed})(\bar{\varepsilon}_t^{\mathcal{E}^p,fed} + (1 - \rho_{\bar{\mathcal{E}}^p,fed})(\bar{\varepsilon}_t^{\bar{\mathcal{E}}^p,fed} + (1 - \rho_{\bar{\mathcal{E}}^{no,fed}})\phi(\bar{\varepsilon}_t^{\bar{\mathcal{E}}^{no,tar,fed}}) + \phi(\bar{\varepsilon}_t^{\bar{\mathcal{R}}^o}))), \quad (29)$$

$$\bar{\varepsilon}_t^{\bar{\mathcal{R}}^o} = \bar{\mathcal{R}}_t^o - \sum_{j=1}^8 \bar{\mathcal{R}}_{t-j}^o, \quad (30)$$

где $\bar{\varphi}_t^{\mathcal{E},fed}$ — бюджетный импульс от структурной части расходов федерального бюджета, а $\bar{\varepsilon}_t^{\bar{\mathcal{R}}^o}$ — шок от подстройки расходов федерального бюджета к изменению базовых нефтегазовых доходов.

Доходы и расходы субъектов моделируются по аналогии с доходами и расходами федерального бюджета с выделением ненаблюдаемых равновесных величин.

Доходы субъектов в отношении к номинальному ВВП имплицитно определяют эффективную среднюю ставку налога, τ_t^{reg} , которая моделируется исходя из разложения на равновесную ставку, $\bar{\tau}_t^{reg}$, и разрыв, $\hat{\tau}_t^{reg}$:

$$\begin{aligned} \mathcal{R}_t^{reg} &= \tau_t^{reg}, \\ \tau_t^{reg} &= \bar{\tau}_t^{reg} + \hat{\tau}_t^{reg}, \\ \bar{\tau}_t^{reg} &= \rho_{\bar{\tau}^{reg}} \bar{\tau}_{t-1}^{reg} + (1 - \rho_{\bar{\tau}^{reg}}) \bar{\tau}_t^{tar,reg} + \bar{\varepsilon}_t^{\bar{\tau}^{reg}}, \\ \bar{\tau}_t^{tar,reg} &= \bar{\tau}_{t-1}^{tar,reg} + \bar{\varepsilon}_t^{\bar{\tau}^{tar,reg}}, \\ \hat{\tau}_t^{reg} &= \rho_{\hat{\tau}^{reg}} \hat{\tau}_{t-1}^{reg} + \bar{\varepsilon}_t^{\hat{\tau}^{reg}}. \end{aligned}$$

Первичные расходы субъектов, $\mathcal{E}_t^{p,reg}$, моделируются исходя из сглаженной подстройки к структурной компоненте расходов, $\bar{\mathcal{E}}_t^{p,reg}$, с коррекцией на фазу делового цикла:

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_t^{p,reg} &= \mathcal{E}_t^{reg} - \mathcal{E}_t^{d,reg}, \\ \mathcal{E}_t^{d,reg} &= \mathcal{E}_{t-1}^{d,reg} + \bar{\varepsilon}_t^{\mathcal{E}^{d,reg}}, \end{aligned} \quad (31)$$

$$\bar{\mathcal{E}}_t^{p,reg} = \rho_{\bar{\mathcal{E}}^{p,reg}} \bar{\mathcal{E}}_{t-1}^{p,reg} + (1 - \rho_{\bar{\mathcal{E}}^{p,reg}}) \bar{\mathcal{E}}_t^{p,reg} - \psi_{cycl}^{reg} (\sum_{\tau=0}^3 \hat{y}_{t-\tau} / 4) + \bar{\varepsilon}_t^{\bar{\mathcal{E}}^{p,reg}}, \quad (32)$$

где $\mathcal{E}_t^{d,reg}$ — расходы на обслуживание долга субъектов. Структурные (первичные) расходы субъектов моделируются из сглаженной постройке к имплицитному таргетируемому уровню, $\bar{\mathcal{E}}_t^{p,tar,reg}$, который задается случайным блужданием:

$$\begin{aligned} \bar{\mathcal{E}}_t^{p,reg} &= \rho_{\bar{\mathcal{E}}^{p,reg}} \bar{\mathcal{E}}_{t-1}^{p,reg} + (1 - \rho_{\bar{\mathcal{E}}^{p,reg}}) \bar{\mathcal{E}}_t^{p,tar,reg} + \bar{\varepsilon}_t^{\bar{\mathcal{E}}^{p,reg}}, \\ \bar{\mathcal{E}}_t^{p,tar,reg} &= \bar{\mathcal{E}}_{t-1}^{p,tar,reg} + \bar{\varepsilon}_t^{\bar{\mathcal{E}}^{p,tar,reg}}. \end{aligned}$$

По аналогии с (23) под бюджетным стимулом от бюджета субъектов, \mathcal{X}_t^{reg} , подразумевается эффект на выпуск от дискреционных и временных шоков в части доходов и расходов, а также от адаптации к изменению их структурных компонент:

$$\mathcal{X}_t^{reg} = \psi^{\mathcal{R}} \varphi_t^{\mathcal{R},reg} + \psi^{\mathcal{E}} \varphi_t^{\mathcal{E},reg},$$

где $\varphi_t^{\mathcal{R},reg}$ и $\varphi_t^{\mathcal{E},reg}$ — бюджетный импульс от доходов и расходов бюджета субъектов.

