



Банк России

КВАРТАЛЬНАЯ ПРОГНОЗНАЯ МОДЕЛЬ ДЕПАРТАМЕНТА ИССЛЕДОВАНИЙ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ

Алена Нелюбина



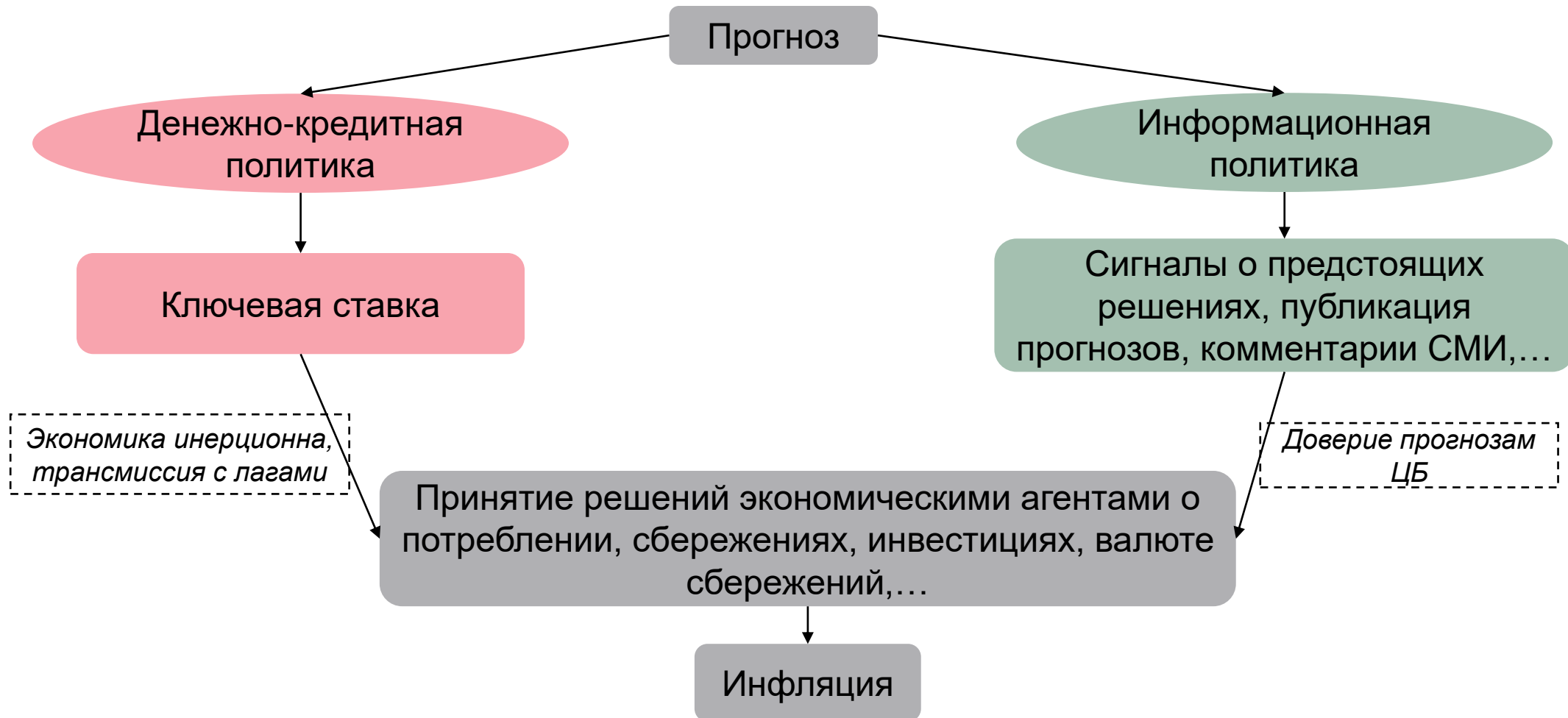


Банк России

МОДЕЛЬ ДЛЯ ДЕНЕЖНО-
КРЕДИТНОЙ ПОЛИТИКИ



Для чего центральным банкам нужны прогнозы?



Практические требования к прогнозным моделям

Точность

Низкая (околонулевая) ошибка прогноза

Интерпретируемость

Помогает понять причины динамики переменных и вклад факторов в их изменение

Сбалансированная
сложность

Содержит оптимальный набор взаимосвязей.
История понятна аналитикам и лицам,
принимающим решения

Практические требования к прогнозным моделям

На практике данные свойства конфликтуют между собой

Точность

VS

Интерпретируемость

VS

Сложность

Примеры: модели машинного обучения (низкая интерпретируемость), некоторые объемные DSGE (может снижаться точность, интерпретируемость),...

- Необходима разработка моделей, содержащих баланс между этими характеристиками;
- Использование одновременно разных моделей.

Сравнение QPM* с альтернативами

Критерий	DSGE	QPM	Эконом.
Модель общего равновесия (есть разные агенты и сектора)	+	+	+
Создание макроэкономически согласованных прогнозов	+	+	
Инструмент для ДКП (функция реакции монетарной политики в явном виде)	+	+	
Нет строгих ограничений на количество переменных	+	+	
Возможность быстрого обновления прогноза (и создания сценариев)		+/-	+
Высокая гибкость (возможность включения множества экзогенных предпосылок)		+	
Инструмент для исследований структурных сдвигов и динамики трендов	+		+
Микрообоснованность	+		

*QPM = Quarterly projection model (КПМ = Квартальная прогнозная модель)



Банк России

7

УЧЕТ СПЕЦИФИКИ РОССИИ В КПМ
ДЕПАРТАМЕНТА ИССЛЕДОВАНИЙ И
ПРОГНОЗИРОВАНИЯ



Учет страновой специфики России в КПМ ДИП*

- **Инфляционные ожидания – инерционны** => калибровка
- **Бюджетное правило** => блок уравнений с бюджетно-налоговой политикой
- **Снизившаяся зависимость финансовой системы от внешнего мира** => модификация UIP
- **Наличие структурных сдвигов экономики** => корректировка трендов
- **Наличие льготных программ кредитования** => блок уравнений с кредитованием

*ДИП = Департамент исследований и прогнозирования

Учет страновой специфики России в КПМ ДИП

Ключевые уравнения:

1. Динамика инфляции
2. Динамика спроса ($ВВП = \text{внутренний спрос} + \text{экспорт} - \text{импорт}$)
3. Уравнение формирования обменного курса
4. Правило денежно-кредитной политики
5. Бюджетный блок
6. Кредитный блок (плюс рынок ОФЗ)



Банк России

10

ОСНОВНЫЕ УРАВНЕНИЯ КПМ ДИП

Динамика внутреннего спроса

Разрыв внутреннего
спроса

Дополнительный
спрос на кредиты

$$\hat{d}_t^{ru} = \alpha_1^{ru} * E\hat{d}_{t+1}^{ru} + \alpha_2^{ru} * \hat{d}_{t-1}^{ru} - \alpha_3^{ru} * \widehat{mci}_{t-1}^{ru} + \alpha_4^{ru} * \hat{z}_{t-1} + \alpha_5^{ru} * \textit{credit_impulse} + \alpha_6^{ru} *$$

