



Банк России



Октябрь 2021

**Оптимальные инструментальные
правила ДКП для экономики
с высокой зависимостью от экспорта
ресурсов в условиях наличия ZLB**

Серия докладов об экономических исследованиях, № 81

М. Андреев, А. Полбин

Михаил Андреев *

Банк России; Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации (РАНХиГС)

E-mail: andreevmyu@cbr.ru

Андрей Полбин *

Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации (РАНХиГС); Институт экономической политики имени Е.Т. Гайдара.

E-mail: apolbin@gmail.com

* Статья подготовлена в рамках выполнения научно-исследовательской работы государственного задания РАНХиГС. Участие сотрудника Банка России в исследовательской работе не создает конфликта интересов.

Авторы выражают благодарность участникам семинаров Департамента исследований и прогнозирования Банка России за полезные комментарии и предложения.

Серия докладов об экономических исследованиях Банка России проходит процедуру анонимного рецензирования членами Консультационного совета Банка России и внешними рецензентами.

Все права защищены. Настоящий доклад выражает личное мнение авторов, которое может не совпадать с официальной позицией Банка России. Любое воспроизведение представленных материалов допускается только с разрешения авторов.

Фото на обложке: Shutterstock/FOTODOM

107016, Москва, ул. Неглинная, 12
Телефоны: +7 495 771-91-00, +7 495 621-64-65 (факс)
Официальный сайт Банка России: www.cbr.ru

© Центральный банк Российской Федерации, 2022

Оглавление

Аннотация.....	4
1. Введение	5
2. Описание модели и учет наличия нижней границы ставок.....	7
3. Экономические шоки в модели и калибровка модели.....	9
4. Негативное влияние нахождения экономики на нижней границе ставок.....	14
5. Целевая функция регулятора и метод исследования оптимальных правил.....	17
6. Оптимальные правила ДКП.....	18
7. Вероятность пребывания на нулевой границе ставок и эффективной границе ставок (ELB)	23
8. Заключение	26
9. Литература	28
10. Приложение: подробное описание модели	30
10.1. Домохозяйства.....	30
10.2. Производители конечного продукта	32
10.3. Производители продуктов: промежуточного внутреннего и экспортного.....	33
10.4. Производитель производственного капитала.....	36
10.5. Равновесие рынков	37
10.6. Денежно-кредитная политика.....	37
10.7. Уравнения модели.....	37

Аннотация

В данной работе с помощью динамической стохастической модели общего равновесия исследуются правила денежно-кредитной политики при условии наличия нижней границы ставок. Модельная экономика является открытой и сильно зависящей от условий торговли. Экономическая динамика представляет собой результат воздействия шока условий торговли и шока внешней процентной ставки. На уровне функций импульсного отклика показано, что наличие нижней границы ставок приводит к уменьшению влияния позитивных внешних шоков: к большему росту реальных процентных ставок и меньшему росту потребления и выпуска. Были найдены оптимальные правила денежно-кредитной политики (ДКП), реализующие стремление центрального банка минимизировать волатильность ключевых макроэкономических показателей. В оптимуме параметры правила оказываются такими, что регулятор де-факто уменьшает вероятность пребывания на нижней границе ставок. При наличии нижней границы ставок оптимальная политика отличается меньшей степенью реакции на изменение инфляции и большей инерционностью. Для России вероятность попадания на нулевую границу ставок при текущей денежно-кредитной политике и долгосрочном значении процентной ставки 6% в результате действия внешних шоков была оценена как низкая. Действующее правило ДКП в отношении реакция процентной ставки на разрыв выпуска и сглаживания во времени динамики процентной ставки попадает в диапазон значений из оптимальных правил, тогда как текущая степень реакции на инфляцию оказывается значительно ниже оптимальных параметров, что подразумевает более высокую вероятность попадания на границу ставок в оптимуме. Мы также обнаружили, что при текущей денежно-кредитной политике вероятность достичь эффективной границы ставок (ELB), определяемой возможностью домохозяйств сохранять средства в иностранной валюте вместо депозитов, достаточно существенна.

Ключевые слова: DSGE, нулевая граница ставок, нелинейная модель, оптимальная политика, денежно-кредитная политика, условия торговли

Коды JEL: D58, E32, E52, E58.

1. Введение

Нулевая нижняя граница (ZLB) номинальных процентных ставок является естественным ограничением, которое нужно принимать во внимание при выработке мер денежно-кредитной политики (ДКП). В развитых странах при негативных шоках, которые ведут к замедлению темпов роста цен и выпуска, центральные банки обычно снижают номинальные процентные ставки с целью стимулирования экономической активности. При больших негативных шоках либо при продолжительной последовательной реализации небольших негативных шоков ставка может достичь своей нулевой границы и оставаться на ней продолжительное время, что ограничивает возможности центральных банков воздействовать на агрегированный спрос и стабилизировать деловой цикл.

С проблемой нижней нулевой границы процентных ставок столкнулась экономика Японии в конце 90-х годов, экономика США и в меньшей мере экономика Европы во время и после мирового экономического кризиса 2008 года. Данная проблема стимулировала развитие многочисленных исследований по разработке мер экономической политики, которые уменьшают риски попадания на нижнюю нулевую границу процентных ставок. Обсуждаются как варианты повышения целевого уровня инфляции, так и варианты модификации правил денежно-кредитной политики.

Например, в работе Coibion et al. (2012) авторы в откалиброванной на данных для развитых экономик модели оценили, что оптимальная цель по инфляции в условиях редких, хотя и дорогостоящих эпизодов попадания на ZLB не превышает 2% в год. В работе Williams (2009) автор пришел к выводу, что для экономики США целевой уровень в 2%, напротив, является недостаточным буфером. Eggertsson (2011) отметил, что при нахождении на границе нулевых процентных ставок регулятору, которому доверяют, оказывается выгодным обещать поднять цель по инфляции после выхода в область положительных ставок: это повышает как будущую ожидаемую инфляцию, так и текущую инфляцию, что приводит к падению реальных процентных ставок и росту выпуска в настоящем. При выходе из режима нулевых ставок выгодным оказывается нарушить обещание. Регулятору, придерживающемуся дискреционной политики и не обладающему доверием, такая политика недоступна. Schmidt (2013) показал, что в случае, когда регулятор обладает доверием и способен проводить политику с обязательствами (*policy under commitment*), оптимальная политика приводит к меньшим потерям от попадания экономики на границу нулевых ставок, чем дискреционная политика, а фискальная политика мало влияет на изменение общественного благосостояния, поскольку монетарная политика сама по себе значительно снижает потери от наличия нулевых ставок. Если же регулятор способен проводить только дискреционную политику, то потери от наличия нулевых ставок выше, а фискальная политика помогает эффективно снизить потери.

Для стран, ориентированных на экспорт сырьевых товаров, существует специфика в отношении вопроса нижней нулевой границы ставок, связанная с отличием действия денежно-кредитной политики в экспортно ориентированных и развитых странах. В странах, не ориентированных на экспорт, политика регулятора контрциклична: при негативных шоках, ведущих к снижению выпуска и инфляции, регулятор снижает ставку, поддерживая экономику. В экспортно ориентированных странах при реализации ДКП в виде правила Тейлора регулятор снижает ставку при положительном шоке условий торговли, чтобы парировать снижение инфляции, возникающее из-за укрепления обменного курса. При этом низкие ставки дополнительно разгоняют выпуск, в силу чего ДКП оказывается процикличной по отношению к выпуску. Как для стран, ориентированных на экспорт ресурсов, так и для остальных стран пребывание на нижней границе ставок ведет к дополнительному снижению выпуска вследствие ограниченности действия ДКП. Однако в развитых странах пребывание на нижней границе увеличивает волатильность выпуска, так как дополнительное падение случается во время рецессии. В то же время в ресурсозависимых странах пребывание на нижней границе уменьшает волатильность выпуска, так как дополнительное снижение случается во время бума. Следовательно, рецепты для регуляторов в экспортно ориентированных странах при наличии ZLB могут качественно и количественно отличаться от рецептов для регуляторов других стран. В данной статье мы не рассматриваем различия между оптимальными правилами денежно-кредитной политики для богатых ресурсами стран и развитых стран. Однако далее мы рассматриваем экономику, существенно зависящую от экспорта, а поскольку экономическая динамика является результатом внешних шоков, мы можем сказать, что полученные результаты типичны для экспортно ориентированных стран.

Исторические эпизоды пребывания экспортно ориентированных стран на нижней границе ставок происходят редко. Примером может быть ситуация в экономике Чили в 2010 году (Céspedes et al. (2014)). Этот эпизод характеризуется низкой инфляцией и падением процентных ставок практически до нуля во время ралли цен на медь. В то же время цены на природные ресурсы были достаточно волатильны в последние десятилетия. Понимание причин, по которым богатые ресурсами страны редко оказываются на ZLB в условиях высокой волатильности цен на сырьевые товары, является одной из мотиваций для этой работы.

В России, относящейся к экспортно ориентированным странам, на протяжении последних двух десятилетий трендовая инфляция снижалась, достигнув и даже опустившись ниже 4%, что соответствует целевому ориентиру по инфляции Банка России. Это увеличило вероятность столкновения российской экономики с ZLB. В связи с этим актуальным является исследование отражения возросшей вероятности столкновения с ZLB в ДКП Банка России. Важность исследования связана также с тем, что российская экономика может столкнуться с

неэффективностью монетарной политики раньше, чем при нулевых процентных ставках (раздел 7), что известно как проблема ELB.

Для изучения проблемы нулевых процентных ставок для экономик, ориентированных на экспорт сырья, мы строим динамическую стохастическую модель общего равновесия (ДСМОП, DSGE) малой открытой экспортно ориентированной экономики (раздел 2, Приложение). Модель калибруется характерным для экспортно ориентированных экономик образом, а ряд параметров и размер шоков оцениваются на российских данных (раздел 3). На уровне функций импульсного отклика исследуется, влияет ли наличие ZLB на экспортирующую экономику (раздел 4). Целью регулятора ставится минимизация волатильности ключевых показателей (раздел 5), после чего ищутся оптимальные параметры правила Тейлора (раздел 6) для экспортирующей экономики в зависимости от наличия или отсутствия ZLB и вида целевой функции. В разделе 7 рассматривается вероятность попадания российской экономики на ZLB и ELB.

2. Описание модели и учет наличия нижней границы ставок

Для исследования правил ДКП мы построили достаточно стандартную для экспортирующих экономик DSGE-модель, включающую описание производства несырьевого (неторгуемого товара) и сырьевого (торгуемого) товара. Для производства обоих видов товаров производители используют труд и капитал, а для производства торгуемого товара дополнительно используется особый фактор производства – земля. Земля отражает меньшие затраты труда и капитала в экспортирующем секторе, а стоимость аренды земли выплачивается домохозяйствам. Выручку от экспорта сырьевого товара сначала получает производитель экспортного товара и расходует ее на оплату трех факторов производства: аренду капитала, труда и земли домохозяйств. Неторгуемый товар в комбинации с импортным продуктом преобразуется в конечный продукт, расходуемый на потребление и инвестиции.