Бюджетный импульс от доходов бюджета субъектов определяется суммой дискреционных шоков и подстройкой к изменению структурной компоненты доходов:

$$\varphi_t^{\mathcal{R},reg} = -\varepsilon_t^{\hat{r}^{reg}} - \varepsilon_t^{\bar{r}^{reg}} - (1 - \rho_{\bar{r}^{reg}})\phi(\varepsilon_t^{\bar{r}^{tar},reg}) \quad (33)$$

$$\varepsilon_t^{\bar{r}^{tar},reg} = \bar{r}_t^{tar,reg} - \sum_{j=1}^8 \bar{r}_{t-j}^{tar,reg}, \quad (34)$$

$\varepsilon_t^{\bar{r}^{tar},reg}$ — шок от изменения доходов субъектов в результате изменения их структурной компоненты.

Бюджетный импульс от расходов субъектов определяется суммой дискреционных шоков и подстройкой к изменению структурной компоненты расходов:

$$\varphi_t^{\mathcal{E}^{p,reg}} = \varepsilon_t^{\mathcal{E}^{p,reg}} + (1 - \rho_{\mathcal{E}^{p,reg}})(\varepsilon_t^{\bar{\mathcal{E}}^{p,reg}} + (1 - \rho_{\bar{\mathcal{E}}^{p,reg}})\phi(\varepsilon_t^{\bar{\mathcal{E}}^{p,tar,reg}})), \quad (35)$$

$$\varepsilon_t^{\bar{\mathcal{E}}^{p,tar,reg}} = \bar{\mathcal{E}}_t^{p,tar,reg} - \sum_{j=1}^8 \bar{\mathcal{E}}_{t-j}^{p,tar,reg}, \quad (36)$$

где $\varepsilon_t^{\bar{\mathcal{E}}^{p,tar,reg}}$ — шок от подстройки расходов субъектов к изменению целевого уровня.

Наконец, совокупный бюджетный стимул, \varkappa_t , объединяет бюджетные стимулы от федерального бюджета и бюджета субъектов:

$$\varkappa_t = \varkappa_t^{fed} + \varkappa_t^{reg}.$$

Условие отсутствия арбитража на финансовых рынках

Динамика номинального обменного курса определяется исходя из выполнения гипотезы непокрытого паритета процентных ставок — отсутствия арбитража на финансовых рынках, когда инвесторы с учетом ожиданий по изменению курса безразличны между инвестированием в отечественные и зарубежные финансовые инструменты:

$$s_t = s_{t+1}^e - (i_t - i_t^* - \vartheta_t)/4 + \varepsilon_t^s/4, \quad (37)$$

где s_t — уровень номинального курса¹⁸, s_{t+1}^e — ожидаемый уровень номинального курса, i_t^* — зарубежная номинальная процентная ставка¹⁹, ϑ_t — уровень премии за риск, ε_t^s — шок валютного курса, связанный с отклонением динамики курса от предполагаемой непокрытым паритетом процентных ставок. Ожидаемый уровень номинального курса задается взвешенным средним рациональных ожиданий и прошлого значения курса с поправкой на фундаментальное изменение валютного курса:

$$s_{t+1}^e = \delta \mathbb{E}_t s_{t+1} + (1 - \delta)(s_{t-1} + (\Delta \bar{s}_t + \mathbb{E}_t \Delta \bar{s}_{t+1})/4),$$

¹⁸В качестве наблюдаемой переменной для номинального курса используется бивалютная корзина как прокси для эффективного курса.

¹⁹В качестве наблюдаемой переменной для зарубежной процентной ставки используется взвешенное среднее ставки федеральных фондов США и однодневной ставки еврозоны Eonia с весами бивалютной корзины.

где $\Delta \bar{s}_t$ — фундаментальное изменение валютного курса, обусловленного динамикой равновесного реального курса и дифференциалом внутренней и зарубежной цели по инфляции:

$$\Delta \bar{s}_t := \Delta \bar{z}_t + \bar{\pi}_t - \bar{\pi}_t^*.$$

Премия за риск, ϑ_t , разбивается на три компоненты:

$$\vartheta_t = \vartheta_t^c + \vartheta_t^{oil} + \vartheta_t^{trn},$$

где ϑ_t^c — уровень страновой премии за риск, привязанной к торгуемым финансовым инструментам, ϑ_t^{oil} — уровень премии за риск, зависящей от условий торговли, ϑ_t^{trn} — уровень транзитивной (временной) премии за риск. Последние две компоненты премии за риск являются ненаблюдаемыми, а уровень страновой премии за риск измеряется премией по страновому кредитному дефолтному свопу.