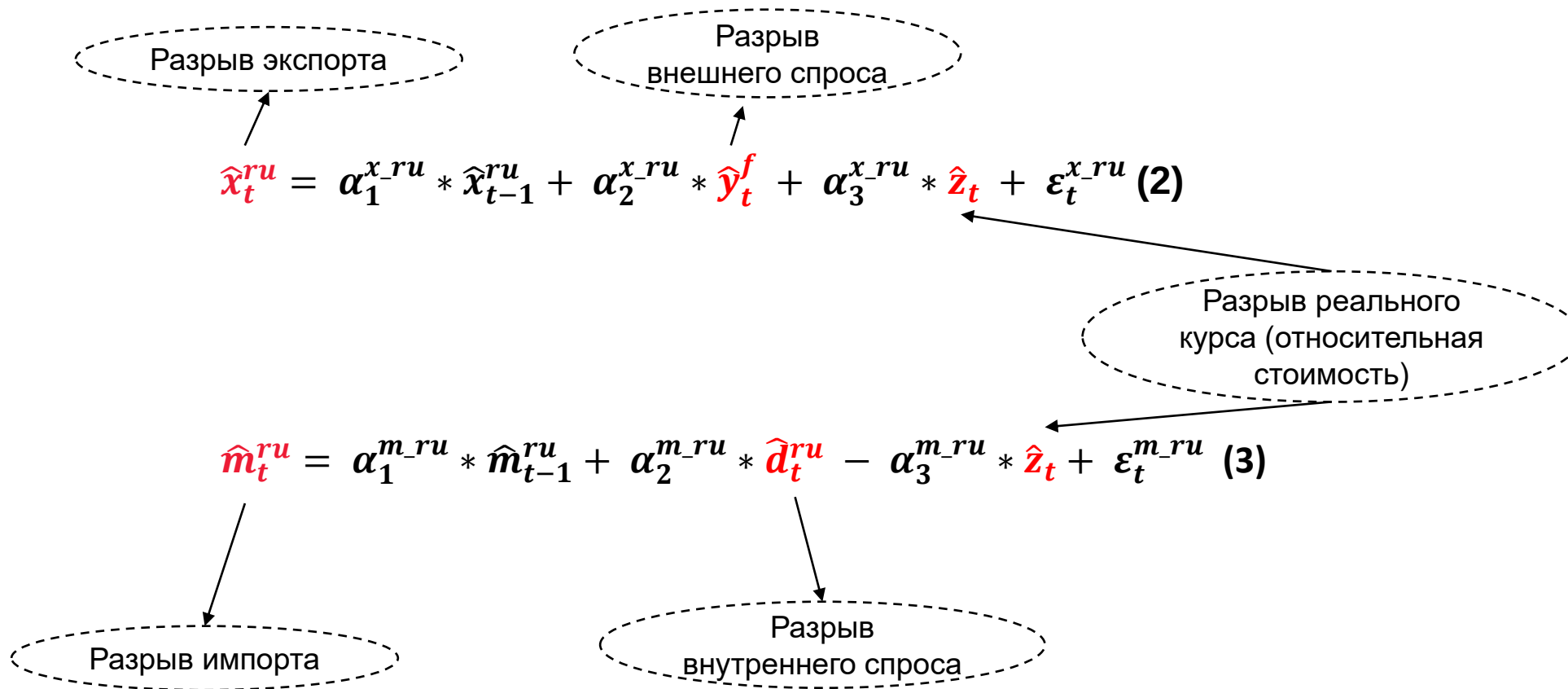
$$\textit{budget_impulse} + \varepsilon_t^{d,ru} \quad (1)$$

Влияние бюджетно-
налоговой политики

Обозначение	Расшифровка
$\hat{d}_t^{ru}$	Разрыв внутреннего спроса
$\widehat{mci}_t^{ru}$	Разрыв индекса денежных условий
$\hat{z}_t$	Разрыв реального эффективного обменного курса
$\textit{credit_impulse}$	Кредитный импульс
$\textit{budget_impulse}$	Бюджетный импульс



Динамика внешней торговли



Динамика инфляции

Инфляция

$$\pi_t^{ru} = \underbrace{\beta_1^{ru} * E\pi_{t+1}^{ru} + (1 - \beta_1^{ru}) * \sum_{n=1}^4 (w_n * \pi_{t-n}^{ru})}_{\text{Инфляционные ожидания}} + \beta_2^{ru} * (\hat{z}_t - \hat{z}_{t-1}) + \beta_3^{ru} * \hat{d}_{t-1}^{ru} + \varepsilon_t^{ru} \quad (4)$$

Инфляционные ожидания

Обозначение	Расшифровка
π_t^{ru}	Инфляция
w_n	Вес лага инфляции порядка n в инерционной части ожиданий
$\hat{z}_t$	Разрыв реального эффективного обменного курса
$\hat{d}_t^{ru}$	Разрыв внутреннего спроса

Динамика обменного курса

$$\hat{z}_t^{rub/usd} = \tau_1 * \left(\tau_2 * \hat{z}_{t-1}^{rub/usd} + (1 - \tau_2) * \hat{z}_{t+1}^{rub/usd} + \overbrace{(\hat{r}_t^{us} - \hat{r}_t^{ru} + \widehat{prem}_t^{ru})/4}^{\text{Паритет процентных ставок}} \right) + (1 - \tau_1) * (-\tau_4 * (\hat{x}_t^{ru} - \hat{m}_t^{ru}) - \tau_5 * \widehat{oil}_t^{exp} + \tau_6 * (R_t^o - R_t^{o,rule})) + \varepsilon_t^{s^{rub/usd}} \quad (5)$$

Разрыв реального
обменного курса

Разрыв импорта

Разрыв экспорта

Обозначение	Расшифровка
$\hat{z}_t^{rub/usd}$	Разрыв реального курса доллара
$\hat{r}_t^{ru}$	Разрыв реальной ставки в России
$\hat{r}_t^{us}$	Разрыв реальной ставки в США
$\widehat{prem}_t^{ru}$	Разрыв премии за риск
$\hat{x}_t^{ru}$	Разрыв экспорта
$\hat{m}_t^{ru}$	Разрыв импорта
$\widehat{oil}_t^{exp}$	Разрыв реальной экспортной цены нефти
$(R_t^o - R_t^{o,rule})$	Изменение резервов в соответствии с БП

Правило монетарной политики (правило Тейлора)

Ставка

Отклонение инфляции от цели

$$i_t^{ru} = \delta_1 * i_{t-1}^{ru} + (1 - \delta_1) * (i_t^{neutral} + \delta_2 * (\pi_{t+4}^{4,ru} - \pi_{t+4}^{target}) + \delta_3 * \hat{y}_t^{ru}) + \varepsilon_t^i \quad (6)$$

Обозначение	Расшифровка
i_t^{ru}	Краткосрочная процентная ставка денежного рынка
$i_t^{neutral}$	Нейтральная процентная ставка
$\pi_{t+4}^{4,ru}$	Ожидаемая инфляция (на 4 квартала вперед)
π_{t+4}^{target}	Цель по инфляции
$\hat{y}_t^{ru}$	Разрыв выпуска



Кредитный блок

Изменение объема задолженности по отношению к ВВП:

$$ncr_t^{ru} = (CR_t^{ru} - CR_{t-1}^{ru}) / GDP_t^{ru} \quad (7)$$

Изменение спроса
на кредиты

ВВП

Объем
задолженности

Циклический спрос на кредиты:

$$\widehat{ncr}_t^{ru} = \theta_1 * \widehat{ncr}_{t-1}^{ru} + \theta_2 * \widehat{y}_t^{ru} - \theta_3 * \widehat{r}_t^{loan} + \text{credit impulse} \quad (8)$$

Циклический спрос
на кредиты

Фаза экономического
цикла (разрыв
выпуска)

Степень жесткости
ДКП (разрыв ставки)

Дополнительный спрос на кредиты:

- Программы льготного кредитования;
- Ажиотажный спрос;
- Изменения в регулировании;
- Кредиты значимых отраслей...

Бюджетный блок

Бюджетный импульс:

$$\mathbf{budget}_{impulse} = -mult_1 * Impulse_IR_t^{ru} - mult_2 * Impulse_NIR_t^{ru} - mult_3 * Impulse_OR_t^{ru} + mult_4 * Impulse_NIE_t^{ru} + mult_5 * Impulse_IE_t^{ru} \quad (9)$$

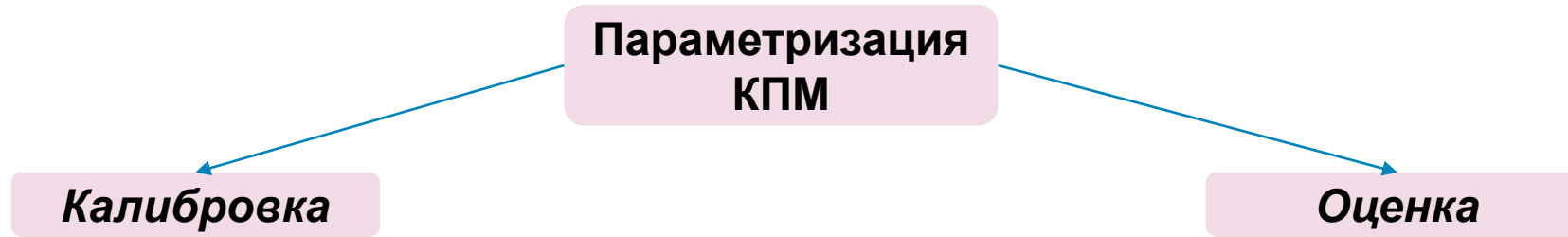
Обозначение	Расшифровка
$\mathbf{budget}_{impulse}$	Совокупный бюджетный импульс
$\mathbf{Impulse_IR}_t^{ru}$	Бюджетный импульс со стороны импортных доходов бюджета
$\mathbf{Impulse_NIR}_t^{ru}$	Бюджетный импульс со стороны доходов бюджета, не связанных с импортом
$\mathbf{Impulse_OR}_t^{ru}$	Бюджетный импульс со стороны нефтегазовых доходов
$\mathbf{Impulse_NIE}_t^{ru}$	Бюджетный импульс со стороны непроцентных расходов
$\mathbf{Impulse_IE}_t^{ru}$	Бюджетный импульс со стороны процентных расходов



Банк России

КАЛИБРОВКА МОДЕЛИ

Калибровка



Калибровка – присвоение параметрам модели значений, которые:

- не являются результатом решения оптимизационной задачи;
- соответствуют экспертным суждениям и (или) динамике реальных данных.