Домохозяйства стандартно для DSGE-моделей потребляют продукт, предлагают производителям труд, сберегают средства в форме иностранных облигаций, а также принимают решение относительно объемов производственного капитала, сдаваемого в аренду производителям.

В используемой модели реализован новокейнсианский подход, в соответствии с которым считается, что некоторые рынки функционируют неэффективно. К числу несовершенств, отражающих неэффективность и реализованных в данной модели, относятся: жесткость цен на промежуточный внутренний товар, жесткость заработных плат, привычки потребления домохозяйств, издержки на изменение уровня инвестиций, издержки

на изменение объема нанимаемого труда в экспортирующем секторе, издержки на изменение уровня вложений в иностранные облигации.

Регулятор следует инструментальному правилу Тейлора:

$$R_t^l - R^{l,ss} = \rho_r (R_{t-1}^l - R^{l,ss}) + (1 - \rho_r) \left(\rho_{\inf} (\pi_t - \pi^{ss}) + \rho_y (GDP_t^l / GDP_t^{pot} - 1) \right), \quad (1)$$

где R_t^l – номинальная процентная ставка;

π_t – инфляция;

GDP_t^l – суммарный выпуск экспортирующего и внутреннего секторов;

$R^{l,ss}, \pi^{ss}$ – значения процентной ставки и инфляции в долгосрочном равновесии;

GDP_t^{pot} – потенциальный выпуск, под которым понимается выпуск в экономике при гибких ценах и заработных платах.

Более подробное описание уравнений модели мы приводим в Приложении. Отметим, что данная модель отличается от описанной в работе Андреева, Полбина (2019) отсутствием агента-предпринимателя, отвечающего за кредитно-денежные отношения и реализацию механизма финансового акселератора, а также наличием фиктивного рынка кредитования между домохозяйствами. Наличие агента-предпринимателя не привносит ничего важного в данное исследование и не является необходимым.

Для того чтобы учесть наличие нижней нулевой границы процентной ставки, мы будем считать, что в модели действует дополнительное ограничение:

$$R_t^l \geq 0. \quad (2)$$

Данное ограничение означает, что в любой момент времени при любом состоянии среды (реализации стохастической траектории) выполнено либо соотношение (1) и неравенство (2) в строгом виде, либо

$$R_t^l = 0. \quad (3)$$

В случае (3) говорят, что инфляция не таргетируется регулятором, а определяется свободно действующими рыночными силами.

Модель, в которой присутствует периодически срабатывающее неравенство (2), является нелинейной. Не существует единого общепризнанного метода решения стохастических моделей с неравенствами. Однако данные методы активно развиваются в

последние годы (см., например: Holden (2016), Binning, Maih (2017). Далее мы будем использовать инструментарий OccBin, разработанный Гуэрери и Якиавелло (Guerrieri, Iacoviello (2015) для нахождения решения динамических стохастических моделей с ограничениями типа неравенств. Данный инструмент ищет кусочно-гладкое решение динамических стохастических моделей с неравенствами и использует Matlab с надстройкой Dynare.

Многие страны-экспортеры товаров, в том числе Россия, используют фискальные правила. В исследовании Андреева (2020) продемонстрировано, что бюджетное правило, сглаживающее циклическую часть доходов от нефти, изменяет масштаб реакции экономики в ответ на шок условий торговли. Однако мы не применяем бюджетное правило в рассматриваемой модели. Поскольку сглаживание циклической части доходов от нефти в России происходит с 2004 года и мы используем данные примерно за тот же период для калибровки модели, мы неявно учитываем наличие бюджетного правила. Качество калибровки (раздел 3) косвенно подтверждает, что ключевые механизмы моделирования не были упущены из виду.

DSGE-модель более подробно описана в Приложении.

3. Экономические шоки в модели и калибровка модели

В научной литературе в качестве ключевых детерминант делового цикла для экспортно ориентированных экономик выделяются шок условий торговли и шок ставок по внешним заимствованиям. В нашем исследовании мы решили остановиться на этих двух шоках, а остальные типы шоков мы оставляем для будущих исследований.

Шок условий торговли ε_t^{TOT} определяет динамику условий торговли \tilde{P}_t^{res} – отношения между ценой экспортируемого (сырьевого) и импортируемого товаров – в соответствии с AR (1) процессом:

$$\ln(\tilde{P}_t^{res}) = \rho_{res} \ln(\tilde{P}_{t-1}^{res}) + \varepsilon_t^{TOT}. \quad (4)$$

Шок внешней процентной ставки ε_t^{prem} задает динамику внешней ставки R_t^f в соответствии с уравнением:

$$R_t^f = \rho_{prem} R_{t-1}^f + (1 - \rho_{prem}) R^{f,ss} + \varepsilon_t^{prem}. \quad (5)$$

Оценка стандартных отклонений и автокорреляций данных шоков является важным этапом исследования, поскольку от данной процедуры зависит оценка вероятности попадания экономики на нижнюю границу процентных ставок, а также оценка относительной значимости шоков. Поэтому величину автокорреляции логарифма условий торговли ρ_{res} , величину вариации шока условий торговли ε_t^{TOT} (см. (4)), автокорреляцию внешней процентной ставки ρ_{prem} и вариацию шока внешней процентной ставки ε_t^{prem} (см. (5)) мы оценили на статистических данных. В качестве репрезентативной страны мы выбрали Россию. Так как российский товарный экспорт в 2000–2019 годах в среднем на 60% состоял из нефти, нефтепродуктов, газа и сжиженного газа, то в качестве условий торговли мы выбрали цену на нефть. Используя квартальные данные реальной цены нефти сорта Brent за период 1995–2019 годов, мы оценили параметр ρ_{res} величиной 0,956, а стандартное отклонение ε_t^{TOT} составило 0,144. Внешняя ставка по заимствованиям R_t^f была оценена по аналогии с работами Garcia-Cicco, Garcia-Schmidt (2020), Huidrom et al. (2020) как сумма доходности 3-летних облигаций казначейства США и рассчитываемого JP Morgan спреда доходности по российским облигациям¹. Выбор используемого периода для внешней ставки является отдельной проблемой в литературе. Так, стандартное отклонение шока ε_t^{prem} оказывается равным 1,1% для периода, начинающегося с 1998 года и захватывающего эпизод дефолта по государственным облигациям, и 0,17% для периода с 2003 года. Так как дефолт при текущем состоянии экономики маловероятен, но все же полностью исключать подобное событие нельзя, мы установили стандартное отклонение ε_t^{prem} на уровне 0,34%. Параметр ρ_{prem} калибруется равным 0,84, что соответствует МНК-оценке на периоде.

Структурные параметры и соотношения модели мы откалибровали стандартным образом для DSGE-моделей и экспортно ориентированных экономик.

Мы предполагали, что коэффициент предпочтения времени $\beta = 0,995$. Нормы амортизации капитала для обоих производящих секторов в соответствии с работой Motto et al. (2010) считались равными $\delta = 0,02$. Это соответствует 8%-ному годовому темпу выбытия производственного капитала. Параметры эластичности производственной функции для неторгуемого сектора были выбраны стандартно (см., например: Bernanke et al. (1999)): $\alpha_d = 0,35$, $1 - \alpha_d = 0,65$. Доля затрат на фактор «земля» в производстве торгуемого товара была установлена на уровне 25%², а затраты на оставшиеся факторы – капитал и труд – были

¹ Индекс JP Morgan's EMBI JPSSEMRU.

² Если рассматривать затраты на фактор производства «земля» как дополнительный налог, взимаемый с экспортирующего сектора, то выбранная нормировка 25% соответствует разнице между налоговой нагрузкой 55% на экспортирующий сектор и 30% на внутренний сектор, что соответствует случаю российской экономики.

поделены в соотношении $0,35/0,65$. Так как для экспортирующих экономик соотношение экспорта и ВВП варьируется в широком диапазоне – от $0,078$ до $0,64$ (см. Benkhodja (2014), – мы взяли среднее значение $Y_t^{ex}/GDP_t = 0,25$, что соответствует экономике России. Импорт считался равным экспорту в долгосрочном равновесии. Параметр издержек на изменение объема нанимаемого труда w^{ex} мы взяли близким к указанному в работах Dib (2003), Ambler et al. (2012). Другие параметры жесткостей были взяты из работы Дробышевского, Полбина (2015).

Долгосрочное значение инфляции для модели мы выбирали в соответствии с инфляционными целями экспортно ориентированных стран. Как показывает [статистика](#), цели по инфляции многих экспортирующих стран (например, Чили, Мексики, Норвегии, России) находятся в пределах 2–4% годовых, а величина 4% годовых лежит в диапазоне целей многих центральных банков. В связи с этим для исследования мы выбрали два далеко отстоящих друг от друга значения долгосрочной инфляции: 0% годовых как минимально возможную цель и 4% как репрезентативную цель, близкую к верхнему потолку для экспортно ориентированных стран. Приняв долгосрочное значение реальной процентной ставки, равным 2% годовых, мы получили для исследования два долгосрочных значения номинальной процентной ставки: 2 и 6% годовых. Отметим, что калибровка величины номинальной процентной ставки вместе с калибровкой величины шоков являются одними из определяющих факторов вероятности попадания экономики на нулевую границу номинальных ставок.

С целью проверки адекватности калибровки модели мы задались вопросом, насколько хорошо откалиброванная модель способна описать кризис 2014–2015 годов. Для постановки данного эксперимента нам необходимо замкнуть модель – описать фактическую денежно-кредитную политику. Для этого нами было оценено простое правило Тейлора, в котором номинальная ставка процента есть функция от лага процентной, текущей инфляции и от текущего показателя экономической активности. Модель оценивалась на периоде 2010–2019 гг., характеризующимся относительно гибким курсообразованием по сравнению с периодом до кризиса 2008–2009 гг., когда Банк России придерживался режима управляемого обменного курса рубля. В качестве процентной ставки была выбрана ставка по 1-дневным кредитам на межбанковском рынке MIACR, в качестве инфляции – темп роста индекса потребительских цен, очищенный от сезонности с помощью фильтра ARIMA-X12 в Eviews. В качестве показателя деловой активности мы использовали две альтернативные меры – отклонение реального ВВП от потенциального уровня, полученного с помощью фильтра Ходрика – Прескотта и темп роста реального ВВП. В рассматриваемой регрессии оба показателя экономической активности оказались статистически незначимыми. Поэтому мы остановились на простой спецификации, когда процентная ставка зависит от лага

процентной ставки и текущей инфляции. Уравнение регрессии оценивалось с помощью метода наименьших квадратов, что может приводить к смещению оценок, если шок денежно-кредитной политики влияет на инфляцию в тот же момент времени. Но мы абстрагируемся от данной возможной проблемы, поскольку рассматриваемый эксперимент имеет весьма приближенный характер и точная оценка параметров денежно-кредитной политики Банка России не является целью настоящей работы. Оценки параметров приведены в таблице 1. Согласно полученным оценкам, коэффициенты зависимости текущей процентной ставки от ее лага и степени реакции на инфляцию оказались равными $\rho_r = 0,902$ и $\rho_{inf} = 1,49$.

