на правах рукописи

ОЩЕПКОВ ИВАН АЛЕКСЕЕВИЧ

ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ МАКРОЭКОНОМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ В РФ НА ОСНОВЕ ДИНАМИЧЕСКОГО СТОХАСТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

08.00.13 – Математические и инструментальные методы экономики

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени

кандидата экономических наук

Пермь – 2017

Диссертационная работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Пермский государственный национальный исследовательский университет».

Научный руководитель: доктор физико-математических наук, профессор **Андрианов Дмитрий Леонидович**

Официальные оппоненты: **Бахтизин Альберт Рауфович**
член-корреспондент РАН, доктор экономических наук, профессор, заместитель директора ФГБУН «Центральный экономико-математический институт РАН», г. Москва

Лычкина Наталья Николаевна
кандидат экономических наук, доцент кафедры информационных систем и технологий в логистике ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», г. Москва

Ведущая организация: **ФГБОУ ВО «Башкирский государственный университет»,** г. Уфа

Защита состоится «30» мая 2017 г. в 16:00 на заседании объединенного диссертационного совета ДМ 212.188.09 на базе ФГБОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» и ФГБОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет» по адресу: 614990, г. Пермь, Комсомольский проспект, д. 29, ауд. 423б.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеках и на сайтах ФГБОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» (http://www.pstu.ru) и ФГБОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет» (http://www.psu.ru).

Автореферат разослан «20» апреля 2017 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета ДМ 212.188.09, Е.Е. Жуланов
доктор экономических наук, доцент

I. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования

В последнее время непрерывно возрастает роль прогнозирования макроэкономических процессов, которое позволяет разрабатывать, обосновывать, выбирать приоритетные направления экономической политики и оценивать последствия принятых решений при динамично меняющихся экономических условиях в национальном и глобальном масштабах. В связи с этим возрастает необходимость повышения точности макроэкономического прогнозирования на основе динамического стохастического моделирования, проведения сценарных расчетов, повышения качества научной обоснованности макроэкономических моделей и точности макроэкономических прогнозов.

Актуальность решению данной проблемы придает недостаточно высокий уровень точности макроэкономического моделирования в РФ из-за отсутствия учета ожиданий экономических агентов. Это приводит к игнорированию их реакции на государственное регулирование экономики и искажению прогнозных макроэкономических параметров.

В основу решения данной проблемы может быть положен математический аппарат моделирования динамического стохастического общего равновесия (DSGE). К сожалению, разработанные модели не в полной мере применимы к российским условиям из-за разницы в источниках и причинах инфляции, различных целей центральных банков, уровне вовлеченности населения в экономику. Кроме того, они опираются на концепцию рациональных ожиданий, предполагающую способность к абсолютному предвидению будущего развития событий всеми экономическими агентами; используют правила денежно-кредитной политики для описания поведения ЦБ развитых стран; применяют уравнение для расчёта реальной ставки процента, игнорирующее более высокий уровень российской инфляции в сравнении с иностранными развитыми экономиками.

В связи с этим остро встает проблема развития теоретико-методологических положений математического аппарата макроэкономического краткосрочного прогнозирования с помощью DSGE-моделей применительно к российским реалиям. Основой решения данной проблемы может послужить концептуально новый подход к DSGE-моделированию с адаптивными ожиданиями экономических агентов, учитывающий особенности национальной экономики России.

Степень разработанности проблемы

Разработкой прикладных макроэкономических моделей с использованием эконометрического, балансового, общеравновесного подходов занимались Ф. Кенэ, К. Маркс, В. В. Леонтьев, Ф. Модильяни, Л. Клейн, М. Фридмена, Л. Вальрас, К.Эрроу и Ж. Дебре, Р. Солоу, Р. Лукас и другие.

Вклад в разработку отечественных прикладных моделей макроэкономики с использованием различных методов экономико-математического моделирования внесли А. Г. Гранберг, В. Л. Макаров, А. Р. Бахтизин, Г. Б. Клейнер, И. Г. Поспелов, С. А. Айвазян, Б. Е. Бродский, Н. Н. Лычкина, Р. Х. Бахитова, Е. А. Гафарова, Р. М. Мельников.

Решению проблем макроэкономического моделирования посвящены труды представителей пермской школы экономико-математического моделирования: Д. Л. Андрианова, В. П. Максимова, П. М. Симонова, С. В. Русакова, Р. А. Файзрахманова.