Калибровка модели российской экономики позволяет:

- получить оценку параметров даже при наличии коротких рядов данных и структурных сдвигов;
- учесть экспертные суждения о никогда раньше не наблюдавшихся структурных изменениях (например, 2022 г.).

Калибровка

Основные этапы:

1. Присваиваем параметрам модели значения

2. Анализируем функции импульсных откликов

Оцениваем динамическое поведение откалиброванной модели. Проверяем, что реакции переменных модели на шоки:

- соответствуют экономической логике (имеют правильные знаки);
- затухают со временем (система возвращается к устойчивым состояниям);
- не колеблются сильно (не выглядят как волны).

3. Анализируем прогнозы внутри выборки

Смотрим, насколько хорошо откалиброванная модель, если бы она использовалась в прошлом, могла бы предсказать данные.

4. Анализируем декомпозиции переменных на факторы

Оцениваем способность модели интерпретировать прошлые события.

Калибровка

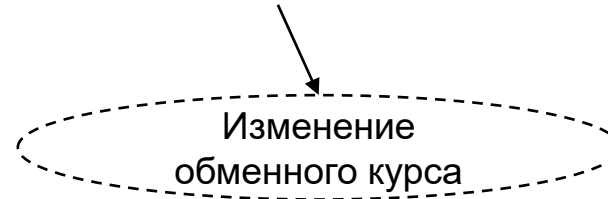
На что можно опираться при определении коэффициентов:

- Международная практика калибровки подобных моделей;
- Исследования и оценки по России (хотя бы для некоторых коэффициентов);
- Собственные дополнительные расчеты.



Пример калибровки эффекта переноса курса в инфляцию

$$\pi_t^{ru} = \beta_1^{ru} * E\pi_{t+1}^{ru} + (1 - \beta_1^{ru}) * \sum_{n=1}^4 (w_n * \pi_{t-n}^{ru}) + \beta_2^{ru} * (\hat{z}_t - \hat{z}_{t-1}) + \beta_3^{ru} * \hat{d}_{t-1}^{ru} + \varepsilon_t^{ru} \quad (4)$$



$$\beta_2^{ru} = ?$$

В международной практике QPM: $\beta_2^{ru} = [0.1:0.3]$

Возьмем $\beta_2^{ru} = 0.2$

Пример калибровки эффекта переноса курса в инфляцию

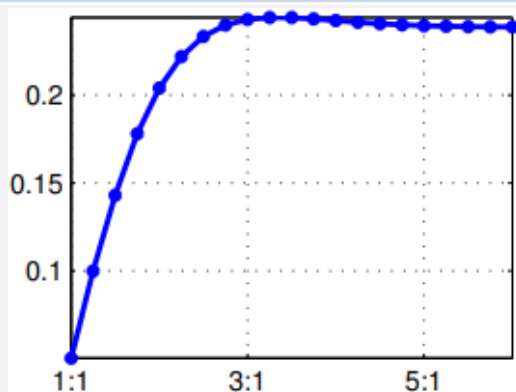
$$\pi_t^{ru} = \beta_1^{ru} * E\pi_{t+1}^{ru} + (1 - \beta_1^{ru}) * \sum_{n=1}^4 (w_n * \pi_{t-n}^{ru}) + \beta_2^{ru} * (\hat{z}_t - \hat{z}_{t-1}) + \beta_3^{ru} * \hat{d}_{t-1}^{ru} + \varepsilon_t^{ru} \quad (4)$$

Возьмем $\beta_2^{ru} = 0.2$

Анализируем накопленный импульсный отклик:

Шок курса (обесценение курса на 1%)

Накопленный вклад в инфляцию (п.п.)



При обесценении обменного курса доллара к рублю на 10% **цены увеличиваются на 2,5%.**

Пример калибровки эффекта переноса курса в инфляцию

$$\pi_t^{ru} = \beta_1^{ru} * E\pi_{t+1}^{ru} + (1 - \beta_1^{ru}) * \sum_{n=1}^4 (w_n * \pi_{t-n}^{ru}) + \beta_2^{ru} * (\hat{z}_t - \hat{z}_{t-1}) + \beta_3^{ru} * \hat{d}_{t-1}^{ru} + \varepsilon_t^{ru} \quad (4)$$

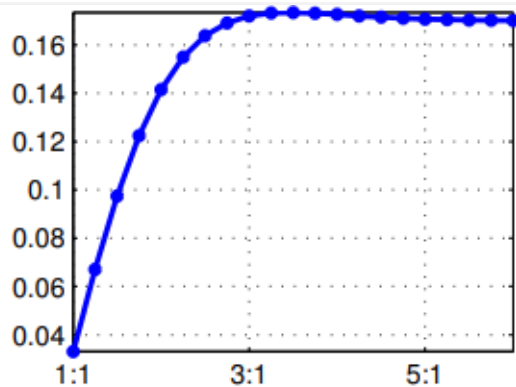
$$\beta_2^{ru} = ?$$

Результаты исследования (Картаев, Якимов, 2018) на российских данных: долгосрочный ЭП = 0.17

=> При обесценении обменного курса доллара к рублю на 10% **цены увеличиваются на 1,7%**

Шок курса (обесценение курса на 1%)

Накопленный вклад в инфляцию (п.п.)



При $\beta_2^{ru} = 0.12$

Пример калибровки эффекта переноса курса в инфляцию

$$\pi_t^{ru} = \beta_1^{ru} * E\pi_{t+1}^{ru} + (1 - \beta_1^{ru}) * \sum_{n=1}^4 (w_n * \pi_{t-n}^{ru}) + \beta_2^{ru} * (\hat{z}_t - \hat{z}_{t-1}) + \beta_3^{ru} * \hat{d}_{t-1}^{ru} + \varepsilon_t^{ru} \quad (4)$$

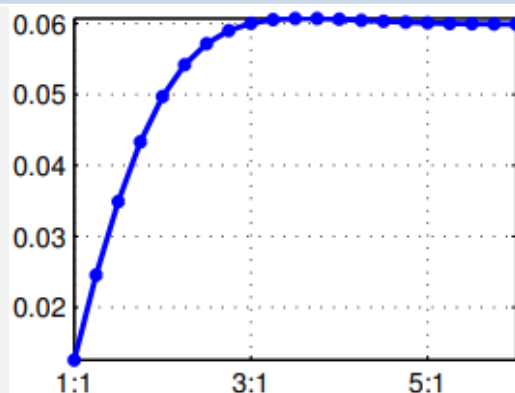
$$\beta_2^{ru} = ?$$

Результаты исследования на более свежих российских данных: долгосрочный ЭП = 0.06

=> При обесценении обменного курса доллара к рублю на 10% **цены увеличиваются на 0,6%**

Шок курса (обесценение курса на 1%)

Накопленный вклад в инфляцию (п.п.)