Страновая премия за риск ϑ_t^c является суммой равновесной премии $\bar{\vartheta}_t^c$ и ее разрыва $\hat{\vartheta}_t^c$, динамика которых задается простыми авторегрессиями первого порядка:

$$\begin{aligned} \vartheta_t^c &= \bar{\vartheta}_t^c + \hat{\vartheta}_t^c, \\ \bar{\vartheta}_t^c &= \rho_{\bar{\vartheta}^c} \bar{\vartheta}_{t-1}^c + (1 - \bar{\vartheta}^c) \bar{\vartheta}^{c,ss} + \varepsilon_t^{\bar{\vartheta}^c}, \\ \hat{\vartheta}_t^c &= \rho_{\hat{\vartheta}^c} \hat{\vartheta}_{t-1}^c + \varepsilon_t^{\hat{\vartheta}^c}. \end{aligned}$$

Премия за риск, зависящая от условий торговли, ϑ_t^{oil} , определяется пропорционально неожиданному изменению реальной цены на нефть:

$$\vartheta_t^{oil} = -\delta_{oil} \cdot 4(q_t^{oil} - \mathbb{E}_{t-1} q_t^{oil}). \quad (38)$$

Под спецификацией (38) подразумевается, что неожиданное изменение цены на нефть приводит к пересмотру текущего баланса бюджетной системы и траектории государственного долга, от которого напрямую зависит инвестиционная привлекательность страновых финансовых инструментов и, соответственно, премия за риск.

Транзитивная премия за риск, ϑ_t^{trn} , имеет простую авторегрессионную структуру с нулевым средним:

$$\vartheta_t^{trn} = \rho_{\vartheta^{trn}} \vartheta_t^{trn} + \varepsilon_t^{\vartheta^{trn}}.$$

Реальный курс, z_t , определяется стандартно с нормировкой, что рост z_t означает ослабление реального курса, и декомпозируется на равновесный уровень, \bar{z}_t , и разрыв, \hat{z}_t :

$$\begin{aligned} z_t &= s_t + p_t^* - p_t, \\ z_t &= \bar{z}_t + \hat{z}_t, \end{aligned}$$

где p_t^* — уровень зарубежного ИПЦ. Динамика равновесного реального курса задается авторегрессией с привязкой к изменению равновесной реальной цены на нефть:

$$\Delta \bar{z}_t = \rho_{\Delta \bar{z}} \Delta \bar{z}_{t-1} + (1 - \rho_{\Delta \bar{z}})(-\omega \Delta \bar{q}_t^{oil}) + \varepsilon_t^{\Delta \bar{z}}. \quad (39)$$

Внешний блок

Внешняя экономика и сырьевой блок представлены редуцированно и задаются простыми авторегрессиями первого порядка:

Внешний спрос

$$\begin{aligned} y_t^* &= \bar{y}_t^* + \hat{y}_t^*, \\ \Delta \bar{y}_t^* &= \rho_{\Delta \bar{y}^*} \Delta \bar{y}_{t-1}^* + (1 - \rho_{\Delta \bar{y}^*}) \Delta \bar{y}_t^{*,ss} + \varepsilon_t^{\Delta \bar{y}^*}, \\ \hat{y}_t^* &= \rho_{\hat{y}^*} \hat{y}_{t-1}^* + \varepsilon_t^{\hat{y}^*}. \end{aligned} \tag{40}$$

Внешняя инфляция

$$\pi_t^* = \rho_{\pi^*} \pi_{t-1}^* + (1 - \rho_{\pi^*}) \pi_t^{*,ss} + \varepsilon_t^{\pi^*}.$$

Внешняя денежно-кредитная политики

$$\begin{aligned} i_t^* &= r_t^* + \mathbb{E}_t \pi_{t+1}^*, \\ r_t^* &= \bar{r}_t^* + \hat{r}_t^*, \\ \bar{r}_t^* &= \rho_{\bar{r}^*} \bar{r}_{t-1}^* + (1 - \rho_{\bar{r}^*}) \bar{r}_t^{*,ss} + \varepsilon_t^{\bar{r}^*}, \\ \hat{r}_t^* &= \rho_{\hat{r}^*} \hat{r}_{t-1}^* + \varepsilon_t^{\hat{r}^*}. \end{aligned} \tag{41}$$

Условия торговли

$$\begin{aligned} q_t^{oil} &= p_t^{oil} - p_t^*, \\ q_t^{oil} &= \bar{q}_t^{oil} + \hat{q}_t^{oil}, \\ \Delta \bar{q}_t^{oil} &= \rho_{\Delta \bar{q}^{oil}} \Delta \bar{q}_{t-1}^{oil} + (1 - \rho_{\Delta \bar{q}^{oil}}) \Delta \bar{q}_t^{oil,ss} + \varepsilon_t^{\Delta \bar{q}^{oil}}, \\ \hat{q}_t^{oil} &= \rho_{\hat{q}^{oil}} \hat{q}_{t-1}^{oil} + \varepsilon_t^{\hat{q}^{oil}}. \end{aligned} \tag{42}$$

Анализ трансмиссионного механизма

Свойства Квартальной прогнозной модели и ее возможности и ограничения в описании действия механизма трансмиссии денежно-кредитной политики можно проиллюстрировать с помощью функций импульсных откликов — реакции модельных переменных на неожиданные изменения экзогенных шоков.

В Квартальной прогнозной модели трансмиссионный механизм денежно-кредитной политики реализуется посредством трех каналов: процентного — через влияние процентной ставки на межвременное замещение и текущий спрос в кривой агрегированного спроса, — валютного — через влияние процентной ставки на курс и последующее влияние курса на относительную цену домашних и зарубежных товаров — и канал ожиданий — кривая агрегированного спроса подразумевает зависимость текущего спроса от текущей и ожидаемых будущих реальных ставок, а текущая инфляция в кривой агрегированного предложения зависит от текущих и ожидаемых будущих реальных предельных издержек.