Среди современных российских экономистов, внёсших вклад в анализ макроэкономической конъюнктуры национальной экономики, следует выделить В. В. Ивантера, С. Ю. Глазьева, Б. А. Замараева, Е. Т. Гурвича, К. В. Юдаеву, С. В. Дробышевского, К.Н. Юсупова, А. В. Янгирова, Ю.С. Туктамышеву, С. В. Смирнова.

Вопросы прогнозирования макроэкономических показателей национальной экономики с помощью динамических стохастических моделей общего равновесия проработаны и изложены в работах зарубежных и российских авторов. К фундаментальным работам в этой области относятся работы Ф. Кюдланда и Е. Прескотта в рамках теории реального бизнес-цикла. Развитием этих идей стали DSGE-модели, впервые предложенные М. Вудфордом и Дж. Ротембергом.

В настоящий момент DSGE-модели используются при разработке денежно-кредитной политики Центральными банками США, Канады, Великобритании, Швеции, Чили, Новой Зеландии и других. Данные модели имеют кейнсианский микроэкономический фундамент, предполагающий постепенное приспособление цен в ответ на изменения в экономической конъюнктуре. Также важным элементом этих моделей являются рациональные ожидания, свидетельствующие об идеальном представлении всех экономических агентов в отношении истинных законов функционирования экономики. История построения DSGE-моделей в России насчитывает менее 10 лет. За это время работой в данных областях занимались С. М. Иващенко, А. В. Полбин, А. Г. Шульгин, О. А. Малаховская и А. Р. Минабутдинов. Однако данные модели во многом повторяют зарубежные аналоги.

Таким образом, необходимость повышения точности макроэкономического прогнозирования и, как следствие, повышения качества макроэкономического регулирования за счёт развития динамических стохастических моделей общего равновесия обусловила цель, логику, структурное построение и содержание диссертационного исследования.

Объектом исследования является открытая национальная экономическая система России.

Предметом исследования являются процессы регулирования макроэкономических параметров в экономической системе России.

Основная гипотеза. Краткосрочное прогнозирование процесса регулирования макроэкономических параметров отечественной экономики в месячной динамике возможно с помощью краткосрочной динамической стохастической модели общего равновесия с адаптивными ожиданиями.

Цели и задачи исследования

Целью данной работы является развитие экономико-математических методов моделирования динамического стохастического общего равновесия для прогнозирования макроэкономических процессов России.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Теоретически обосновать необходимость развития DSGE-подхода для моделирования ожиданий экономических агентов национальной экономики России с учетом её специфики.

2. Построить математическую модель краткосрочного прогнозирования процесса регулирования макроэкономических параметров России в месячной динамике на базе теории динамического стохастического общего равновесия.

3. Разработать модель прогнозирования валютного курса, позволяющую учитывать частое изменение внешнеэкономической конъюнктуры на базе DSGE-моделирования, и, как следствие, повысить точность прогнозной оценки данного показателя, играющего важную роль в экономике России.

4. Создать специализированное программное обеспечение для прогнозирования макроэкономических показателей России с помощью динамических стохастических моделей общего равновесия.

Теоретическая и методологическая основа исследования

Теоретическую и методологическую основу работы составляют фундаментальные положения в области макроэкономического моделирования и прогнозирования, моделирования динамического стохастического общего равновесия, получившие отражение в работах отечественных и зарубежных ученых.

Основные методы исследования. В ходе диссертационного исследования использовались методы макроэкономического анализа, статистического анализа, структурного и динамического анализа, динамического стохастического моделирования общего равновесия, эконометрического моделирования, экспертные методы.

Информационной базой диссертационного исследования послужили данные экономической статистики Российской Федерации, опубликованные в открытых

статистических источниках: информация о курсах валют, процентных ставках, объеме денежной массы Банка России; данные по месячным оценкам ВВП Министерства экономического развития; данные о состоянии сектора домашних хозяйств, реального и внешнего секторов Государственного комитета статистики РФ; данные о состоянии зарубежных экономик Международного Валютного Фонда. Были использованы следующие программные продукты: BI-платформа Prognoz Platform 7.2, case средство Visio, среда разработки Microsoft Visual Studio 2010 и язык программирования C#, СУБД Microsoft SQL Server 2008.