При $\beta_2^{ru} = 0.04$

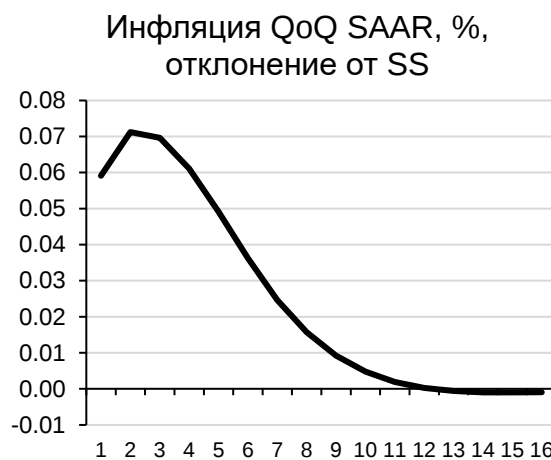
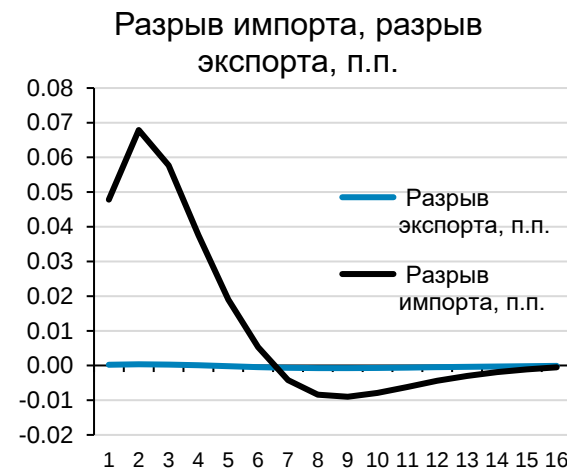
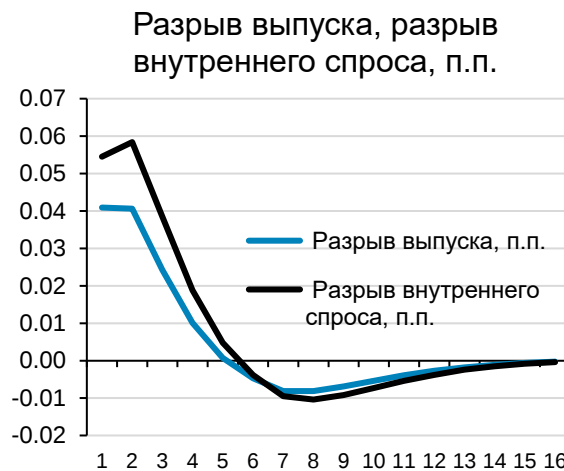
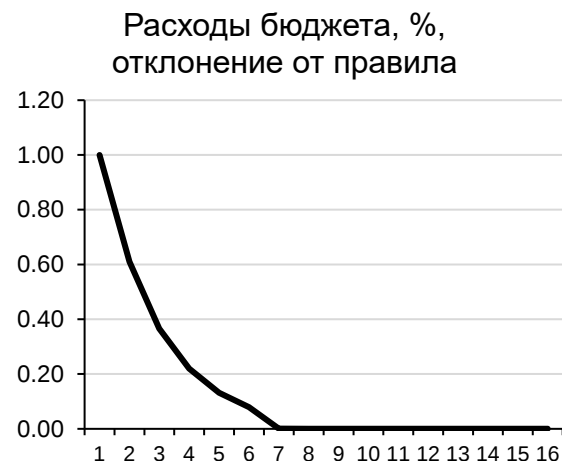
Важно: калибровка происходит в комплексе



Банк России

ИМПУЛЬСНЫЕ ОТКЛИКИ
КПМ ДИП

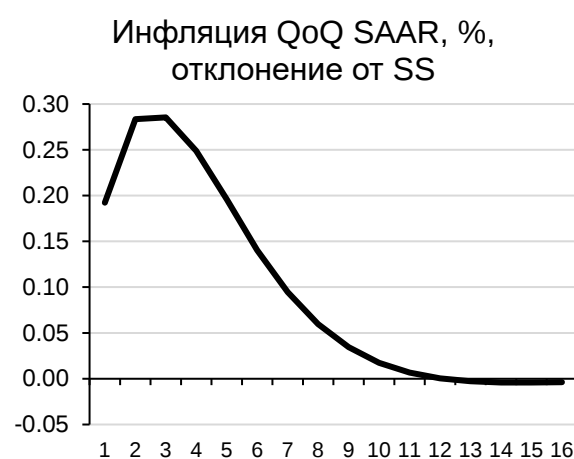
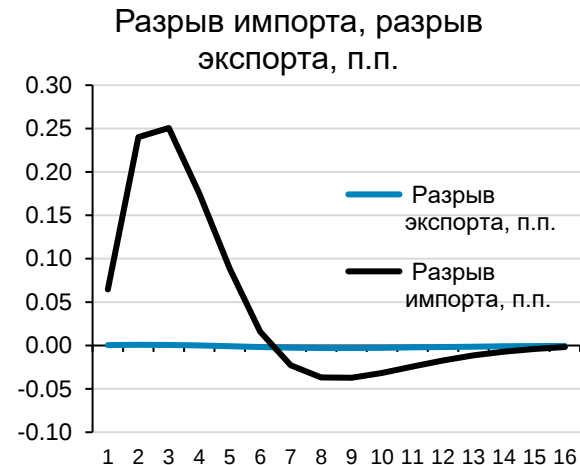
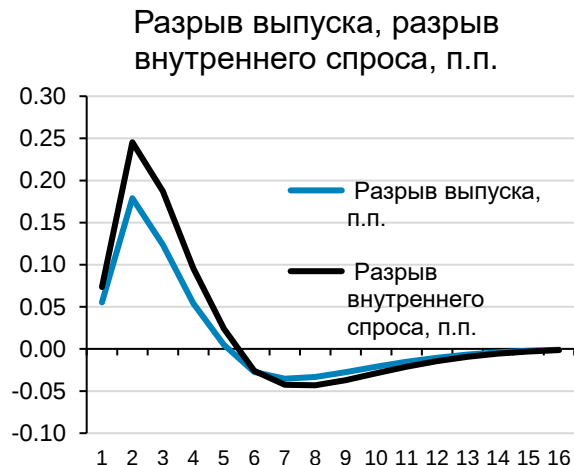
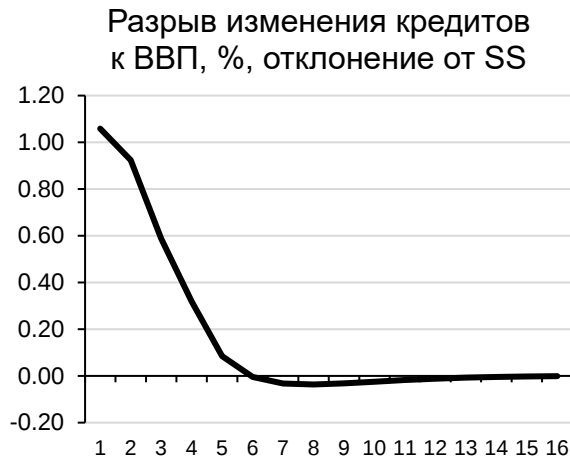
Импульсные отклики на временный неожиданный рост расходов бюджета



Неожиданный рост расходов (например, превышение расходов над БП) =>
 ↑ разрыва выпуска =>
 ↑ разрыва импорта =>
 ослабление курса

Ослабление курса + ↑
 разрыва выпуска =>
 ↑ инфляции =>
 ЦБ поднимает ставку
 => система
 возвращается к
 равновесию

Импульсные отклики на временный неожиданный рост кредитования



Неожиданный рост кредитования (например, льготные программы) => ↑ разрыва выпуска => ↑ разрыва импорта => ослабление курса

Ослабление курса + ↑ разрыва выпуска => ↑ инфляции => ЦБ поднимает ставку => система возвращается к равновесию



Банк России

ПРОЦЕСС
ПРОГНОЗИРОВАНИЯ
ПРИ ПОМОЩИ КПМ

Этап 1. Сбор данных

Периодичность данных: квартальная

Данные могут быть разной длины – пропуски будут заполнены в процессе фильтрации

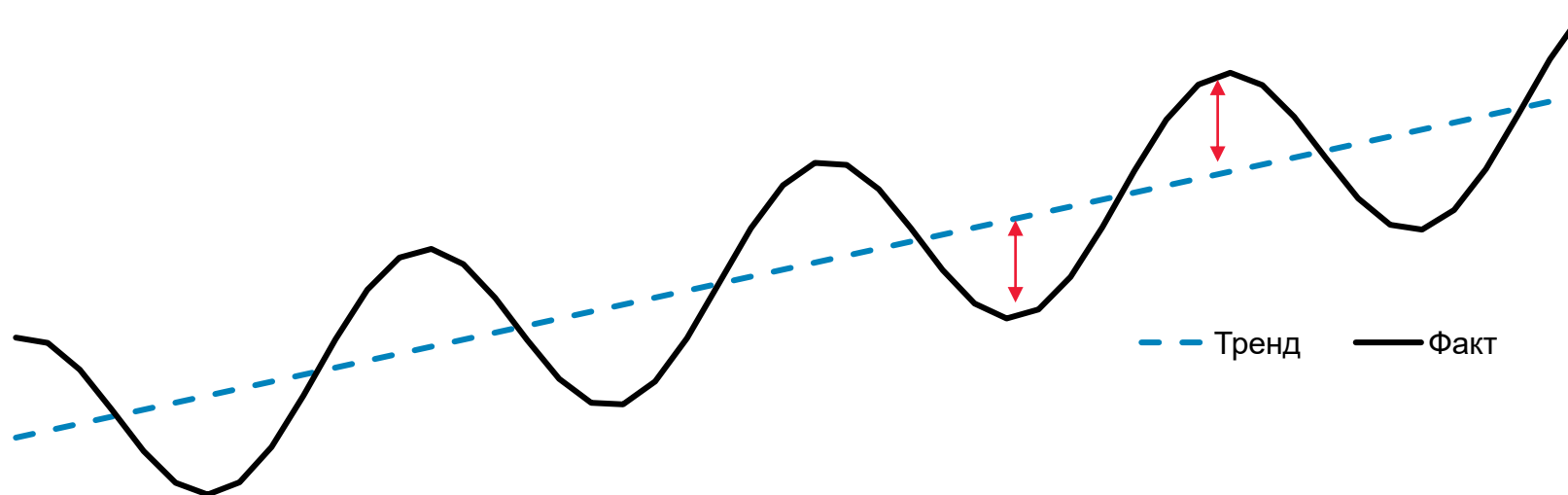
Наблюдаемые показатели:

- ВВП (включая компоненты)
- Инфляция
- Обменные курсы
- Ставки (в т.ч. по ОФЗ, кредитам)
- Расходы и доходы бюджета по компонентам
- Кредитный портфель
- Цены нефти, объем добычи
- ВВП, инфляция, обменный курс, ставка США, Китая, еврозоны

Все остальные ненаблюдаемые показатели (тренды и разрывы) рассчитываются при помощи фильтрации.