Шок спроса

Шок спроса (шок ε_t^y в кривой агрегированного спроса (3)) приводит (см. Рис. 1) к увеличению разрыва выпуска и росту реальных предельных издержек. Как следствие, производители более ускоренно повышают цены, и увеличивается инфляция, что вынуждает центральный банк постепенно повышать процентную ставку, которая транслируется в рыночную ставку. В условиях ценовой жесткости и активной денежно-кредитной политики номинальные ставки повышаются сильнее инфляционных ожиданий, в результате растут реальные процентные ставки, что начинает охлаждать спрос и временно укреплять реальный курс, что становится дополнительным сдерживающим фактором для агрегированного спроса. Как следствие, происходит замедление инфляционных процессов, что постепенно позволяет перейти к смягчению денежно-кредитной политики, реальный курс и выпуск возвращаются к своим равновесным траекториям.

Шок издержек

Шок издержек моделируется как одновременный шок издержек в каждой из компонент ИПЦ $\varepsilon_t^{\pi^k}$ (см. (4) и (5)). Шок издержек приводит (см. Рис. 2) к росту инфляции и реакции центрального банка — увеличиваются процентные ставки и, как следствие, укрепляется реальный курс. Поддержание положительных реальных ставок воздействует на текущие инфляционные ожидания, и после первоначального шока инфляция достаточно быстро снижается до целевого уровня. В КИМ сторона предложения представлена только кривыми Филлипса, поэтому отсутствует внутренний механизм влияния издержек и производительности на выпуск. В этом отношении возможности анализа шока предложения ограничиваются именно шоком издержек.

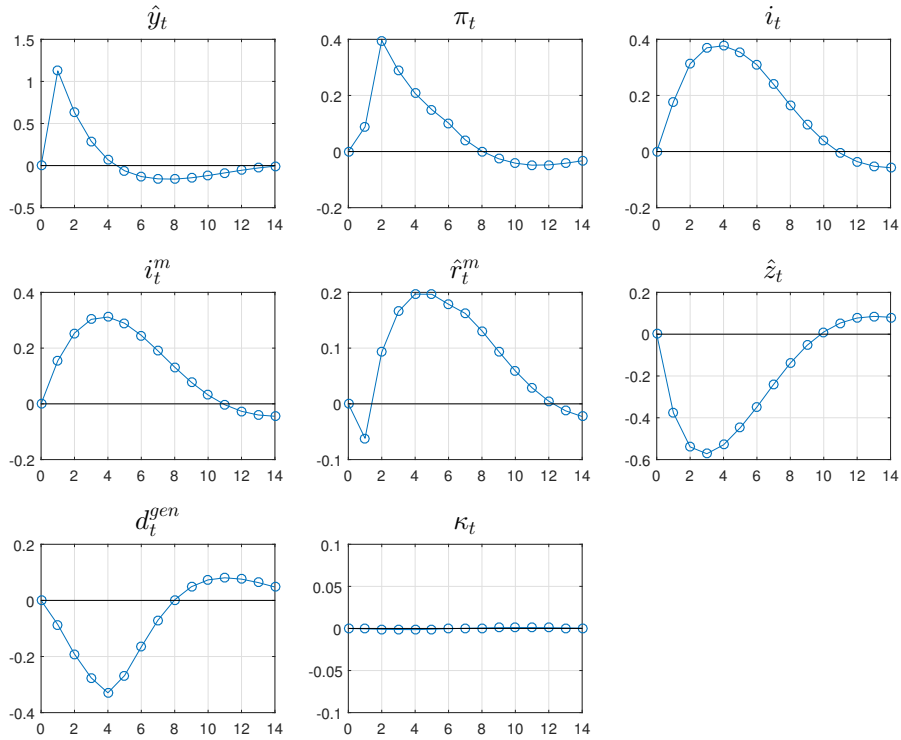


Рис. 1: Шок спроса

Шок денежно-кредитной политики

Шок денежно-кредитной политики (шок ε_t^i в уравнении правила денежно-кредитной политики (10)) приводит (см. Рис. 3) к росту краткосрочной ставки и рыночной ставки, при этом реакция последней существенно меньше, что связано с гипотезой ожиданий, заложенной в срочную структуру процентных ставок в (12) — шок денежно-кредитной политики является временным и уже в следующем квартале начинает затухать, в результате ожидаемая средняя ставка за год будет меньше пика ставки центрального банка в момент шока. Увеличение номинальных ставок в условиях ценовой жесткости приводит к росту реальных ставок, что вместе с временной тенденцией к укреплению реального курса (как результат уравнивания доходностей отечественных и зарубежных финансовых инструментов через условие непокрытого паритета процентных ставок) через кривую агрегированного спроса начинает оказывать сдерживающее влияние на спрос. Более слабый спрос одновременно отражается и в меньшем давлении со стороны реальных предельных издержек, в результате производители ослабляют инфляционное давление, и инфляция снижается. Последнее позволяет центральному банку уже в следующем квартале перейти к смягчению денежно-кредитной политики с постепенным возвращением реального курса и выпуска к своим равновесным траекториям, а инфляции — к целевому уровню.