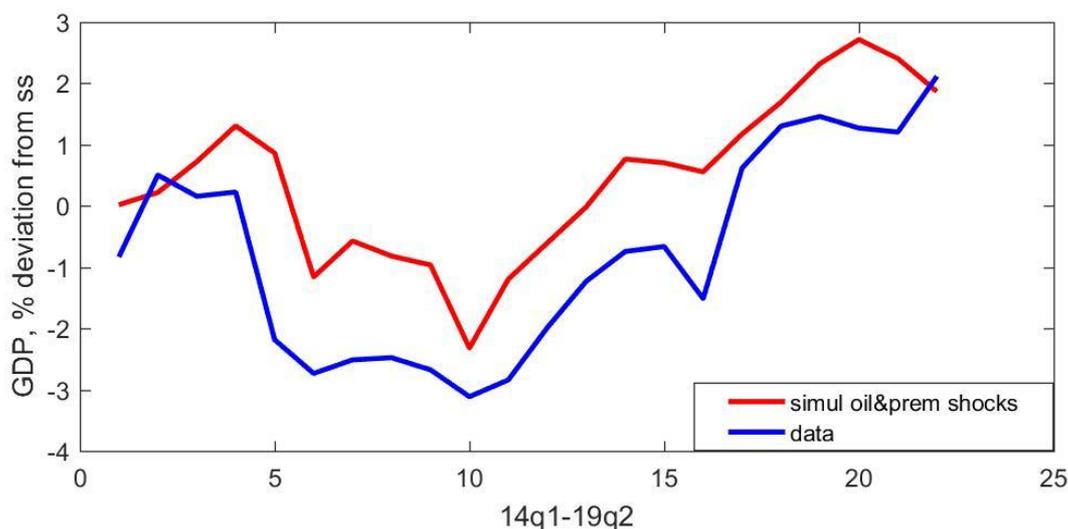
Таблица 1. Результаты МНК-оценки соотношения правила Тейлора для российской статистики на периоде 2010–2019 годов

Переменная	Коэффициент	Стандартное отклонение	t-статистика	p-значение
Константа	-0,0004	0,001	-0,330	0,743
Процентная ставка MIACR, квартальная, лаг I квартал	0,902	0,043	20,899	0,000
Инфляция, кв/кв, сезонно сглаженная	1,49	0,026	5,586	0,000
Период наблюдения	2010Q2–2019Q4			
Число наблюдений	39			
R ²	0,951			
F-статистика	225,724			
Вероятность (F-статистика)	0,000			

В целом существует много успешных примеров эконометрической оценки параметров DSGE-моделей для российской экономики и фильтрации ненаблюдаемых шоков (см., например: Иващенко (2013), Шульгин (2014), Малаховская (2016), Kreptsev, Seleznev (2018)). В настоящей работе мы будем следовать более простому подходу: на основе откалиброванной модели и на основе наблюдаемых траекторий внешних переменных проведем симуляции модели и проанализируем, насколько хорошо она объясняет фактическую динамику.

Во-первых, на основе указанных выше данных по динамике цен на нефть и внешней процентной ставки мы идентифицировали шоки условий торговли ε_t^{TOT} и шоки внешней процентной ставки ε_t^{prem} . Используя два ряда шоков, мы на основе модели симулировали ряд ВВП и сравнили его с наблюдавшейся статистикой (рисунок 1). Оказалось, что воспроизведенный моделью ряд ВВП качественно совпадает с его фактической динамикой.

Рисунок 1. Статистический ряд ВВП в процентном отклонении от тренда (НР-фильтр с параметром 1600) и воспроизведенный моделью ряд ВВП в процентном отклонении от долгосрочного тренда с учетом постоянного тренда в 1% годовых



Во-вторых, в следующем тесте мы сравнили корреляционную матрицу основных переменных модели с корреляциями, наблюдающимися в статистике (таблица 2), а также сравнили стандартные отклонения (таблица 3). Практически все корреляции совпадают по знаку, а большая часть пар близка по значениям.

Таблица 2. Корреляционная матрица основных переменных модели. Данные и симуляции. Из данных вычитался долгосрочный тренд (НР-фильтр с параметром 1600). За период с I квартала 2014 года по III квартал 2019 года

Данные/симуляции	Темп роста реального ВВП	Темп роста реального потребления д.х	Темп роста цены на нефть	Ставка MIACR	Инфляция
Темп роста реального ВВП	1/1	0,94/0,96	0,81/0,69	-0,44/-0,78	0,16/-0,05
Темп роста реального потребления д.х.	0,94/0,96	1/1	0,82/0,85	-0,38/-0,86	0,17/-0,14
Темп роста цены на нефть	0,81/0,69	0,82/0,85	1/1	-0,61/-0,75	-0,08/-0,21
Ставка MIACR	-0,44/-0,78	-0,38/-0,86	-0,61/-0,75	1/1	0,62/0,44
Инфляция	0,16/-0,05	0,17/-0,14	-0,08/-0,21	0,62/0,44	1/1

Таблица 3. Стандартные отклонения основных переменных. Данные и симуляции

	Данные, 1999 Q2 – 2019 Q3	Данные, 2010 Q1 – 2019 Q3	Данные, 2014 Q1 – 2019 Q3	Симуляции по модели
Темп роста реального ВВП	1,4%	0,9%	0,9%	0,7%
Темп роста реального потребления д.х.	1,9%	1,9%	2,0%	1,7%
Темп роста цены на нефть	14,3%	12,9%	14,4%	14,5%
Ставка MIACR	2,4%	1,7%	1,9%	1,1%
Инфляция	1,3%	1,1%	1,3%	0,9%

Результаты обоих тестов указывают на адекватность выбора калибровки модели.

4. Негативное влияние нахождения экономики на нижней границе ставок

Попадание номинальной процентной ставки на нижнюю нулевую границу приводит к тому, что регулятор в дальнейшем не может ее снижать и ограничен в реагировании на изменение делового цикла. Инфляция формируется под действием свободно действующих рыночных сил, что приводит к избыточной волатильности инфляции и вредит экономике.

Если регулятор следует стандартному правилу Тейлора

$$R_t^l - R^{l,ss} = 1.5(\pi_t - \pi^{ss}),$$

то уже при шоке условий торговли размером менее одного стандартного отклонения экономика оказывается на нулевой границе ставок³ (рисунки 2, 3).

³ Кривая «номинальная процентная ставка» (рисунок 2) для случая «наличие ограничения на процентную ставку» (т.е. «ZLB constraint») падает на рисунке от 0 до нижней границы -0,015. Это соответствует падению от 6 до 0% в годовом выражении. Поэтому случай «наличие ограничения на % ставку» соответствует попаданию на нижнюю границу в тот же период, когда случился шок.

Рисунок 2. Отклик переменных модели на положительный шок условий торговли величиной 1 стандартное отклонение при $\rho_{\text{inf}} = 1,5$, $\rho_y = 0$, $\rho_r = 0$ в зависимости от наличия или отсутствия ограничения на ставку. В долях от долгосрочного равновесия

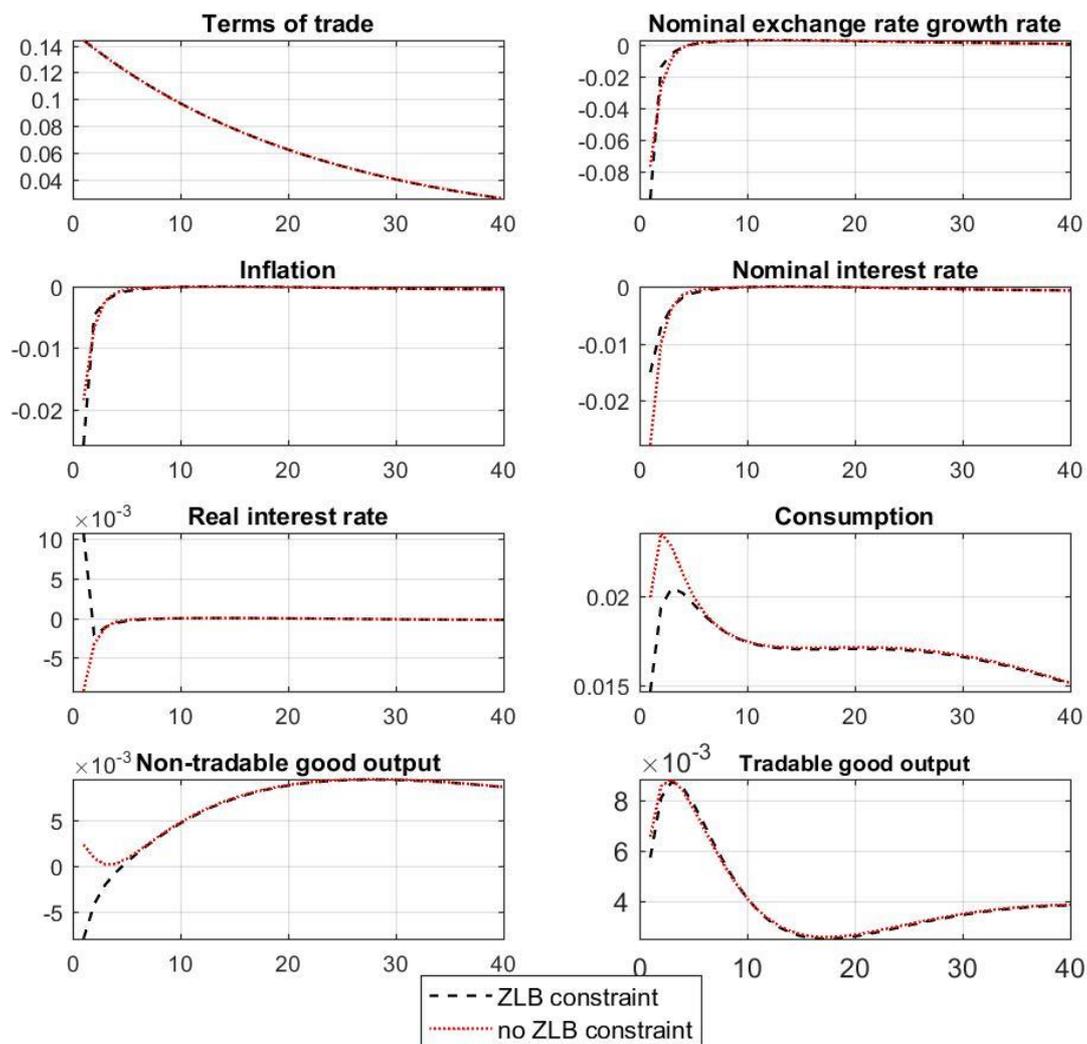
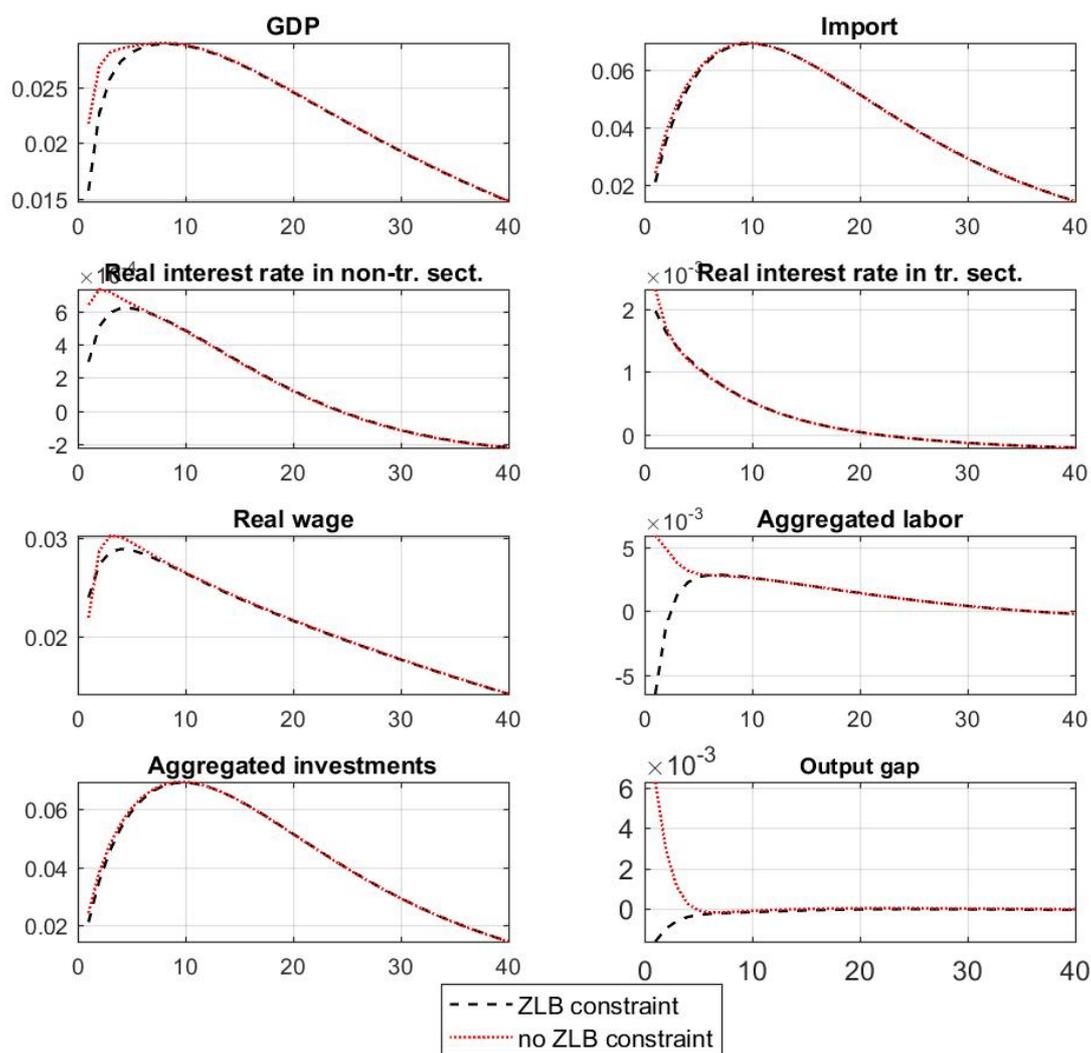