Этап 2. Фильтрация данных

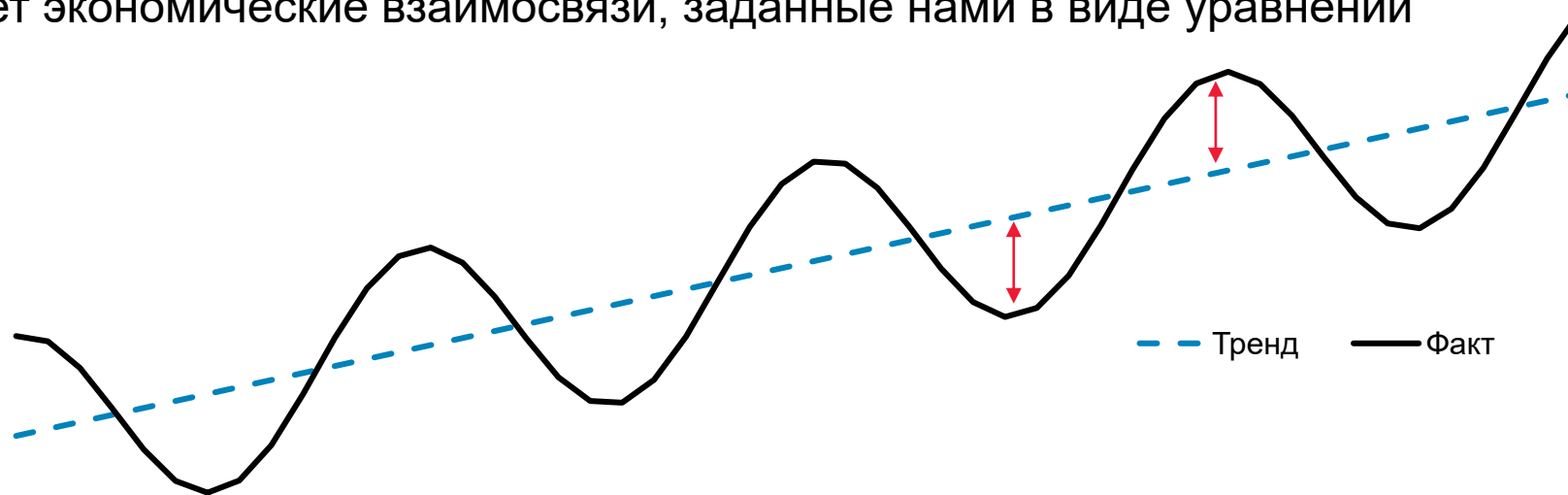
Все ненаблюдаемые показатели рассчитываются при помощи многомерного фильтра Калмана



Этап 2. Фильтрация данных

Многомерный фильтр Калмана:

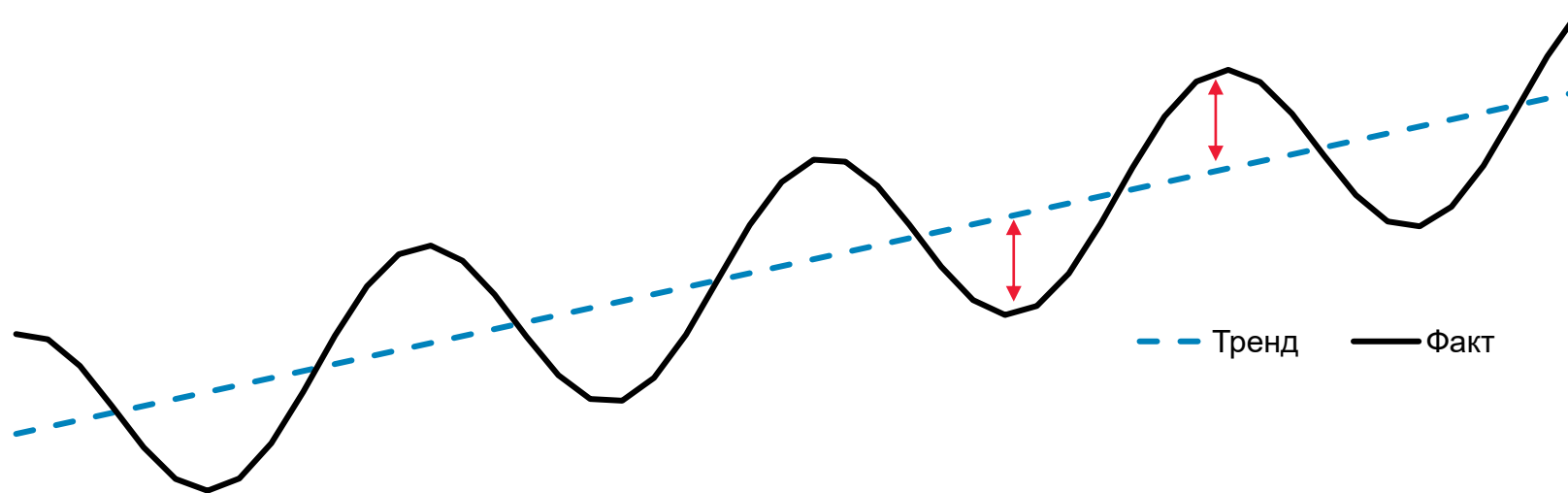
- В основе лежит статистическая процедура сглаживания каждого ряда – на выходе получается оценка трендов
- Разрыв – разница между фактическим рядом и трендом
- Фильтр является многомерным, поскольку помимо сглаживания рядов статистическими методами, он учитывает экономические взаимосвязи, заданные нами в виде уравнений



Этап 2. Фильтрация данных

В результате работы фильтра Калмана мы получаем:

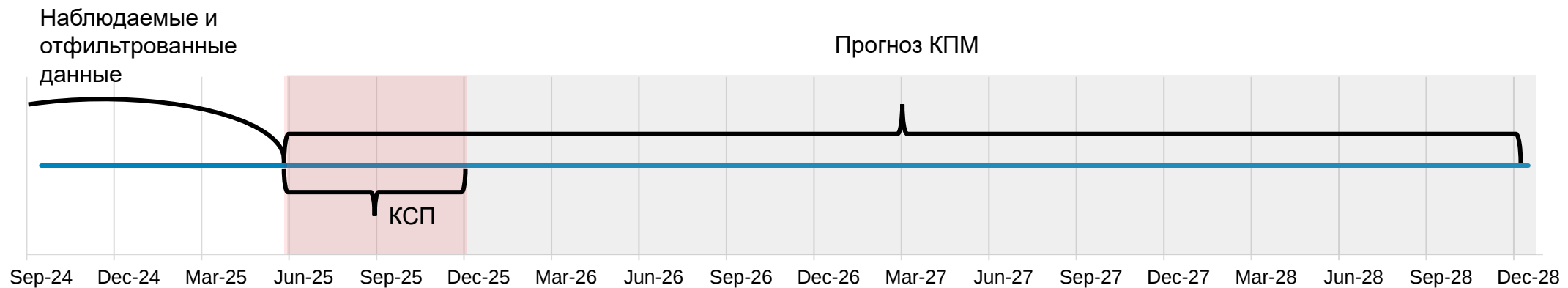
- таблицу со всеми показателями, которые есть в уравнениях
- ненаблюдаемые в статистике показатели становятся наблюдаемыми рядами данных (разрывы и тренды)
- все пропуски в рядах данных заполнены