Научные результаты, полученные автором, и их новизна:

1. На основе DSGE-подхода предложены новые уравнения, учитывающие правила денежно-кредитной политики, управление реальной ставкой процента и позволяющие проводить более глубокий анализ процесса регулирования макроэкономических параметров России благодаря учёту адаптивных ожиданий экономических агентов. В авторской модели, в отличие от существующих аналогов, использующихся в DSGE-моделях, в качестве целей денежно-кредитной политики учитываются и экономический рост, и стабильность валютного курса, и достижение низкой инфляции, а также нелинейная зависимость от инфляции, что позволяет учитывать высокие темпы роста цен в российской экономике (п. 1.8. – *Математическое моделирование экономической конъюнктуры, деловой активности, определение трендов, циклов и тенденций развития* паспорта специальности 08.00.13 ВАК РФ) (глава 2, параграфы 2.1.1–2.1.5, стр. 46–53).

2. Разработана краткосрочная динамическая стохастическая модель общего равновесия экономики России, в отличие от существующих аналогов включающая уравнения, полученные с помощью эконометрических методов, что позволило моделировать равновесные значения показателей на основе факторных, а не экстраполяционных зависимостей и, как следствие, повысить точность прогнозных оценок. В отличие от существующих моделей, авторская предусматривает не квартальные, а месячные данные ВВП, что позволяет повысить точность прогноза наступления кризисных событий (п. 1.3. – *Разработка и исследование макромоделей экономической динамики в условиях равновесия и неравновесия, конкурентной экономики, монополии, олигополии, сочетания различных форм собственности* паспорта специальности 08.00.13 ВАК РФ) (глава 2, параграфы 2.1.6, 2.2.1–2.2.5, глава 3, раздел 3.2, 3.3, стр. 62–76, 84–100).

3. Выведена качественно новая модель прогнозирования валютного курса доллара к рублю, основанная на паритете процентных ставок и рублевой цене на нефть, отличающаяся от существующих аналогов объединением различных подходов к прогнозированию валютных курсов, что позволяет более полно анализировать курсообразование на

российском валютном рынке и повысить точность прогнозирования за счет учета большего числа факторов (п. 1.6. – *Математический анализ и моделирование процессов в финансовом секторе экономики, развитие метода финансовой математики и актуарных расчетов* паспорта специальности 08.00.13 ВАК РФ) (глава 2, параграф 2.1.5, стр. 53–62).

4. Разработан уникальный программный комплекс «ПРОГНОЗ. Динамическая стохастическая модель общего экономического равновесия Российской Федерации», предназначенный для краткосрочного прогнозирования влияния мер экономической политики на ключевые макроэкономические параметры РФ на основе DSGE-моделей и включающий средства интеграции с базами данных, необходимыми для DSGE-моделирования, визуальные средства разработки и отладки DSGE-моделей, возможность проведения многовариантных расчетов и хранения их результатов (п. 2.6. – *Развитие теоретических основ методологии и инструментария проектирования, разработки и сопровождения информационных систем субъектов экономической деятельности: методы формализованного представления предметной области, программные средства, базы данных, корпоративные хранилища данных, базы знаний, коммуникационные технологии* паспорта специальности 08.00.13 ВАК РФ) (глава 3, раздел 3.1, стр. 78–84).

Теоретическая значимость диссертационного исследования заключается в развитии теоретических положений, связанных с экономико-математическим моделированием национальной экономики на основе динамических стохастических моделей общего равновесия с адаптивными инфляционными ожиданиями. Результаты, полученные в работе, вносят вклад в решение важной народнохозяйственной проблемы повышения точности прогнозирования ключевых макроэкономических показателей, включая валовой внутренний продукт, индекс потребительских цен, валютный курс, ключевую ставку.

Практическая значимость диссертационного исследования заключается в возможности:

– использования разработанного программного комплекса Центральным банком и Министерством экономики для анализа макроэкономических процессов и прогнозирования ключевых показателей экономического развития с учетом адаптивных инфляционных ожиданий и в условиях перехода к инфляционному таргетированию;

– применения разработанного программного комплекса АО «ПРОГНОЗ» для построения краткосрочного макроэкономического прогноза;

– использования полученных результатов высшими учебными заведениями в учебном процессе в дисциплинах «Методы социально-экономического прогнозирования», «Эконометрическое моделирование», «Основы системного анализа», «Общая теория

систем», «Вычислимые модели общего экономического равновесия», «Анализ временных рядов».

Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках Постановления Правительства РФ от 09.04.2010 г. № 218 (государственный контракт №02.G25.31.0039).