Рисунок 3. Отклик переменных модели на положительный шок условий торговли величиной 1 стандартное отклонение при $\rho_{inf} = 1,5$, $\rho_y = 0$, $\rho_r = 0$ в зависимости от наличия или отсутствия ограничения на ставку. В долях от долгосрочного равновесия. Продолжение



В результате положительного шока условий торговли обменный курс укрепляется. Инфляция, содержащая отечественную компоненту и внешнюю компоненту, определяемую обменным курсом, падает, что заставляет регулятора снижать процентную ставку. При наличии нижней границы ставок регулятор в демонстрируемом случае может снизить ставку лишь до 0% годовых от долгосрочного значения в 6% (рисунок 2), тогда как при отсутствии ограничения – ниже уровня 0%. При наличии ограничения инфляция падает ниже, чем при отсутствии ограничения. Разница в номинальной ставке и инфляции приводит к тому, что

реальная процентная ставка оказывается выше в случае наличия нижней границы номинальных ставок.

Дальнейшее различие между режимами объясняется разницей в реакции реальной процентной ставки. Более высокая реальная ставка при наличии ограничения на номинальную ставку приводит к тому, что домохозяйства в большей мере демонстрируют сберегающее поведение и в меньшей степени увеличивают потребление. Более низкий потребительский спрос приводит к меньшему росту выпуска в неторгуемом секторе, тогда как выпуск торгуемого сектора меняется незначительно. Агрегированный выпуск демонстрирует меньший рост, что приводит к меньшему росту стоимости факторов производства, а также меньшему росту самих факторов производства.

Отметим, что влияние шока несимметрично: указанные различия между режимами имеют место только при положительном шоке условий торговли, тогда как при отрицательном шоке режимы совпадают. Это означает, что на реализующихся (в результате шока условий торговли) траекториях при наличии ограничения номинальной ставки среднее значение инфляции снижается, а также снижается средний выпуск, что демонстрирует негативное влияние наличия границы на средние показатели.

Что касается волатильности, то для инфляции волатильность растет при наличии ограничения на процентную ставку, тогда как для выпуска и номинальной процентной ставки волатильность падает. Это означает, что регулятор, стремящийся к снижению волатильности только лишь инфляции, испытывает негативное влияние наличия ограничения на процентную ставку. Однако если регулятор имеет комбинированный критерий, то он может получить преимущество от наличия ограничения. Как будет видно далее, регулятор, действительно, может в небольшой мере улучшить значение целевой функции в результате наличия ограничения на ставку.

5. Целевая функция регулятора и метод исследования оптимальных правил

В качестве правила, на основе которого осуществляется денежно-кредитная политика, мы используем правило Тейлора (1). Коэффициенты ρ_{inf} , ρ_y , ρ_r являются предметом исследования в связи с вопросом об оптимальности правила ДКП (1). Мы производили оптимизацию критерия по данным параметрам.

В качестве критерия оптимальности мы по аналогии с работами Williams (2009), Eggertsson (2011), Adolfson et al. (2011) использовали классическую функцию потерь центрального банка, в которой минимизируется взвешенная сумма дисперсий инфляции, разрыва выпуска и процентной ставки:

$$L = \text{Var}(\pi_t) + \alpha \text{Var}(gap_t) + \beta \text{Var}(R_t^l). \quad (6)$$

Минимизация дисперсии инфляции $\text{Var}(\pi_t)$ представляет первейшую цель регулятора, поэтому данный член представлен с коэффициентом 1 в функции потерь. Слагаемое $\text{Var}(gap_t)$ отвечает желанию регулятора сглаживать не только инфляцию, но и разрыв выпуска. Последнее слагаемое – дисперсия номинальной процентной ставки $\text{Var}(R_t^l)$ – необходимо для исключения тех случаев, когда сглаживание инфляции и разрыва выпуска достигается за счет чрезмерно агрессивной реакции регулятора в соответствии с правилом Тейлора. Агрессивное изменение процентной ставки обычно не наблюдается в действительности, поскольку каждое изменение приносит нефинансовые издержки регулятору. Из всех возможных вариантов целевой функции (6) мы остановили свое внимание на четырех: $\text{Var}(\pi_t)$, $\text{Var}(\pi_t) + \text{Var}(gap_t)$, $\text{Var}(\pi_t) + 0,35 \text{Var}(R_t^l)$, $\text{Var}(\pi_t) + \text{Var}(gap_t) + 0,35 \text{Var}(R_t^l)$. Значение коэффициента $\beta = 0,35$ было выбрано, во-первых, по аналогии с работой Adolphson et al. (2011), а во-вторых, потому, что при данном значении коэффициента вариация процентной ставки вносит сопоставимый с вариацией инфляции вклад в функцию потерь.

Далее мы сгенерировали пять последовательностей шоков условий торговли ε_t^{TOT} и внешней процентной ставки ε_t^{prem} длиной 1000 точек каждая⁴. Для каждой пары цепочек длиной 1000 точек мы рассчитывали решение модели с помощью инструмента Occbin. Двигаясь в пространстве параметров $\rho_{inf}, \rho_y, \rho_r$, мы находили значения параметров, минимизирующие критерии вида (6).

6. Оптимальные правила ДКП

Значения оптимальных параметров собраны в таблице 4.

Значение параметров из таблицы Таблица 4 представлены для правила Тейлора в форме

$$R_t^l - R^{l,ss} = \rho_r (R_{t-1}^l - R^{l,ss}) + \rho_{inf} (\pi_t - \pi^{ss}) + \rho_y (GDP_t / GDP_t^{pot} - 1) \quad (7)$$

⁴ Необходимость использования нескольких коротких последовательностей шоков вместо одной длинной связана, во-первых, с более чем линейным ростом времени работы инструмента OccBin в зависимости от длины последовательности, а во-вторых, с возможностью уточнения результатов исследования путём генерации дополнительных реализаций.

вместо спецификации (1). Это обусловлено возможностью параметра ρ_r стремиться к единице и необходимостью ограничения сверху параметров ρ_{inf}, ρ_y . Отметим, что идентифицированные параметры правила Тейлора (1) (таблица 1) $\rho_r = 0,902, \rho_{inf} = 1,49$ соответствуют значению $\rho_{inf} = 0,146$ в спецификации (7).

Таблица содержит информацию в следующих разрезах:

- двух долгосрочных значений инфляции: 0% годовых и 4% годовых;
- четырех видов функции потерь (6);
- наличия или отсутствия ограничения снизу (2) на процентную ставку, о чем указывается в столбце «н. граница». В случае если ограничение установлено, в столбце t_1 указана вероятность нахождения экономики на нижней границе процентных ставок, а если не установлено, то указана вероятность пребывания ставки ниже нулевой (неустановленной) границы.

При поиске параметров $\rho_{inf}, \rho_y, \rho_r$ правила ДКП мы считали, что все они не отрицательны, коэффициент автокорреляции ρ_r не может превышать 1, а степень реакции на инфляцию ρ_{inf} – значения 3,5.