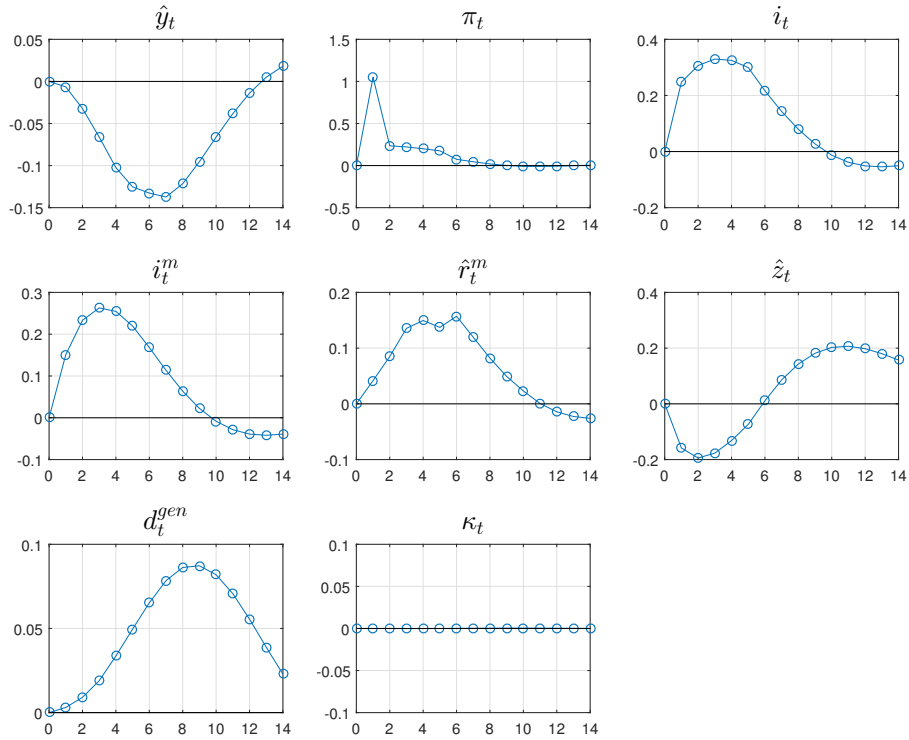


Рис. 2: Шок издержек

Шоки бюджетной политики

На Рис. (4) представлены два шока бюджетной политики²⁰: дискреционный шок нефтегазовых доходов федерального бюджета (шок $\varepsilon_t^{\hat{\tau}^{no, fed}}$ в (15)) и дискреционный шок расходов федерального бюджета (шок $\varepsilon_t^{\mathcal{E}^{p, fed}}$ в (19)). Негативный дискреционный шок расходов приводит к формированию отрицательного бюджетного стимула, эффекты которого симметричны аналогичному шоку спроса. Положительный дискреционный шок доходов также приводит к формированию отрицательного бюджетного стимула, однако согласно бюджетному правилу дополнительные нефтегазовые доходы возвращаются в экономику через рост расходов (сглаженно в рамках модельной спецификации в (28)), и формируется положительный бюджетный импульс со стороны расходов. В случае, если абсолютное значение мультипликатора доходов больше мультипликатора расходов — как на Рис. (4), — совокупный бюджетный стимул, тем не менее, остается отрицательным²¹. В последующие кварталы доходы, расходы и дефицит постепенно возвращаются к своим равновесным значениям, но эта динамика в момент шока уже заложена в

²⁰Отрицательный шок расходов и положительный шок доходов в размере 1 п.п. ВВП.

²¹Одинаковая величина бюджетного стимула, \varkappa_t , на Рис. (4) — следствие параметризации бюджетных мультипликаторов и коэффициента сглаживания в подстройке расходов федерального бюджета, $\rho_{\mathcal{E}^{p, fed}}$ — см. (28).

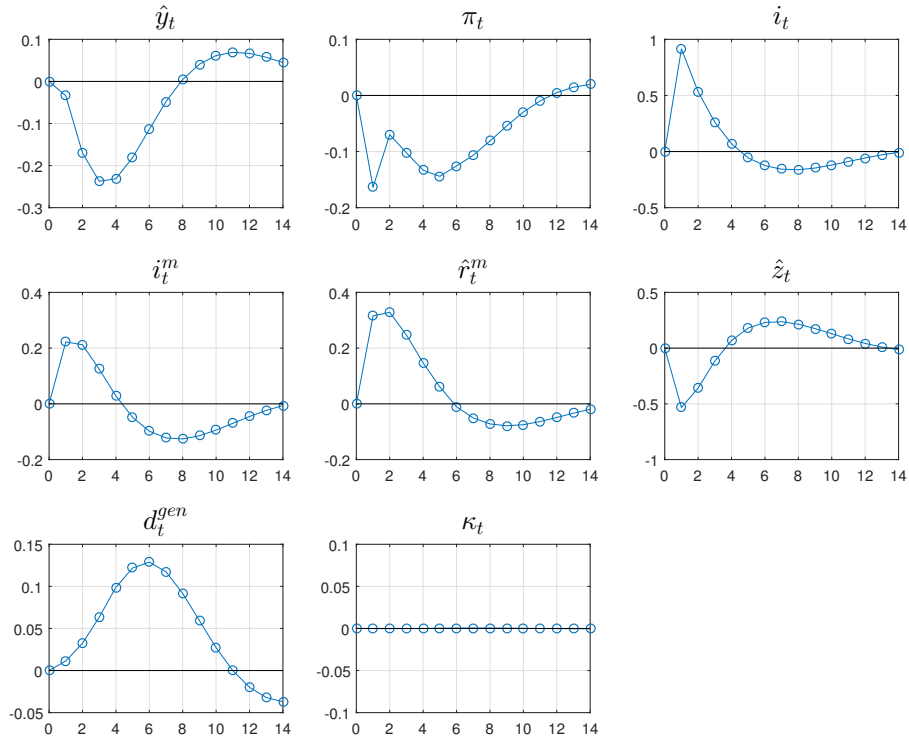


Рис. 3: Шок денежно-кредитной политики

ожиданиях, поэтому в последующие кварталы дополнительного бюджетного импульса не возникает.