Степень достоверности и апробация работы

Достоверность полученных результатов подтверждается достаточным объемом и результатами аналитических исследований; обоснованным использованием общепризнанных методов математического моделирования макроуровня экономики; непротиворечивостью результатов расчетов макроэкономических показателей России с данными официальной статистики.

Ключевые положения диссертационного исследования были представлены на научных семинарах Лаборатории конструктивных методов исследования динамических моделей ПГНИУ (г. Пермь, 2014, 2015, 2016), на совместном семинаре ПГНИУ и НИУ ВШЭ «Perm Workshop on Applied Economic Modeling» (г. Пермь, 2015), на региональных научно-практических конференциях «Экономика и управление: актуальные проблемы и поиск путей решения» (г. Пермь, 2014, 2015), международных научно-практических конференциях «Экономика и современный менеджмент: теория и практика» (г. Новосибирск, 2014), «Проблемы развития современной экономики» (г. Ставрополь, 2015), International Multidisciplinary Scientific Conferences on Social Sciences and Arts SGEM (Albena, Bulgaria, 2015).

Разработанный при непосредственном участии автора программный комплекс «ПРОГНОЗ. Динамическая стохастическая модель общего экономического равновесия Российской Федерации» зарегистрирован в Реестре программ для ЭВМ Федеральной службы по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам за номером 2015619154. Программный комплекс используется в компании «ПРОГНОЗ» для прогнозирования экономического развития РФ, а также для построения динамических стохастических моделей общего равновесия России, Казахстана, Таможенного союза и т.д.

Результаты диссертационного исследования используются в учебном процессе для преподавания дисциплин «Методы социально-экономического прогнозирования», «Эконометрическое моделирование», «Основы системного анализа», «Общая теория систем», «Вычислимые модели общего экономического равновесия», «Анализ временных рядов» на кафедре информационных систем и математических методов в экономике Пермского государственного национального исследовательского университета.

Публикации

По теме диссертации опубликовано 11 работ объемом 7,38 п.л. (в том числе авторских 4,12 п.л.), из них в ведущих рецензируемых научных журналах и изданиях, определенных ВАК – 7 («Экономика и предпринимательство», «Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. Серия: Социальные науки», «Вестник Пермского университета. Серия: Экономика», «Управление экономическими системами: электронный научный журнал», «European Social Science Journal»).

Также по теме диссертационной работы зарегистрирован 1 программный код для ЭВМ.

Из результатов совместных работ в диссертацию включены только результаты, принадлежащие автору лично.

Структура и объем диссертации

Диссертационная работа изложена на 119 страницах машинописного текста, состоит из введения, трёх глав, заключения, приложения, иллюстрирована 24 таблицами и 15 рисунками. Библиографический список содержит 109 наименования литературных источников, в том числе 81 отечественных, 28 зарубежных.

Во **введении** обоснована актуальность темы диссертации, определены цели и задачи исследования, раскрыты научная новизна и предмет исследования, отмечена практическая ценность работы.

В **первой главе** «Теоретические аспекты прогнозирования процесса регулирования макроэкономических параметров» произведено исследование процесса регулирования макроэкономических параметров с точки зрения различных подходов к экономико-математическому моделированию, подробно проанализированы особенности, достоинства и недостатки DSGE-моделей, проведен анализ существующих российских DSGE-моделей.

Во **второй главе** «Разработка краткосрочной динамической стохастической модели общего равновесия для российской экономики», отталкиваясь от базовой DSGE-модели, предложена оригинальная краткосрочная DSGE-модель, учитывающая особенности экономики России. Обоснован переход от концепции рациональных ожиданий к адаптивным, использовано модифицированное правило Тейлора для описания поведения ЦБ, введено уравнение для моделирования реальной ставки процента в условиях высокой инфляции. Также предложен авторский алгоритм моделирования валютного курса.

В **третьей главе** «Краткосрочное прогнозирование макроэкономических процессов России на основе DSGE-модели» описан программный комплекс «ПРОГНОЗ. Динамическая стохастическая модель общего экономического равновесия Российской Федерации», проведена верификация разработанной DSGE-модели России, спрогнозировано влияние

различных мер экономической политики на экономическое развитие РФ на краткосрочную перспективу с применением авторской DSGE-модели.

В **заключении** содержатся основные выводы теоретического и практического характера.

В **приложении** представлены свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ «ПРОГНОЗ. ДСМ ОЭР РФ» и справки о внедрении результатов диссертационной работы.