Этап 3. Формирование предпосылок прогноза

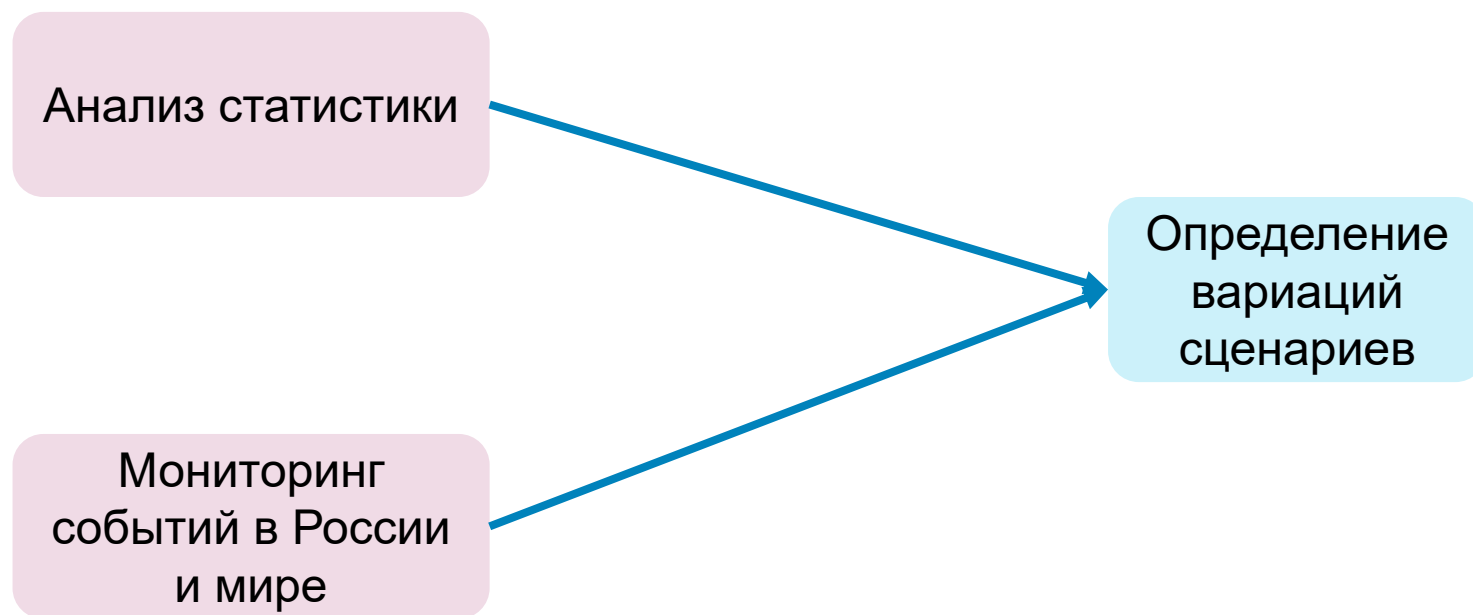
Подготовка краткосрочных прогнозов по некоторым переменным

КСП – краткосрочный прогноз переменной (1-2 квартала вперед), который можно (но не обязательно) задавать в КПМ экзогенно



- Качество прогнозов КПМ на среднесрочном горизонте лучше, чем у эконометрических моделей;
- Однако по некоторым переменным прогнозы на коротком горизонте могут оказаться лучше у эконометрики;
- В таком случае можно использовать эконометрику для создания прогноза по этим переменным на 1-2 квартала вперед и задавать эти краткосрочные прогнозы в КПМ.

Этап 3. Формирование предпосылок прогноза



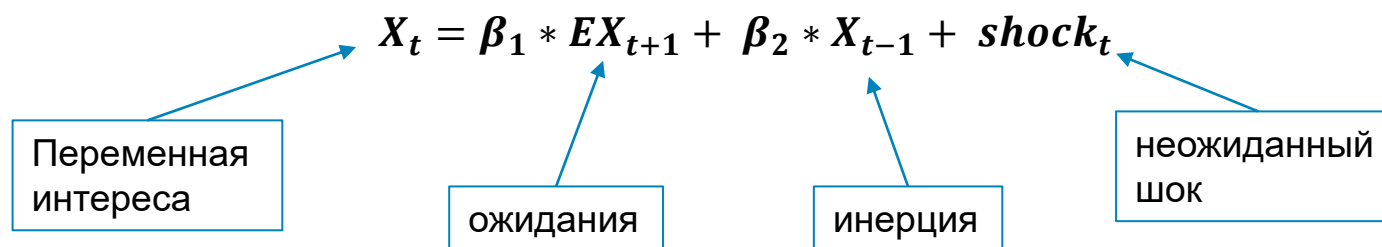
Пример: цена нефти в базовом, пессимистичном и оптимистичном сценариях

Этап 4. Прогноз

Прогноз получается в результате решения системы линейных уравнений на множество периодов

Система решается в Matlab (рассчитывает большие системы уравнений)

Упрощенно, уравнение для каждой переменной выглядит так:

$$X_t = \beta_1 * EX_{t+1} + \beta_2 * X_{t-1} + shock_t$$


Переменная интереса

ожидания

инерция

неожиданный шок

Этап 4. Прогноз

Построим прогноз на n кварталов вперед для переменной интереса (n – долгосрочный период). Для этого нужно решить следующую систему:

значение переменной
в текущем квартале

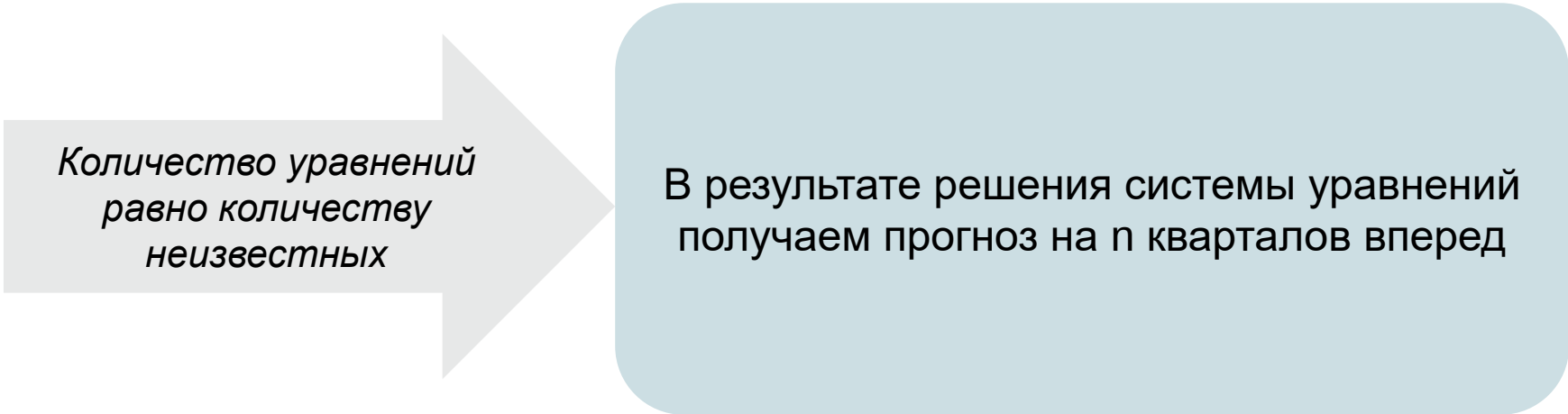
Количество уравнений
равно количеству
неизвестных

$$\begin{cases} X_{t+1} = \beta_1 * X_{t+2} + \beta_2 * X_t + shock_{t+1} \\ X_{t+2} = \beta_1 * X_{t+3} + \beta_2 * X_{t+1} + shock_{t+2} \\ \dots \\ X_{t+n-1} = \beta_1 * X_{t+n} + \beta_2 * X_{t+n-2} + shock_{t+n-1} \\ X_{t+n} = X_{ss} \end{cases}$$

на прогнозе
неожиданные
шоки равны 0

долгосрочно все переменные равны своим значениям в
устойчивом состоянии (которые мы назначили сами, например,
темп прироста ВВП – 2%)

Этап 4. Прогноз



*Количество уравнений
равно количеству
неизвестных*

В результате решения системы уравнений
получаем прогноз на n кварталов вперед



Банк России

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!