Таблица 4. Параметры оптимальных правил

Критерий/параметр	н. гра ница	ρ_{inf}	ρ_y	ρ_r	t_1	Знач ение крит ерия	Значе ние $Var(\pi_t)$	Значе ние $Var(gap_t)$	Значе ние $Var(RI_t)$
Долгосрочное значение инфляции – 0%									
$L = Var(\pi_t)$	нет	3,5	0	0,95	(39,78%)	0,034	0,034	0,517	0,546
$L = Var(\pi_t)$	да	3,11	0	1	33,08%	0,313	0,313	0,163	0,212
$L = Var(\pi_t) + Var(gap_t)$	нет	1,29	0	0,47	(39,58%)	0,345	0,196	0,149	0,459
$L = Var(\pi_t) + Var(gap_t)$	да	1,03	0,04	1	28,5%	0,437	0,341	0,096	0,095
$L = Var(\pi_t) + 0,35Var(RI_t)$	нет	1,44	0	1	(36,82%)	0,184	0,093	0,352	0,262
$L = Var(\pi_t) + 0,35Var(RI_t)$	да	0,76	0	1	26,14%	0,365	0,342	0,093	0,068
$L = Var(\pi_t) + Var(gap_t) + 0,35Var(RI_t)$	нет	0,48	0	0,86	(29,2%)	0,414	0,246	0,136	0,094

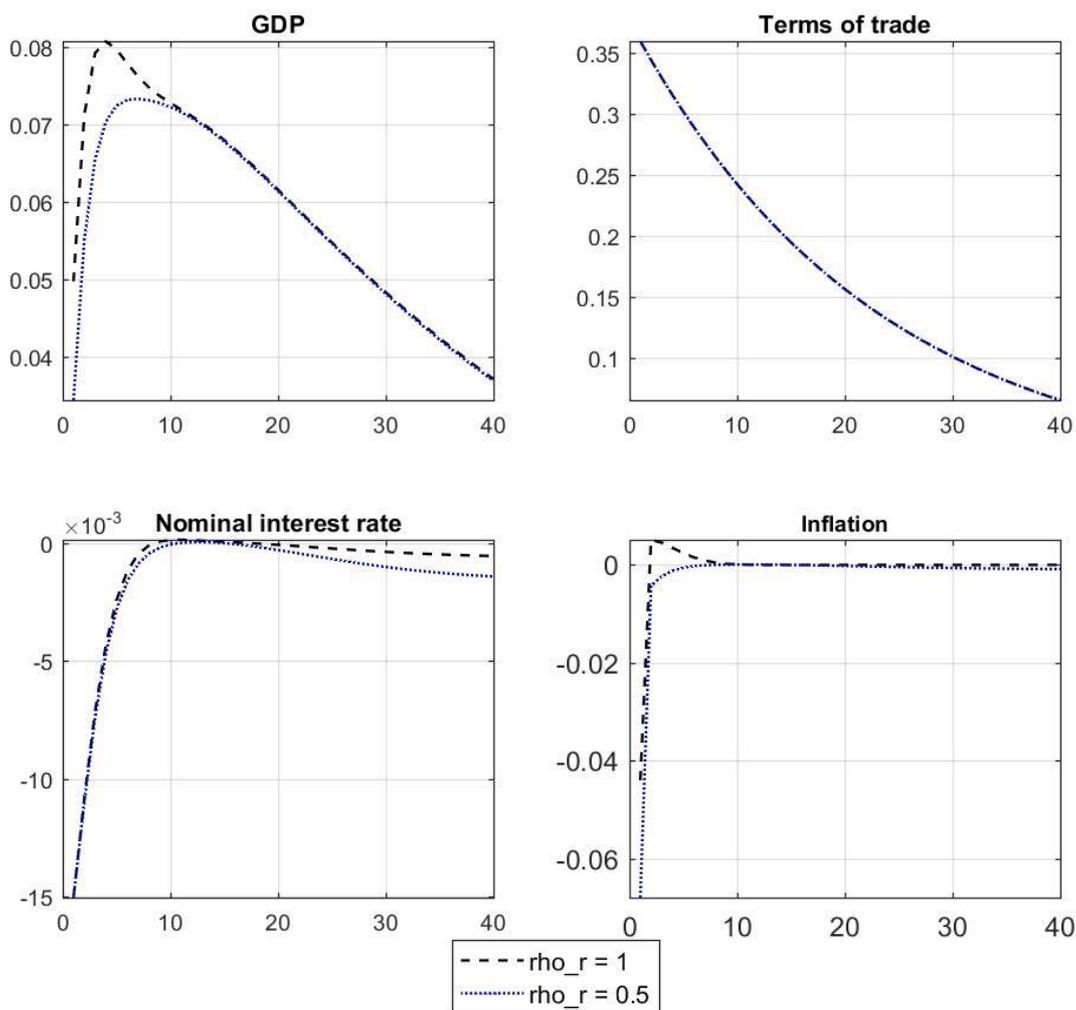
$L = Var(\pi_t) + Var(gap_t) + 0,35Var(R_t)$	да	0,82	0,01	1	26,74%	0,459	0,341	0,092	0,074
Долгосрочное значение инфляции – 4%									
$L = Var(\pi_t)$	нет	3,5	0	0,95	(20,96%)	0,033	0,033	0,608	0,519
$L = Var(\pi_t)$	да	3,5	0	1	20,66%	0,156	0,156	0,296	0,304
$L = Var(\pi_t) + Var(gap_t)$	нет	1,28	0,17	0,51	(20,42%)	0,366	0,224	0,142	0,443
$L = Var(\pi_t) + Var(gap_t)$	да	1,05	0,25	1	13,28%	0,380	0,248	0,132	0,164
$L = Var(\pi_t) + 0,35Var(R_t)$	нет	1,47	0	1	(14,58%)	0,178	0,089	0,423	0,254
$L = Var(\pi_t) + 0,35Var(R_t)$	да	0,82	0	1	8,28%	0,225	0,186	0,220	0,112
$L = Var(\pi_t) + Var(gap_t) + 0,35Var(R_t)$	нет	0,45	0,06	0,91	(4,52%)	0,431	0,267	0,135	0,086
$L = Var(\pi_t) + Var(gap_t) + 0,35Var(R_t)$	да	0,56	0,11	1	5,96%	0,421	0,259	0,130	0,090
$L = Var(\pi_t)$, оцененные параметры правила Тейлора	нет	0,146	0	0,902	0,32%	0,403	0,403	0,082	0,028
$L = Var(\pi_t)$, оцененные параметры правила Тейлора	да	0,146	0	0,902	0,28%	0,404	0,404	0,081	0,028

Отметим, что результаты для случая функции потерь $Var(\pi_t) + Var(gap_t) + 0,35 Var(R_t^i)$, учитывающей вариации всех трех рассматриваемых переменных – инфляции, разрыва выпуска и ставки, – выбиваются из общей картины, поэтому анализ данного случая проведем в конце.

В остальном, как следует из таблицы, отличия режимов, в которых наложено ограничение нижней границы ставок, от режимов, в которых процентная ставка не ограничена, следующие Во-первых, при наличии ограничения на ставку (2) вероятность нахождения на границе ставок ниже, чем нахождение ниже границы при отсутствии ограничения. Причиной является повышенная волатильность инфляции в режиме ограничения процентной ставки, в силу чего оптимальные параметры оказываются такими, что вероятность попадания на границу снижается. Во-вторых, по той же причине значения критериев выше при наличии ограничения ставки. В-третьих, параметр реакции политики на инфляцию ρ_{inf} падает при наложении ограничения (2). Это объясняется нежелательностью попадания на границу ставок, вероятность чего выше в случае более агрессивного движения

ставки при высоких значениях параметра ρ_{inf} . В-четвертых, параметр реакции политики на разрыв выпуска ρ_y растет при наложении ограничения на ставку. Этот результат оказывается неожиданным и противоречащим логике нежелательности попадания на границу ставок. Результат объясняется тем, что увеличение параметра ρ_y приводит помимо роста волатильности инфляции также и к падению волатильности разрыва выпуска, которое может компенсировать рост волатильности инфляции. В-пятых, значение параметра автокорреляции ставки ρ_r также растет при наложении ограничения. Стремление параметра автокорреляции ставки в область значений выше 1 в оптимальных правилах отмечено и в работе Adolfson et al. (2014). В нашем случае в силу принятия решения экономическими агентами с оглядкой на будущую инфляцию, что отражается в уравнении для аналога кривой Филлипса, текущая инфляция тем ниже, чем ниже ожидаемая будущая инфляция. В случае более высоких значений автокорреляции ставки ρ_r (рисунок 4), соответствующих при прочих равных более долгому возврату ставки в положение долгосрочного равновесия, регулятор обещает более продолжительную борьбу с причинами, вызвавшими изменение инфляции, что снижает реакцию инфляции. Это объясняет оптимальность высоких значений автокорреляции ставки ρ_r .

Рисунок 4. Отклик некоторых переменных модели на положительный шок условий торговли размером 2,5 стандартных отклонений при наличии ограничения на процентную ставку при $\rho_{inf} = 0,82$, $\rho_y = 0$ для различных значений ρ_r . ВВП и условия торговли – в долях от долгосрочного равновесия; квартальные номинальная процентная ставка и инфляция



Отличия оптимальных правил, соответствующих различным долгосрочным значениям инфляции – 0 и 4%, – касаются вероятности пребывания на границе процентных ставок и значений критериев. При инфляции 0% вероятность пребывания на границе ставок выше, поскольку долгосрочное значение процентной ставки 2% годовых ближе к нулевой границе, чем в противном случае при ставке 6% годовых. Соответственно при инфляции 0% в режиме ограничения процентных ставок значение критерия выше, поскольку регулятор в меньшей степени способен реагировать на флуктуации макропеременных. Долгосрочное значение инфляции не влияет существенным образом на оптимальные значения параметров правил.

Наличие в штрафной функции (6) вариации выпуска $Var(gap_t)$ приводит к тому, что ставка при оптимальном правиле начинает реагировать на изменение разрыва выпуска. Иначе $\rho_y = 0$ и ставка не реагирует на разрыв выпуска. Также наличие вариации выпуска в штрафе снижает реакцию на изменение инфляции ρ_{inf} и коэффициент автокорреляции ρ_r .

Аналогичным образом наличие в штрафной функции (6) вариации ставки $Var(R_t^l)$ приводит к тому, что коэффициент автокорреляции ставки ρ_r растет, тогда как коэффициенты реакции на инфляцию и разрыв выпуска – ρ_{inf}, ρ_r – падают.

Из приведенного анализа выбивается случай функции потерь $Var(\pi_t) + Var(gap_t) + 0.35 Var(R_t^l)$ при долгосрочной инфляции 4%. Неожиданным является, во-первых, падение значения критерия при введении режима ограничения процентных ставок, а во-вторых, рост вероятности попадания на границу ставок при введении режима ограничения. Казалось бы, наличие режима ограничения ставки должно ограничивать действие денежно-кредитной политики и приводить к избыточной волатильности переменных и росту значения штрафной функции при попадании на границу ставок. И действительно, при наличии ограничения на ставку волатильность инфляции растет, поскольку правило Тейлора на границе ставок перестает действовать. Но при этом на границе ставок, во-первых, сама номинальная ставка прекращает движение, а во-вторых, разрыв выпуска менее активно реагирует на шоки, что приводит к снижению волатильности ставки и разрыва выпуска. Снижение волатильности ставки и разрыва выпуска превосходит увеличение волатильности инфляции, что и объясняет эффект⁵. В целом из таблицы 4 следует, что добавление в функцию потерь волатильности ставки и/или волатильности разрыва выпуска снижает разницу между значениями критериев в случаях наличия и отсутствия ограничения ставки.

7. Вероятность пребывания на нулевой границе ставок и эффективной границе ставок (ELB)

⁵ Для случая из 4, когда ограничение ставки отсутствует, а параметры функции потерь составляют $\rho_{inf} = 0,45$, $\rho_y = 0,06$, $\rho_r = 0,91$, значение функции потерь равно

$Var(\pi_t) + Var(gap_t) + 0,35 Var(R_t^l) = 0,267 + 0,135 + 0,35 * 0,086 = 0,431$. При ограничении ставки и тех же параметрах значение функции потерь составляет

$Var(\pi_t) + Var(gap_t) + 0,35 Var(R_t^l) = 0,290 + 0,109 + 0,35 * 0,077 = 0,425 < 0,431$. Дальнейшая оптимизация по параметрам, как видно из таблицы 4, более уменьшает значение критерия – до 0,421 – и изменяет значение компонент критерия.