Шок цены на нефть

Шок цены на нефть (шок $\varepsilon_t^{\hat{q}^{oil}}$ в уравнении разрыва реальной цены на нефть (42)) приводит (см. Рис. 5) к увеличению разрыва реальной цены на нефть и эффекту дохода, что стимулирует спрос и с этой точки зрения качественно эквивалентно рассмотренному ранее шоку спроса. Дополнительным эффектом роста цены на нефть становится снижение премии за риск (см. (38)), что приводит к дополнительному укреплению курса, при этом в начальном периоде воздействия шока эффект удешевления импортных товаров количественно пересиливает эффект более сильного спроса, и инфляция временно снижается, в последующие же кварталы возвращение реального курса к равновесию и сохранение более сильного спроса оказывают проинфляционное воздействие, и инфляция временно повышается. Однако сохраняющиеся более высокие реальные ставки постепенно охлаждают внутренний спрос, что способствует замедлению инфляционных процессов, реальный курс и выпуск с течением времени возвращаются к своим равновесным траекториям, а инфляция — к цели. Увеличение профицита бюджета происходит за счет превышения нефтегазовых доходов над базовыми, при этом ненефтегазовый

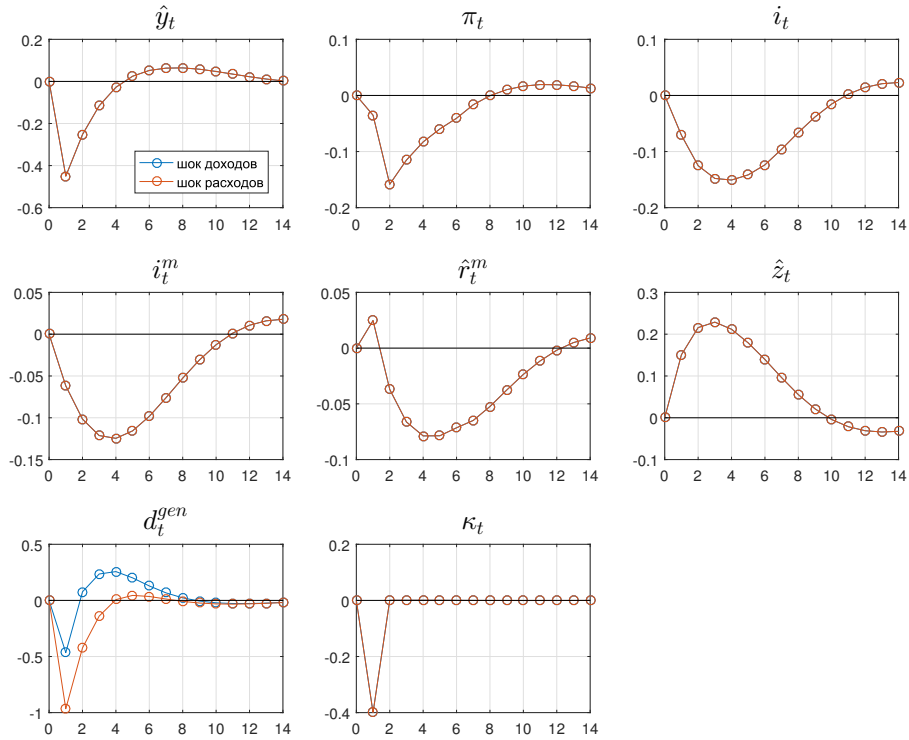


Рис. 4: Шоки бюджетной политики

дефицит остается почти неизменным, учитывая функционирование бюджетного правила, и бюджетный импульс неотличим от нуля.

Шок базовой цены на нефть

Шок базовой цены на нефть (шок $\varepsilon_t^{\Delta^4 p^{oil, base}}$ в уравнении (22)) приводит (см. Рис. 6) к продолжительному периоду подстройки ненефтегазового дефицита федерального бюджета к новому равновесию (в соответствии с большими расходами согласно бюджетному правилу): формируется положительный бюджетный импульс от структурной подстройки расходов, эффект которой качественно симметричен рассмотренному выше шоку спроса. При этом количественный эффект ниже эффекта от увеличения фактической цены на нефть. В этом неявно подразумевается больший эффект от структурной подстройки бюджета для стороны предложения и рынков факторов производства, моделирование которых остается за рамками текущей версии КПМ.