Банк России

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Список литературы

- Могилат А., Селезнев С., Жабина С. О подготовке сценарного макроэкономического прогноза и модельном аппарате Банка России // Банк России . – 2021. ссылка: https://www.cbr.ru/content/document/file/118793/inf_note_mar_0521.pdf
- Могилат А. Обзор основных каналов трансмиссионного механизма денежно-кредитной политики и инструментов их анализа в Банке России // Деньги и кредит. – 2017. – №9. – сс. 3–9.
- Орлов А., Шарафутдинов А. Квартальная прогнозная модель России с рынком труда // Банк России. – 2024. ссылка: https://www.cbr.ru/Content/Document/File/165450/inf_note_202408.pdf
- Нелюбина А. Квартальная прогнозная модель Департамента исследований и прогнозирования // Банк России. – 2024. ссылка: https://www.cbr.ru/Content/Document/File/166813/inf_note_oct_3024.pdf

Список литературы

- Berg A., Karam P., Laxton D. A Practical Model-Based Approach to Monetary Policy Analysis – Overview // IMF Working Paper. – 2006a. – no. 80. doi: 10.5089/9781451863406.001
- Berg A., Karam P., Laxton D. Practical Model-Based Monetary Policy Analysis – A How-To Guide // IMF Working Paper. – 2006b. – no. 81. doi: 10.5089/9781451863413.001
- Karam P., Pranovich M., Vlcek J. An extended Quarterly Projection Model: Credit cycle, macrofinancial linkages and macroprudential measures: The case of the Philippines // IMF Working Paper. – 2021. – no. 21/256.



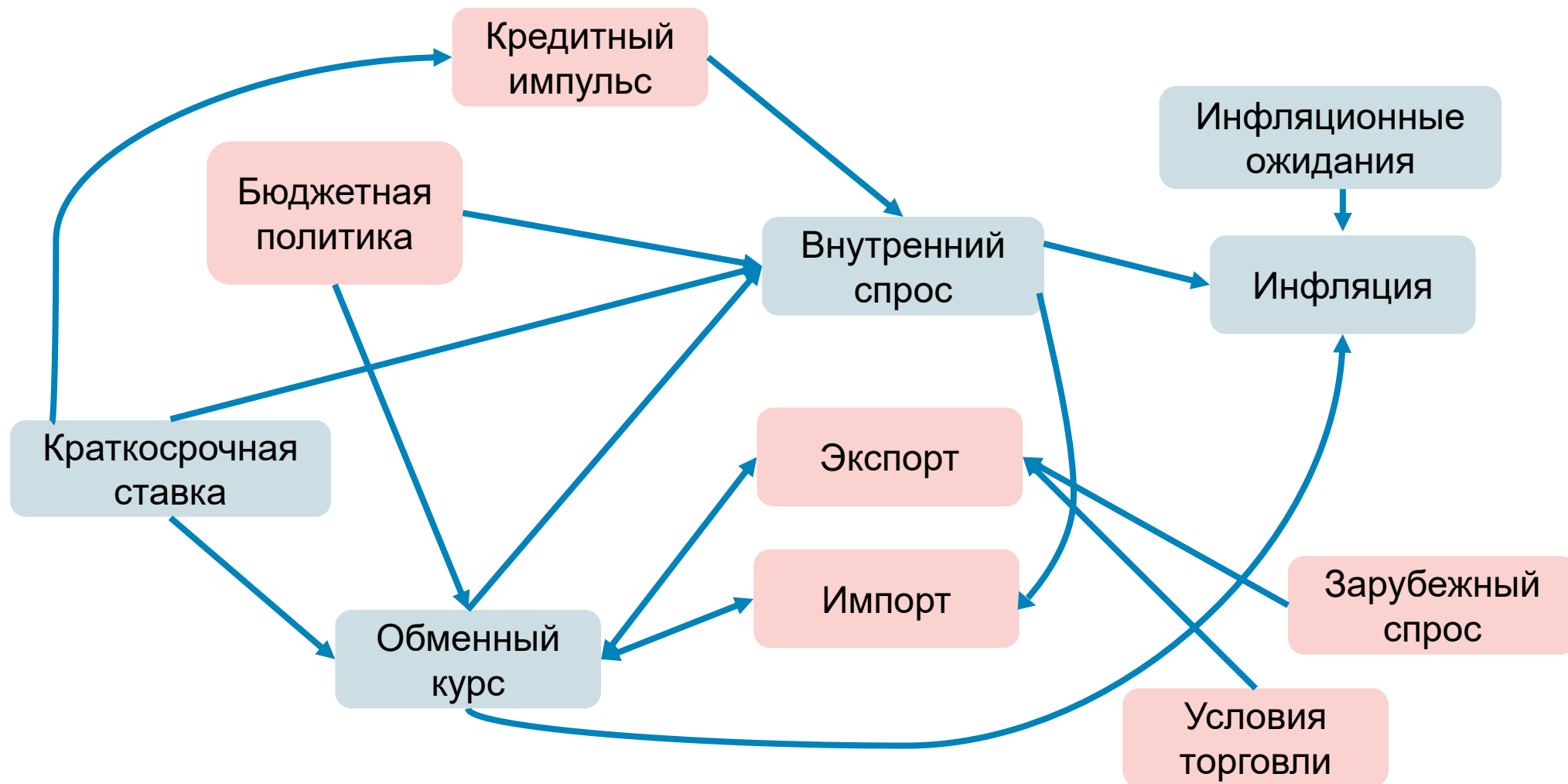
Банк России

ПРИЛОЖЕНИЕ

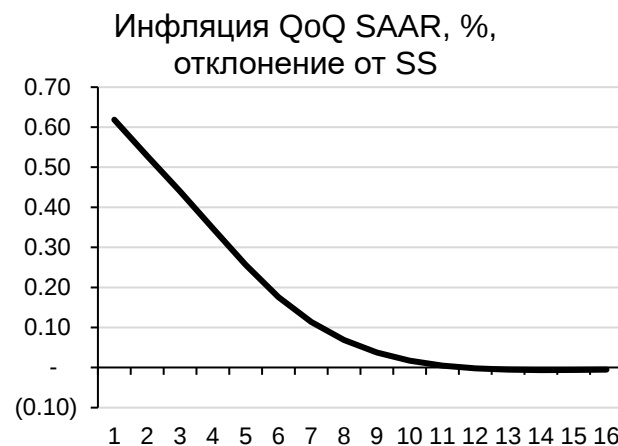
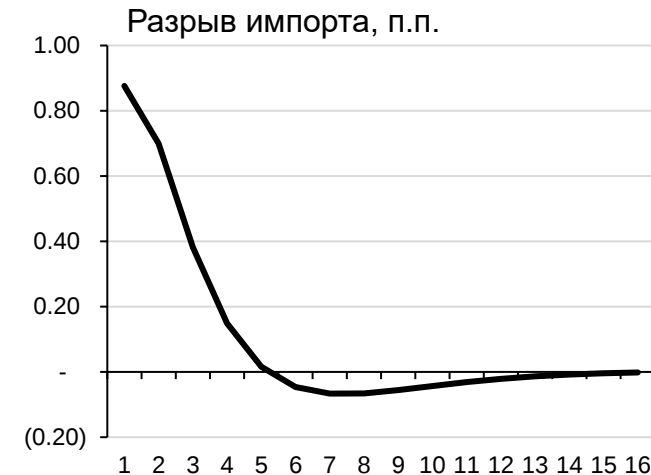
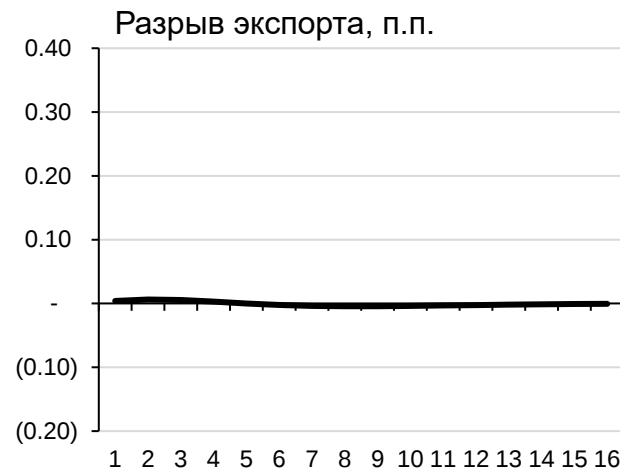
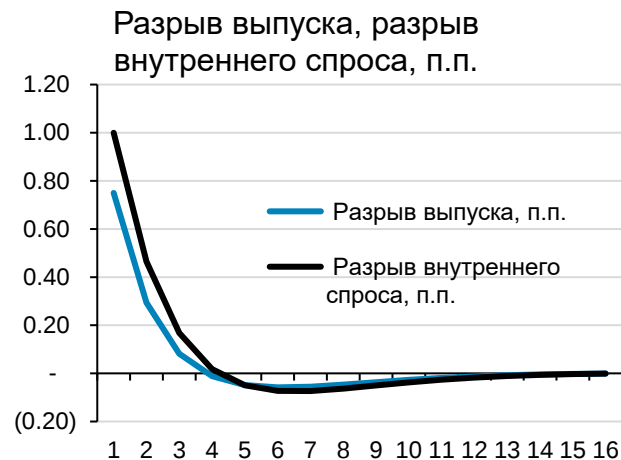
План