Отметим, что при найденных оптимальных правилах диапазон вероятностей попадания на границу ставок при инфляции 4% достаточно высок: от 6% в случае штрафной функции, включающей волатильность всех трех переменных, до 21% в случае штрафа за вариацию инфляции. Высокая вероятность пребывания на границе процентных ставок говорит о том, что не следует приписывать рациональному регулятору желание во что бы то ни стало избежать встречи с нулевой границей: высокая вероятность пребывания на границе может являться оптимальным выбором. Сравнение же оцененных значений параметров правила Тейлора (Таблица 1) для России с оптимальными правилами указывает на то, что действительная политика ближе к регулированию волатильности инфляции при нежелании резко менять процентную ставку, чему в найденных правилах соответствует вероятность пребывания на границе ставок 6–8%. Расчеты при идентифицированных значениях параметров (таблица 1, последняя и предпоследняя строки) дают вероятность пребывания на границе 0,3%. При этом единичный шок условий торговли может вывести экономику на нулевую границу ставок лишь при положительных шоках величиной от +5,4 стандартного отклонения, вероятность чего менее $3 \cdot 10^{-8}$, а влияние шока внешней процентной ставки еще ниже. Из этого следует, что вероятность 0,3% экономики оказаться на нулевой границе ставок может реализоваться лишь при длительной серии больших положительных шоков условий торговли.

Вероятность пребывания на границе процентных ставок растет с падением долгосрочного значения инфляции, что подтверждается расчетами, приведенными в таблице Таблица 5.

Таблица 5. Вероятность пребывания на нулевой границе ставок в зависимости от долгосрочного значения инфляции. Для случая идентифицированных значений параметров правила Тейлора

Долгосрочное значение инфляции, % годовых	Долгосрочное значение ном. ставки, % годовых	Вероятность пребывания на нулевой границе ставок
4	6	0,3%
3	5	0,8%
2	4	3,2%

Нулевая граница процентных ставок – это не единственная граница, вблизи которой монетарная политика может потерять свою эффективность. Например, поведение населения в отношении формирования депозитов в банках может качественно измениться, если доходность по размещению депозитов будет намного меньше вложения в другие

альтернативные инструменты. Проблема невозможности снизить ставку ниже определенной ненулевой границы получила название эффективной нижней границы (ELB) процентных ставок. Относительно тенденции к смене фокуса внимания от ZLB к ELB [высказался президент Центрального банка Норвегии О. Olsen](#): «До финансового кризиса большинство экономистов считали ноль нижней границей ставки экономической политики. В то же время этот предел представлял собой скорее теоретический интерес. Опыт последнего десятилетия изменил взгляды на нижнюю границу, и теперь мы говорим об «эффективной нижней границе», а не о «нулевой нижней границе».

В отношении России инструментом, приводящим к возникновению ELB, может являться вложение в иностранную валюту. Это объясняется тем, что за последнее десятилетие хранение средств в валюте оказалось де-факто высокодоходным: при хранении средств в долларах США с 1999 по 2020 год среднегодовая доходность составила бы 5,3%, с 2007 по 2020 год – 7,6%, с 2013 по 2020 год – 12,8%. При этом средняя ставка по размещению депозитов домохозяйств в национальной валюте на срок от 1 до 3 лет в период с 2014 по 2020 год составляла 7,2%, снизившись в 2020 году до 4,5%. Таким образом, доходность хранения средств в иностранной валюте превышает доходность депозитов в национальной валюте, а низкие ставки по депозитам в иностранной валюте не создают стимула хранения иностранной валюты в банках.

Вопрос о точном уровне ELB для России и о том, может ли этот уровень в принципе быть определен, мы оставляем для других исследований. Здесь, в таблице 6, мы приводим вероятности попадания экономики на потенциальные эффективные границы ставок, перебирая их значения от 0% (ZLB) до 3% с шагом 0,5%. Вероятности приводятся для случая идентифицированных параметров правила Тейлора.

Таблица 6. Вероятность пребывания на границе ставок в зависимости от граничного значения ставки⁶. Для случая идентифицированных значений параметров правила Тейлора

Нижняя граница (не обязательно нулевая) номинальной ставки, % годовых	Вероятность пребывания на границе
0 (ZLB)	0,3%
0,5	0,4%
1	0,8%
1,5	1,9%
2	3,2%
2,5	>2,3% ⁸
3	>3,8% ⁸

⁶ Для границы ставки 2,5 и 3% мы представляем только нижнюю оценку вероятности, поскольку мы не смогли рассчитать равновесные траектории макроэкономических переменных с помощью Occbin для некоторых реализаций последовательности шоков при предполагаемых параметрах правила Тейлора. Можно только сказать, что вычислительные проблемы возникают тогда, когда вероятность выхода за границу оказывается высокой. Следовательно, данная оценка является оценкой снизу.

Как видно из таблицы, вероятность попасть на нижнюю границу ставок увеличивается с ростом значения границы. Это означает, что Банку России не следует игнорировать проблему существования ELB. При этом оптимальные правила политики остаются качественно теми же, что и в таблице Таблица 4⁷.

8. Заключение

Мы рассмотрели динамическую стохастическую модель общего равновесия для открытой экспортно ориентированной экономики, в которой под воздействием шока условий торговли и шока внешней процентной ставки внутренняя номинальная процентная ставка может оказаться на нулевой нижней границе. Для экспортирующей экономики шоки, приводящие экономику на границу процентных ставок, являются позитивными. На основе функций импульсного отклика мы показали, что наличие нижней границы процентной ставки приводит к уменьшению влияния позитивных шоков. Это объясняется тем, что в результате шоков, приводящих экономику на границу ставок, инфляция падает сильнее, а реальная процентная ставка оказывается более высокой. Это подталкивает потребителей к более сберегающему поведению, уменьшая потребление и выпуск.

Помимо этого, при наличии ограничения на ставку растет волатильность инфляции, тогда как волатильность разрыва выпуска и процентной ставки снижается. Мы показали, что если целью регулятора является уменьшение лишь волатильности инфляции, то наличие ограничения на процентную ставку однозначно ухудшает целевую функцию регулятора. Если же регулятор одновременно снижает волатильность сразу нескольких показателей, то негативное влияние ограничения ослабевает, а в некоторых случаях может привести к небольшому выигрышу.

В общем случае, когда наличие ограничения на ставку негативно влияет на цели регулятора, параметры правила денежно-кредитной политики в оптимуме оказываются такими, что вероятность пребывания экономики на нижней границе оказывается ниже, чем пребывание ниже границы в случае отсутствия ограничения. Можно сказать, что в оптимуме регулятор де-факто уменьшает вероятность пребывания на нижней границе ставок. Стремлению уменьшить вероятность пребывания на границе ставок в оптимуме соответствуют более низкая степень реакции регулятора на инфляцию и более затянутый возврат процентной ставки к долгосрочному равновесию. Последнее приводит к формированию представлений агентов, что регулятор в будущем будет дольше бороться с

⁷ Это объясняется тем, что оптимальные правила слабо зависят от уровня долгосрочной инфляции. Значение долгосрочной инфляции автоматически задает (точнее, связано с ним) долгосрочное значение процентной ставки. Таким образом, оптимальные правила слабо меняются в зависимости от долгосрочного уровня ставки, хотя меняется вероятность пребывания на границе.

причинами, изменившими инфляцию, что влечет более умеренную реакцию инфляции на шоки.

Мы выбрали общую калибровку модели для экспортирующих стран, оценили ряд параметров на российских данных и установили долгосрочную инфляцию и ставку на уровне 4 и 6% годовых соответственно, что совпадает с целью Банка России. Мы получили, что вероятность попадания на границу ставок под воздействием двух шоков составляет всего 0,3%. И это может быть ответом на вопрос, почему мы редко видим экспортирующие экономики на ZLB: долгосрочная процентная ставка слишком высока, а ДКП инерционна.

При этом в оптимуме вероятность нахождения на границе ставок оценивается в 6,0–20,1% в зависимости от цели регулятора. Это указывает на то, что оптимальная политика совсем не обязательно должна во что бы то ни стало избегать попадания на границу ставок. Текущие идентифицированные нами параметры реакции процентной ставки на разрыв выпуска и коэффициент автокорреляции ставки попадают в диапазон значений из оптимальных правил, тогда как текущая степень реакции на инфляцию оказывается значительно ниже оптимальных параметров.

В силу того что доходность хранения сбережений в иностранной валюте в России в последние годы высокая, российская экономика способна столкнуться с проблемой ELB. Мы оценили, что при текущей политике вероятность столкнуться с ELB существенна.

9. Литература

Андреев М.Ю., Полбин А.В. (2019). Исследование эффекта финансового акселератора в DSGE-модели с описанием производства экспортного продукта. Журнал Новой экономической ассоциации. № 4. С. 12–49.

Дробышевский С.М., Полбин А.В. (2015) Декомпозиция динамики макроэкономических показателей РФ на основе DSGE-модели. Экономическая политика. № 2. С. 66–71.

Иващенко С.М. (2013). Динамическая стохастическая модель общего экономического равновесия с банковским сектором и эндогенными дефолтами фирм. Журнал Новой экономической ассоциации. № 3. С. 27–51.

Малаховская О.А. (2016). Использование моделей DSGE для прогнозирования: есть ли перспектива? Вопросы экономики. № 12. С. 129–146.

Шульгин А.Г. (2014). Сколько правил монетарной политики необходимо при оценке DSGE-модели для России? Прикладная эконометрика. № 4. С. 3–31.

Adolfson, M., Laséen, S., Lindé, J. and Svensson, L. (2011). Optimal Monetary Policy in an Operational Medium-Sized DSGE Model. *Journal of Money, Credit and Banking*, 43(7), pp. 1287–1331.

Adolfson, M., Laséen, S., Lindé, J. and Svensson, L. (2014). Monetary policy trade-offs in an estimated open-economy DSGE model. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 42(C), pp. 33–49.

Ambler, S., Guay, A. and Phaneuf, L. (2012). Endogenous business cycle propagation and the persistence problem: The role of labor-market frictions. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 36 (1), pp. 47–62

Andreyev, M. (2020). Adding a fiscal rule into a DSGE model: How much does it change the forecasts? Bank of Russia Working Paper Series wps64, Bank of Russia.

Benkhodja, M. (2014). Monetary policy and the Dutch disease effect in an oil exporting economy. *International Economics*, 138, pp. 78–102.

Bernanke, B.S., Gertler, M. and Gilchrist, S. (1999). The financial accelerator in a quantitative business cycle framework. In *Handbook of macroeconomics*, vol. 1. The Netherlands: North-Holland. Pp. 1341–1393.

Binning A. and Maih, J. (2017). Modelling Occasionally Binding Constraints Using Regime-Switching. Working Paper 2017/23, Norges Bank.

Coibion O., Gorodnichenko, Yu. and Wieland, J. (2012). The Optimal Inflation Rate in New Keynesian Models: Should Central Banks Raise Their Inflation Targets in Light of the Zero Lower Bound? *Review of Economic Studies*, 79(4), pp. 1371–1406.