Шок денежно-кредитной политики за рубежом

Шок денежно-кредитной политики за рубежом (шок $\varepsilon_t^{r^*}$ в уравнении (41)) через условие отсутствия арбитража на финансовых рынках приводит (см. Рис. 7) к ослаблению курса. Более слабый курс способствует замещению импорта

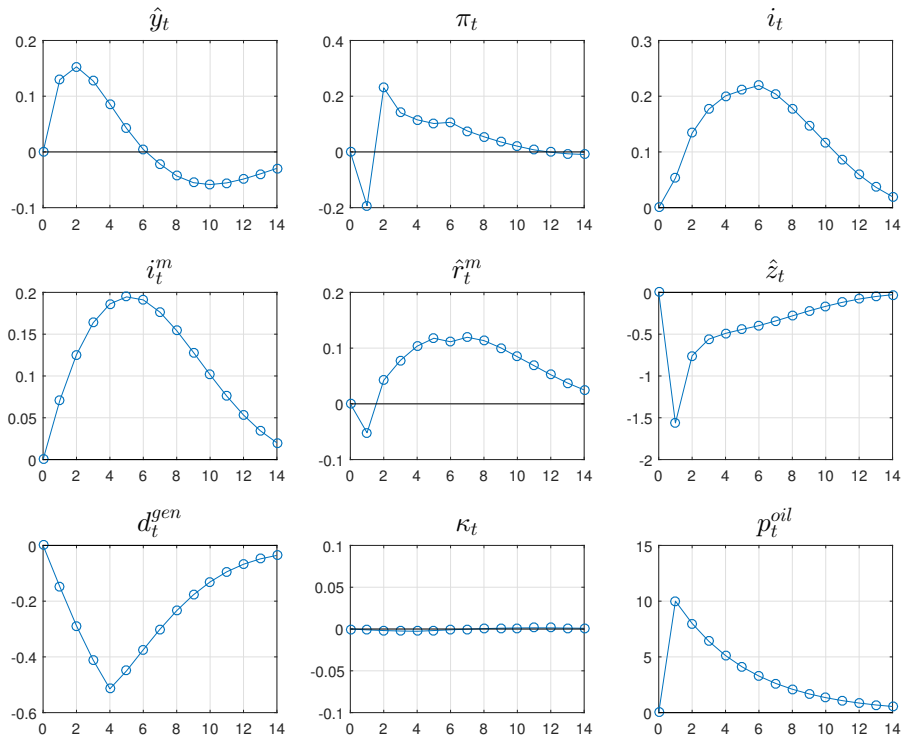


Рис. 5: Шок цены на нефть

из-за его более высокой относительной цены. Как следствие, временно увеличивается инфляция, и растёт выпуск, а центральный банк несколько ужесточает денежно-кредитную политику. Эффект переноса более слабого курса на инфляцию быстро затухает, а эндогенное импортозамещение сохраняется в течение более продолжительного периода времени. В целом, внешний шок денежно-кредитной политики в данной модели имеет только девальвационную для домашнего курса природу, при этом в стороне остается механизм влияния неожиданного изменения внешней монетарной политики на премию за риск для малых открытых развивающихся экономик и балансовые эффекты, связанные с финансированием потребления и инвестиций, во многом зависящих от притока иностранного капитала.