1. Модель для денежно-кредитной политики
2. Учет специфики России в квартальной прогнозной модели (КПМ) Департамента исследований и прогнозирования (ДИП)
3. Основные уравнения КПМ ДИП
4. Калибровка модели
5. Импульсные отклики
6. Процесс прогнозирования

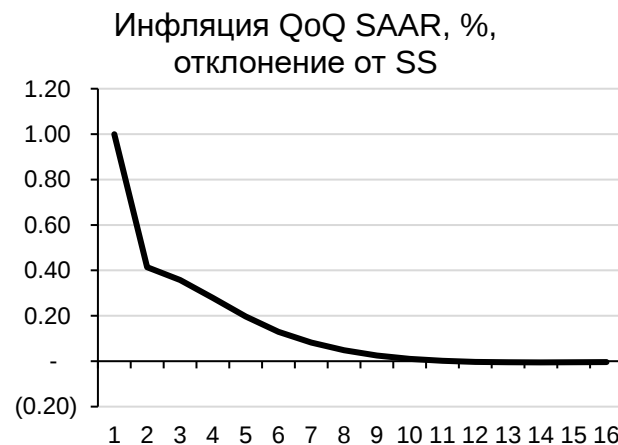
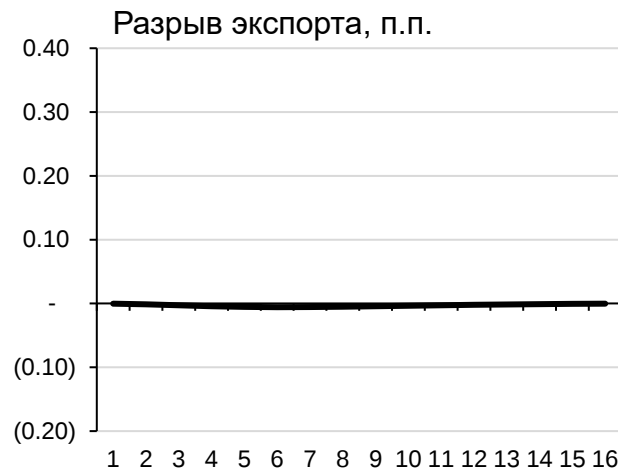
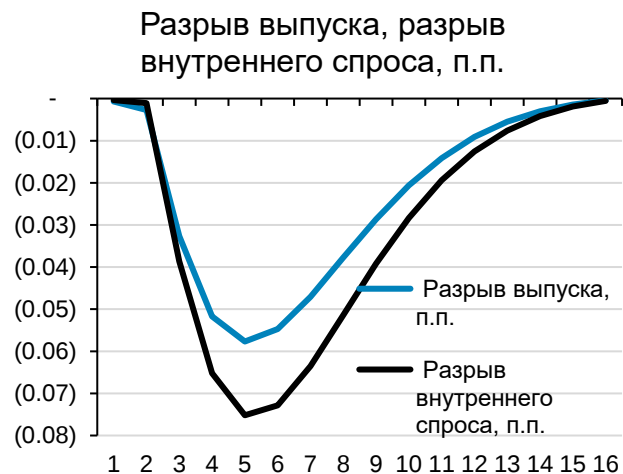
Учет страновой специфики России в КПМ ДИП



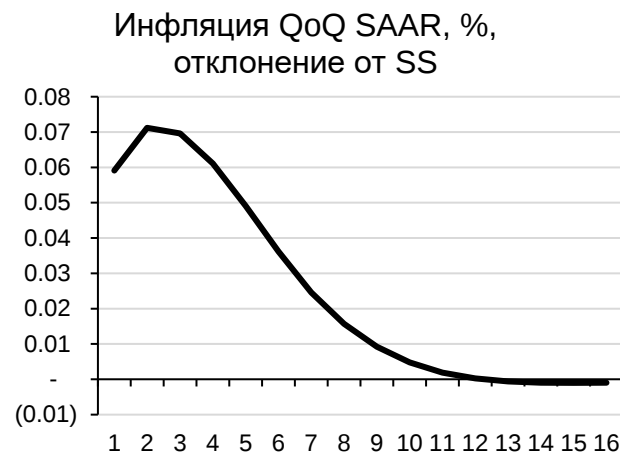
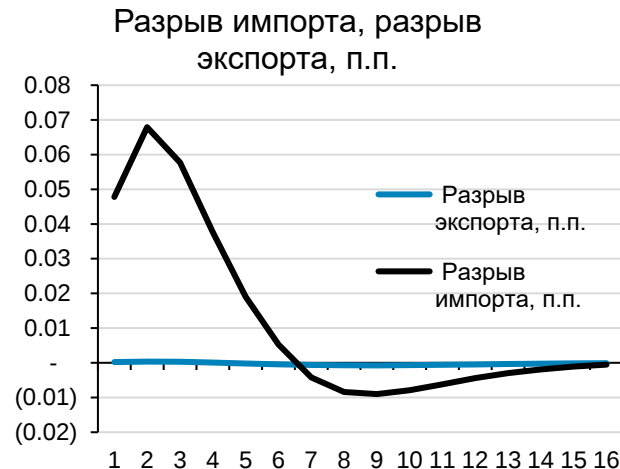
Импульсные отклики на временный неожиданный рост спроса



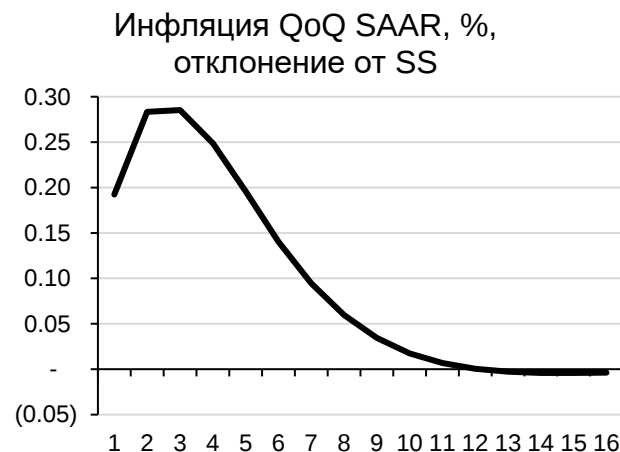
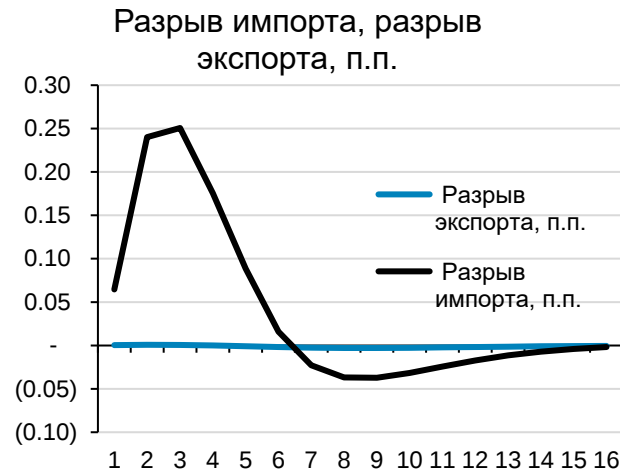
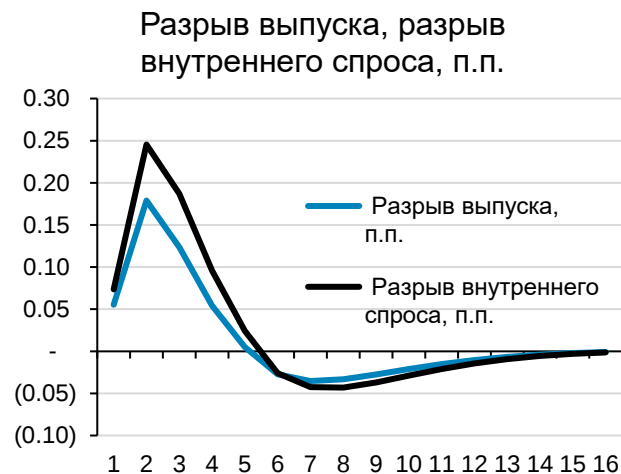
Импульсные отклики на временный неожиданный рост издержек



Импульсные отклики на временный неожиданный рост расходов бюджета



Импульсные отклики на временный неожиданный рост кредитования



Процесс подготовки модельного прогноза