Dib, A. (2003). An estimated Canadian DSGE model with nominal and real rigidities. *Canadian Journal of Economics*, 36(4), pp. 949–972.

Eggertsson, G. (2011). What Fiscal Policy is Effective at Zero Interest Rates? NBER Chapters, in: NBER Macroeconomics Annual 2010, Volume 25, pp. 59–112.

García-Cicco, J. and García-Schmidt, M. (2020). Revisiting the exchange rate pass through: A general equilibrium perspective. *Journal of International Economics*, 127(C).

Guerrieri L. and Iacoviello M. (2015). OccBin: A toolkit for solving dynamic models with occasionally binding constraints easily. *Journal of Monetary Economics*, 70(C), pp. 22–38.

Holden, T. (2016). Computation of solutions to dynamic models with occasionally binding constraints. EconStor Preprints 130143, ZBW – Leibniz Information Centre for Economics.

Huidrom, R., Kose, A., Matsuoka, H. and Ohnsorge F. (2020). How important are spillovers from major emerging markets? *International Finance*, 23(1), pp. 47–63.

Kreptsev, D.A. and Seleznev, S.M. (2018). Forecasting for the Russian Economy Using Small-Scale DSGE Models. *Russian Journal of Money and Finance*, 77(2), pp. 51–67.

Motto, R., Rostagno, M. and Christiano, L.J. (2010). Financial factors in economic fluctuations. In 2010 Meeting Papers (No. 141).

Murchison, S. and Rennison, A. (2006). ToTEM: The Bank of Canada's New Quarterly Projection Model. Bank of Canada Technical Report, no 97.

Rotemberg, J.J. (1982). Sticky prices in the United States. *Journal of Political Economy*, 90(6), pp. 1187–1211.

Schmidt, S. (2013). Optimal Monetary and Fiscal Policy with a Zero Bound on Nominal Interest Rates. *Journal of Money, Credit and Banking*, 45(7), pp. 1335–1350.

Smets, F. and Wouters, R. (2007). Shocks and Frictions in US Business Cycles: A Bayesian DSGE Approach. *American Economic Review*, 97(3), pp. 586–606.

Williams, J. (2009). Heeding Daedalus: Optimal Inflation and the Zero Lower Bound. Economic Studies Program, The Brookings Institution, 40(2), pp. 1–49.

10. Приложение: подробное описание модели

Здесь мы приводим полное описание использованной в исследовании модели.

10.1. Домохозяйства

Каждое домохозяйство $i \in [0;1]$ оптимизирует целевую функцию, отражающую удовольствие от потребления $C_t(i)$ и неудовольствие от труда $L_t(i)$:

$$U(i) = E \sum_{t=1}^{+\infty} \beta^t \left(\ln(C_t(i) - H_t) - \frac{\sigma_L}{1+l_{el}} (L_t(i))^{1+l_{el}} \right).$$

В данном выражении величина $H_t = hC_{t-1}$ отражает привычки потребления в соответствии с работой Smets, Wouters (2003).

Предполагается, что домохозяйства обладают монопольной властью на рынке труда, поэтому устанавливают предложение труда, исходя из знания спроса на свой труд:

$$L_t(i) = \left(\frac{W_t(i)}{W_t} \right)^{-\eta} L_t,$$

где $W_t(i)$ и W_t – индивидуальная и агрегированные заработные платы;

L_t – агрегированный труд.

Помимо этого, домохозяйства определяют номинальный объем вложений в облигации нерезидентов $Df_t(i)$, а также объем предоставляемых другим домохозяйствам кредитов $Loan_t(i)$. По аналогии с работой Smets, Wouters (2003) мы считаем, что процентная ставка по кредитам домохозяйств устанавливается регулятором. Данное предположение способствует устранению описания финансовых посредников, таких как коммерческие банки, которые транслируют домохозяйствам процентную ставку регулятора с искажениями, не являющимися предметом интереса авторов данной статьи.

Каждое домохозяйство в модели является собственником производственного капитала двух типов: $K_t^d(i)$ – для нужд сектора производства промежуточного внутреннего продукта, $K_t^{ex}(i)$ – для нужд сектора производства экспортного продукта. Считается, что капиталы для двух секторов не являются абсолютно взаимозаменяемыми. Оба типа капитала предоставляются производителям в аренду по номинальным ставкам r_t^d , r_t^{ex} . Запасы физического капитала $K_t^d(i)$, $K_t^{ex}(i)$ связаны с новым капиталом $DK_t^d(i)$, $DK_t^{ex}(i)$,

приобретаемым у производителей капитала по номинальным ценам Q_t^d , Q_t^{ex} , соотношениями

$$K_t^d(i) = (1 - \delta_d) K_{t-1}^d(i) + DK_t^d(i), \quad K_t^{ex}(i) = (1 - \delta_{ex}) K_{t-1}^{ex}(i) + DK_t^{ex}(i), \quad (8)$$

где δ_d , δ_{ex} нормы амортизации физического капитала.

Бюджетное ограничение домохозяйства имеет вид:

$$\begin{aligned} C_t(i) + \frac{Loan_t(i)}{P_t} + \frac{Df_t(i)S_t}{P_t} + \frac{Q_t^d DK_t^d(i)}{P_t} + \frac{Q_t^{ex} DK_t^{ex}(i)}{P_t} = \\ \frac{W_t(i)L_t(i)}{P_t} + \frac{N_t}{P_t} land(i) + R_{t-1}^l \frac{Loan_{t-1}(i)}{P_t} + \frac{r_t^d K_{t-1}^d(i)}{P_t} + \frac{r_t^{ex} K_{t-1}^{ex}(i)}{P_t} + \\ + R_t^f \frac{Df_{t-1}(i)S_t}{P_t} + \frac{\Pi_t^{fiz}}{P_t} + \frac{\Pi_t^d}{P_t} + \frac{\Pi_t^{ex}}{P_t} - \Psi_t^L(W_t(i)/W_{t-1}(i)) - \Psi_t^{Df}(Df_t(i)), \end{aligned} \quad (9)$$

где P_t – индекс цен на конечный продукт экономики;

S_t – номинальный обменный курс;

$land(i)$ – земля, принадлежащая домохозяйству и сдаваемая в аренду производителю экспортного товара;

N_t – арендная стоимость единицы земли;

R_t^l – устанавливаемая монетарными властями номинальная брутто-ставка по кредитам, предоставляемым домохозяйствами друг другу;

R_t^f – номинальная брутто-ставка по облигациям нерезидентов, номинированным в единицах иностранной валюты, и заданная процессом (5);

Π_t^{fiz} , Π_t^d , Π_t^{ex} – прибыль, перечисляемая домохозяйствам производителями производственного капитала и производителями двух видов продукта;

$\Psi_t^L(W_t(i)/W_{t-1}(i))$, $\Psi_t^{Df}(Df_t(i))$ – издержки, которые несет домохозяйство при изменении номинальной оплаты труда и при вложениях в облигации нерезидентов.

Издержки в соответствии с работой Ротемберга (Rotemberg, 1982) предполагаются квадратичными возрастающими функциями аргументов и равными нулю в долгосрочном

равновесии: $\Psi_t^L = \frac{1}{2} w (W_t(i)/W_{t-1}(i) - 1)^2 \frac{W_t L_t}{P_t}$, $\Psi_t^{Df} = \frac{1}{2} d_s (Df_t(i) S_t / P_t Y_t)^2 Y_t$.

Обозначив множитель Лагранжа при бюджетном ограничении домохозяйства через $\beta^t \Lambda_t$ и отбросив индекс домашнего хозяйства в рамках анализа симметричного равновесия (домохозяйства ничем не отличаются друг от друга), получим следующие необходимые условия оптимальности по потреблению, кредитам, вложениям в облигации, заработной плате и производственному капиталу для секторов производства внутреннего промежуточного и экспортного продуктов:

$$\Lambda_t = \frac{1}{C_t - hC_{t-1}}, \quad (10)$$

$$\Lambda_t = \beta R^l E_t \Lambda_{t+1} / \pi_{t+1}, \quad (11)$$

$$\Lambda_t = \beta R^f E_t \Lambda_{t+1} \frac{S_{t+1}}{\pi_{t+1} S_t} - \Lambda_t \frac{P_t}{S_t} \frac{\partial \Psi_t^{Df}}{\partial Df_t}, \quad (12)$$

$$\sigma_L (L_t)^{\eta-1} = \frac{\eta-1}{\eta} \Lambda_t \frac{W_t}{P_t} - \frac{W_t}{\eta L_t} \Lambda_t \frac{\partial \Psi_t^L}{\partial W_t} - \beta \frac{W_t}{\eta L_t} E_t \Lambda_{t+1} \frac{\partial \Psi_{t+1}^L}{\partial W_t}, \quad (13)$$

$$\Lambda_t \frac{Q_t^d}{P_t} = \beta \Lambda_{t+1} \left(\frac{Q_{t+1}^d}{P_{t+1}} (1 - \delta_d) + \frac{r_{t+1}^d}{P_{t+1}} \right), \quad (14)$$

$$\Lambda_t \frac{Q_t^{ex}}{P_t} = \beta \Lambda_{t+1} \left(\frac{Q_{t+1}^{ex}}{P_{t+1}} (1 - \delta_{ex}) + \frac{r_{t+1}^{ex}}{P_{t+1}} \right). \quad (15)$$

В выражениях (11), (12) $\pi_t = P_t/P_{t-1}$ – отношение номинальных цен на конечную продукцию в национальной валюте.

10.2. Производители конечного продукта

Производители конечного продукта, во-первых, покупают на рынке совершенной конкуренции дифференцированный товар $Y_t^d(j)$ у каждого производителя j , $j \in [0;1]$ промежуточного внутреннего товара по номинальной цене $P_t^d(j)$, а затем агрегируют дифференцированные продукты согласно технологии Диксита – Стиглица

$Y_t^d = \left[\int_0^1 (Y_t^d(j))^{\frac{\sigma_d-1}{\sigma_d}} dj \right]^{\frac{\sigma_d}{\sigma_d-1}}$. Во-вторых, они агрегируют внутренний продукт Y_t^d

совместно с покупаемым по цене P_t^f импортным товаром Imp_t в конечный продукт Y_t в соответствии с производственной функцией Кобба – Дугласа:

$$Y_t = \frac{(Imp_t)^\omega (Y_t^d)^{1-\omega}}{\omega^\omega (1-\omega)^{1-\omega}}. \quad (16)$$

Производители продают конечный продукт на рынке по цене P_t , а целью деятельности ставят максимизацию прибыли $P_t Y_t - S_t P_t^f Imp_t - \int_0^1 P_t^d(j) Y_t^d(j) dj$. Из решения задачи максимизации прибыли при технологических ограничениях следует, что функция спроса на товар j -го производителя промежуточного внутреннего товара имеет вид

$$Y_t^d(j) = Y_t^d \left(\frac{P_t^d(j)}{P_t^d} \right)^{-\sigma_d}, \quad (17)$$

где P_t^d – агрегированная цена на внутренний продукт. Далее в предположении о симметричности равновесия оставшаяся часть решения задачи запишем как

$$\frac{P_t^d}{P_t} Y_t^d = (1-\omega) Y_t, \quad (18)$$

$$\frac{S_t P_t^f}{P_t} Imp_t = \omega Y_t. \quad (19)$$

10.3. Производители продуктов: промежуточного внутреннего и экспортного

Будем предполагать, что производители промежуточного внутреннего товара действуют на рынке монополистической конкуренции. Производители экспортного товара действуют на рынке совершенной конкуренции. И тех, и других производителей континуум. Далее мы будем нумеровать их индексами $j \in [0;1]$ и $k \in [0;1]$ соответственно.