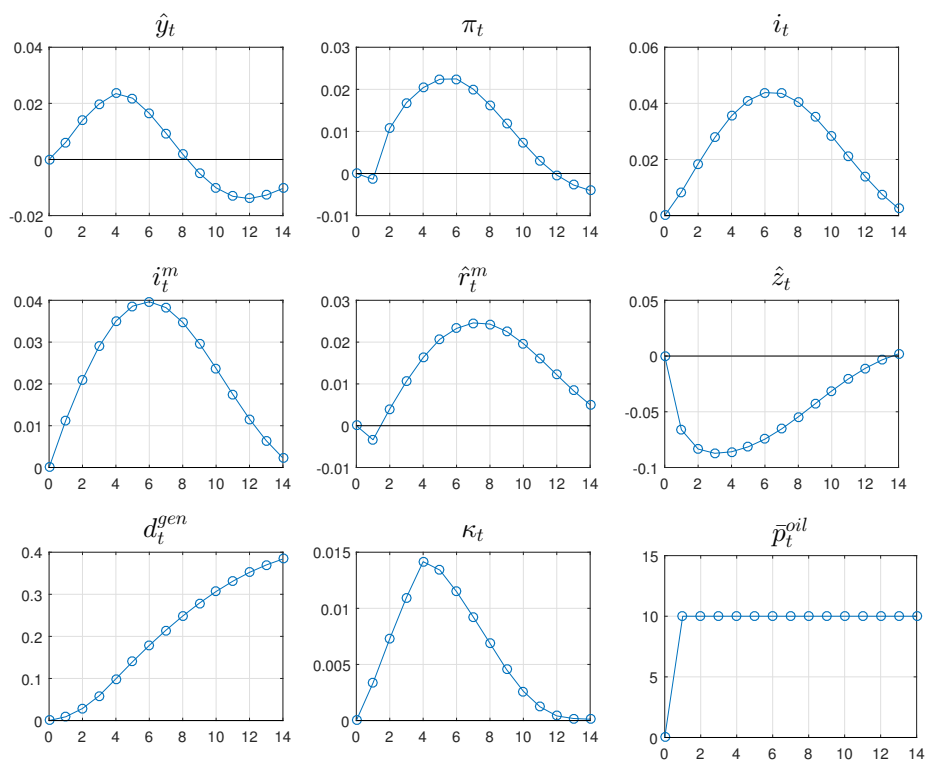


Рис. 6: Шок базовой цены на нефть

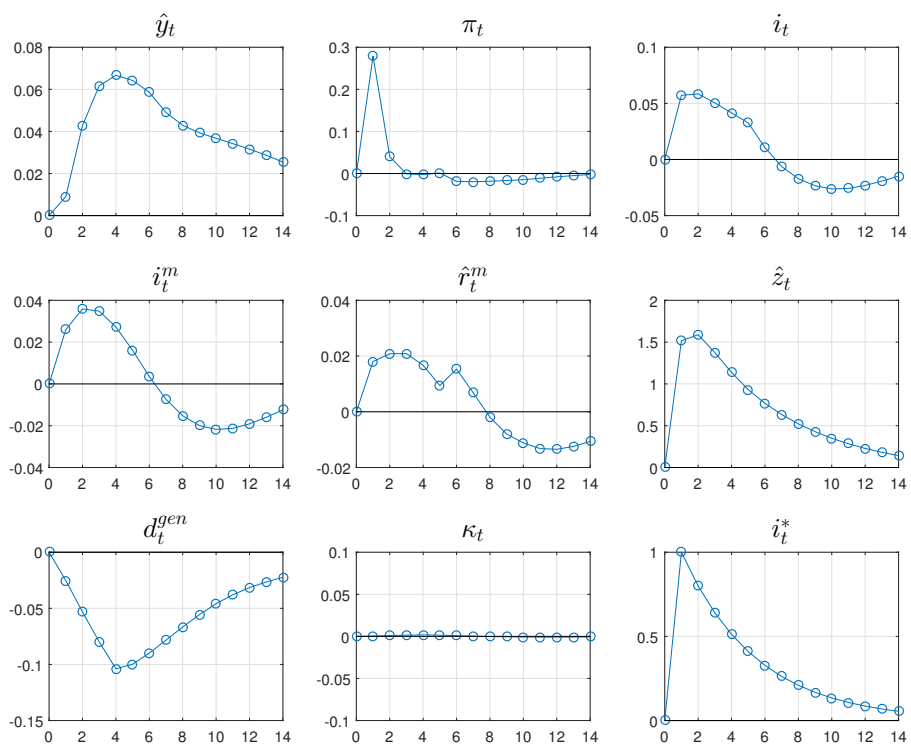


Рис. 7: Шок денежно-кредитной политики за рубежом

Список литературы

- Adrian, T., D. Laxton и M. Obstfeld (2018). *Advancing the frontiers of monetary policy*. International Monetary Fund. ISBN: 9781484344521.
- Angelini, E., N. Bokan, K. Christoffel, M. Ciccarelli и S. Zimic (2019). «Introducing ECB-BASE: The blueprint of the new ECB semi-structural model for the euro area». В: *European Central Bank Working Paper Series*.
- Beneš, J., K. Clinton, A. George, P. Gupta, J. John и др. (2017). «Quarterly Projection Model for India; Key Elements and Properties». В: *IMF Working Papers*.
- Beneš, J., T. Hledik, D. Vavra и J. Vlcek (2003). «The Quarterly Projection Model and its Properties». В: *The Czech National Bank's Forecasting and Policy Analysis System*.
- Botha, B., S. de Jager, F. Ruch и R. Steinbach (2017). «The Quarterly Projection Model of the SARB». В: *Working Papers*.
- Gervais, O. и M. Gosselin (2014). «Analyzing and Forecasting the Canadian Economy through the LENS Model». В: *Bank of Canada Technical Report*.
- Kamenik, O., Z. Tuma, D. Vavra и Z. Smidova (2013). «A Simple Fiscal Stress Testing Model: Case Studies of Austrian, Czech and German Economies». В: *OECD Economics Department Working Papers*.
- Kirker, M. (2008). «Does natural rate variation matter? Evidence from New Zealand». В: *Reserve Bank of New Zealand Discussion Paper Series*.
- Laxton, J., I. Ermolaev, C. Freedman, O. Kamenik, M. Juillard, D. Laxton, I. Carabenciov и D. Korshunov (2008). «A Small Quarterly Multi-Country Projection Model». В: *IMF Working Papers*.
- Ravnik, R. и N. Bokan (2018). «Quarterly Projection Model for Croatia». В: *Surveys 34, The Croatian National Bank*.
- Szilágyi, K., D. Baksa, J. Beneš, A. Horváth, C Köber и G.D. Soós (2013). «The Hungarian Monetary Policy Model». В: *MNB Working Papers*.
- Бородин, А.Д. (2014). «Структурное макроэкономическое моделирование для целей центрального банка». В: Высшая школа экономики, Москва.
- Бородин, А.Д., Е.А. Горбова, С.В. Плотников и Ю.Л. Плущевская (2008). «Оценка потенциального выпуска и других ненаблюдаемых переменных в рамках модели трансмиссионного механизма монетарной политики (на примере России)». В: Сборник докладов II Международной научно-практической конференции «Проблемы выбора эффективной денежно-кредитной политики в условиях переходной экономики». Национальный банк Республики Беларусь, Минск.
- Демиденко, М., О. Карачун, Д. Коршунов, А. Липин и Г. Хребичек (2016). «Система анализа и макроэкономического прогнозирования евразийского экономического союза». В: *Доклады Центра интеграционных исследований ЕАБР*.
- Селезнев, С. и Д. Крепшев (2016). «DSGE-модели российской экономики с малым количеством уравнений». В: *Серия докладов об экономических исследованиях Банка России*.

Селезнев, С. и Д. Крепцев (2017). «DSGE-модель российской экономики с банковским сектором». В: *Серия докладов об экономических исследованиях Банка России*.