Оба типа производителей в качестве факторов производства в период времени t используют труд в количествах $L_t^d(j)$, $L_t^{ex}(\kappa)$ ⁸, который они покупают на общем рынке по цене W_t , и производственный капитал $K_{t-1}^d(j)$, $K_{t-1}^{ex}(\kappa)$, который они арендуют на отдельных рынках у домохозяйств по номинальным арендным ставкам r_t^d , r_t^{ex} . Производители экспортного товара, в отличие от производителей внутреннего товара, используют еще и третий фактор производства – землю. За использование земли в объеме $Land_t(\kappa)$ производители экспорта выплачивают домохозяйствам номинальную величину $N_t Land_t(\kappa)$. Спецификация производственной функции для сырьевых секторов с землей в качестве фактора производства также использовалась в ДСМОР-модели Банка Канады ToTEM (Murchison, Rennison, 2006). Данное предположение позволяет учитывать различную наделенность природными ресурсами: чем больше фактор «земля» присутствует в экономике, тем ниже издержки добычи заданного объема ресурсов.

Производственные функции для производителей промежуточного внутреннего и экспортного товаров имеют вид:

$$Y_t^d(j) = a_d (K_{t-1}^d(j))^{\alpha_d} (L_t^d(j))^{1-\alpha_d}, \quad (20)$$

$$Y_t^{ex}(\kappa) = a_{ex} (K_{t-1}^{ex}(\kappa))^{\alpha_{ex}} (L_t^{ex}(\kappa))^{1-\alpha_{ex}-\gamma_{ex}} (Land_t(\kappa))^{\gamma_{ex}}. \quad (21)$$

Производители принимают решение о выборе переменных физического капитала $K_{t-1}^d(j)$, $K_{t-1}^{ex}(\kappa)$ в период t . Сдвиг назад во времени в обозначениях связан с тем, что, как предполагается, предприниматель может сдавать производителям в аренду лишь тот физический капитал, который был произведен к концу периода $t-1$. Данное предположение позволяет учесть запаздывание ввода в действие инвестиций.

Задачи производителей внутреннего промежуточного товара и производителей экспортного товара заключаются в максимизации ожидаемого приведенного дохода

$$E \sum_{t=1}^{+\infty} \beta^t \Lambda_t \frac{\Pi_t^d(j)}{P_t}, E \sum_{t=1}^{+\infty} \beta^t \Lambda_t \frac{\Pi_t^{ex}(\kappa)}{P_t}, \text{ где доходы определяются из выражений:}$$

⁸ Далее индекс d соответствует производителю внутреннего товара, ex – экспортного товара.

$$\Pi_t^d(j) = P_t^d(j) Y_t^d(j) - W_t L_t^d(j) - r_t^d K_{t-1}^d(j) - k/2 \left(P_t^d(j) / P_{t-1}^d(j) - 1 \right)^2 P_t^d Y_t^d, \quad (22)$$

$$\begin{aligned} \Pi_t^{ex}(\kappa) = & S_t P_t^{ex} Y_t^{ex}(\kappa) - W_t L_t^{ex}(\kappa) - r_t^{ex} K_{t-1}^{ex}(\kappa) - \\ & - N_t Land_t(\kappa) - w_{ex}/2 \left(L_t^{ex}(\kappa) / L_{t-1}^{ex}(\kappa) - 1 \right)^2 W_t L_t^{ex}. \end{aligned} \quad (23)$$

Квадратичные члены в выражениях отражают издержки на изменение объема нанимаемого труда $L_t^{ex}(\kappa)$ и номинальной цены $P_t^d(j)$ в соответствии с работой Ротемберга (Rotemberg, 1982) и реализуют механизм жесткости данных показателей.

Условия первого порядка по капиталу, труду и земле для задачи производителя экспортного товара после перехода к агрегированным переменным записывается следующим образом:

$$r_t^{ex} K_{t-1}^{ex} = \alpha_{ex} S_t P_t^{ex} Y_t^{ex}, \quad (24)$$

$$\begin{aligned} W_t L_t^{ex} + w_{ex} \left(\frac{L_t^{ex}}{L_{t-1}^{ex}} - 1 \right) \frac{L_t^{ex}}{L_{t-1}^{ex}} W_t L_t^{ex} - \beta w_{ex} E_t \frac{\Lambda_{t+1}}{\Lambda_t} \frac{P_t}{P_{t+1}} \left(\frac{L_{t+1}^{ex}}{L_t^{ex}} - 1 \right) \frac{L_{t+1}^{ex}}{L_t^{ex}} W_{t+1} L_{t+1}^{ex} = \\ = (1 - \alpha_{ex} - \gamma_{ex}) S_t P_t^{ex} Y_t^{ex}, \end{aligned} \quad (25)$$

$$Land_t N_t = \gamma_{ex} S_t P_t^{ex} Y_t^{ex}, \quad (26)$$

где P_t^{ex} – внешняя цена на экспортируемый продукт. Предполагается, что динамика условий торговли $\tilde{P}_t^{res} = P_t^{ex} / P_t^f$ описывается процессом (4).

Максимизация целевой функции отдельного производителя внутреннего промежуточного товара по факторам производства и цене $P_t^d(j)$ при информационном ограничении (17), производственном ограничении (20) и соотношении (22) после перехода к агрегированным переменным дает соотношения

$$r_t^d K_{t-1}^d = \alpha_d M C_t P_t^d Y_t^d, \quad (27)$$

$$W_t L_t^d = (1 - \alpha_d) M C_t P_t^d Y_t^d, \quad (28)$$

$$Mc_t = \frac{\sigma_d - 1}{\sigma_d} + \frac{k}{\sigma_d} \left(\frac{P_t^d}{P_{t-1}^d} - 1 \right) \frac{P_t^d}{P_{t-1}^d} - \beta \frac{k}{\sigma_d} E_t \frac{\Lambda_{t+1}}{\Lambda_t} \frac{Y_{t+1}^d}{Y_t^d} \frac{P_t}{P_{t+1}} \left(\frac{P_{t+1}^d}{P_t^d} - 1 \right) \left(\frac{P_{t+1}^d}{P_t^d} \right)^2. \quad (29)$$

Величина Mc_t содержательно интерпретируется как предельные издержки производителя.

10.4. Производитель производственного капитала

Производитель производственного капитала покупает на рынке конечного товара инвестиции Inv_t^d , Inv_t^{ex} , которые использует для создания производственного капитала DK_t^d , DK_t^{ex} с целью последующей продажи домохозяйствам по номинальным ценам Q_t^d , Q_t^{ex} . Технология преобразования инвестиций в капитал учитывает нелинейность издержек на производство капитала и описывается уравнениями:

$$DK_t^d = Inv_t^d - \Psi_t^d (Inv_t^d / Inv_{t-1}^d) Inv_t^d, \quad DK_t^{ex} = Inv_t^{ex} - \Psi_t^{ex} (Inv_t^{ex} / Inv_{t-1}^{ex}) Inv_t^{ex}, \quad (30)$$

$$\text{где } \Psi_t^d (Inv_t^d / Inv_{t-1}^d) = 1/2 k_d (Inv_t^d / Inv_{t-1}^d - 1)^2, \quad \Psi_t^{ex} (Inv_t^{ex} / Inv_{t-1}^{ex}) = 1/2 k_{ex} (Inv_t^{ex} / Inv_{t-1}^{ex} - 1)^2.$$

Целью деятельности производителя капитала является максимизация ожидаемой приведенной прибыли $E_t \sum_{t=1}^{+\infty} \beta^t \Lambda_t \frac{\Pi_t^{fz}}{P_t}$. Выражение для прибыли текущего периода Π_t^{fz} имеет вид:

$$\Pi_t^{fz} = Q_t^d DK_t^d + Q_t^{ex} DK_t^{ex} - P_t Inv_t^d - P_t Inv_t^{ex}. \quad (31)$$

В результате максимизации ожидаемой приведенной прибыли цены производственного капитала оказываются определенными из соотношений:

$$\frac{Q_t^d}{P_t} \left(1 - \Psi_t^d - Inv_t^d \frac{\partial \Psi_t^d}{\partial Inv_t^d} \right) = 1 + \beta E_t Inv_{t+1}^d \frac{\Lambda_{t+1}}{\Lambda_t} \frac{Q_{t+1}^d}{P_{t+1}} \frac{\partial \Psi_{t+1}^d}{\partial Inv_t^d}, \quad (32)$$

$$\frac{Q_t^{ex}}{P_t} \left(1 - \Psi_t^{ex} - Inv_t^{ex} \frac{\partial \Psi_t^{ex}}{\partial Inv_t^{ex}} \right) = 1 + \beta E_t Inv_{t+1}^{ex} \frac{\Lambda_{t+1}}{\Lambda_t} \frac{Q_{t+1}^{ex}}{P_{t+1}} \frac{\partial \Psi_{t+1}^{ex}}{\partial Inv_t^{ex}}. \quad (33)$$

10.5. Равновесие рынков

Условия баланса записываются для рынка труда, рынка земли, рынка кредитов, рынка конечного продукта и валютного рынка в следующем виде:

$$L_t = L_t^d + L_t^{ex}, \quad (34)$$

$$\int_0^1 Land_t(\kappa) d\kappa = \int_0^1 land(i) di = land, \quad (35)$$

$$\int_0^1 Loan_t(i) di = 0, \quad (36)$$

$$C_t + Inv_t^d + Inv_t^{ex} + \Psi_t^L (W_t/W_{t-1}) + k/2 (P_t^d / P_{t-1}^d - 1)^2 P_t^d Y_t^d / P_t + w_{ex}/2 (L_t^{ex} / L_{t-1}^{ex} - 1)^2 W_t L_t^{ex} / P_t = Y_t, \quad (37)$$

$$P_t^{ex} Y_t^{ex} + R_{t-1}^f Df_{t-1} = P_t^f Imp_t + Df_t + P_t^f \Psi_t^{Df} / S_t. \quad (38)$$

Соотношение (35) означает, что предложение земли фиксировано, поскольку объем земли, принадлежащей отдельным домохозяйствам, считается неизменным. Последние 3 слагаемых в левой части (37) – издержки, связанные с изменением номинальных заработных плат, цен производителей и объема отработанных часов в секторе производства экспортного продукта.

10.6. Денежно-кредитная политика

Считается, что регулятор следует правилу Тейлора (1) до тех пор, пока номинальная процентная ставка строго выше нуля (2). Регулятор перестает следовать правилу Тейлора (1), если номинальная процентная ставка упирается в нулевую границу (3).

10.7. Уравнения модели

Окончательно модель представляется соотношениями (4), (5), (8)–(16), (18)–(38), а также (в зависимости от срабатывания режима нахождения на нижней границе номинальной ставке) – выражениями (1) или (3).