II. ОСНОВНЫЕ НАУЧНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ПОЛОЖЕНИЯ, ВЫНОСИМЫЕ НА ЗАЩИТУ

1. На основе DSGE-подхода предложены новые уравнения, учитывающие правила денежно-кредитной политики, управление реальной ставкой процента и позволяющие проводить более глубокий анализ процесса регулирования макроэкономических параметров России благодаря учёту адаптивных ожиданий экономических агентов. В авторской модели, в отличие от существующих аналогов, использующихся в DSGE-моделях, в качестве целей денежно-кредитной политики учитываются и экономический рост, и стабильность валютного курса, и достижение низкой инфляции, а также нелинейная зависимость от инфляции, что позволяет учитывать высокие темпы роста цен в российской экономике.

Большинство экономико-математических методов макроэкономического моделирования, используемых на практике, не учитывают такие особенности рынков, как несовершенная информация и несовершенная конкуренция. В отличие от них DSGE-модели, ставшие результатом объединения неоклассики и неокейнсианства в рамках так называемого «нового неоклассического синтеза», устраняют данные недостатки.

Основная критика DSGE-модели связана с использованием концепции рациональных ожиданий, которая предполагает, что все экономические агенты принимают решения настолько эффективно, что фирмы и домохозяйства могут строить прогнозы с нулевой ошибкой, предугадывать действия правительства и центрального банка. Такое совершенное предвидение будущих событий маловероятно и подвергается критике со стороны экономистов.

Кроме того, ряд исследователей (Е. Т. Гурвич, С. В. Дробышевский, С. А. Архипов, А. В. Соколова, А. С. Лолейт) утверждают и эконометрически доказывают, что экономические агенты в России при оценке будущей инфляции пользуются адаптивными ожиданиями. В рамках гипотезы адаптивных ожиданий от экономических агентов не требуется абсолютного предвидения, достаточно того, чтобы учитывались предыдущие ошибки. Иными словами, формирование адаптивных ожиданий выглядит следующим образом:

$$\pi_{t+1}^{e} = \pi_t^{e} + \lambda_\pi(\pi_t - \pi_t^{e}), \quad (1)$$

где π_t– инфляция в момент времени t;

π_t^{e}– ожидаемая инфляция в момент времени t;

$\lambda_\pi \in [0;1]$ – скорость корректировки инфляционных ожиданий.

Как будет показано ниже, с помощью преобразования Койке удается осуществить переход от ненаблюдаемой переменной инфляционных ожиданий к параметру λ_π. В рамках диссертационного исследования параметр λ_π был откалиброван для российской экономики на уровне 0,48. Калибрация этого и других параметров модели, приведённых ниже, проводилась таким образом, чтобы наиболее точно аппроксимировать ретроспективные данные ключевых макроэкономических переменных (валовый внутренний продукт, индекс потребительских цен, валютный курс, ключевая ставка) на периоде 2000-2016 гг.

Кроме того, для учёта российской специфики (высокой инфляции, зависимости экономики от валютного курса) в указанную модель были введены следующие особенности:

– Использовано правило денежно-кредитной политики, в соответствии с которым ЦБ в качестве цели выбирает не только ВВП и инфляцию, но и валютный курс, что является более адекватным предположением для экспортно-ориентированных ресурсодобывающих стран, валютная выручка которых во многом определяет государственный бюджет и состояние экономики:

$$i_t = f_1 i_{t-1} + (1 - f_1)(i_t^{n} + f_2(\pi_{t+1}^{e} - \pi_t^{T}) + f_3 \hat{y}_t + f_4 \hat{z}_t) + \varepsilon_t^{i}, \quad (2)$$

где i_t – номинальная ставка процента в момент времени t;

i_t^{n} – реальная долгосрочная ставка процента в момент времени t;

π_{t+1}^{e}– ожидаемая инфляция в момент времени $t+1$;

π_t^{T} – целевой уровень инфляции в момент времени t;

$\hat{y}_t$ – отклонение (разрыв) выпуска от равновесного (долгосрочного) уровня в момент времени t;

$\hat{z}_t$ – отклонение реального курса от равновесного значения в момент времени t;

f_1 – степень инерционности номинальной ставки процента,

f_2 – чувствительность процентной ставки к отклонению инфляции от целевого уровня;

f_3 – чувствительность процентной ставки к отклонению выпуска от равновесного состояния.

f_4 – чувствительность процентной ставки к отклонению реального валютного курса от равновесного состояния.

Кроме того, сложным вопросом оказывается выбор процентной ставки. До 2013 года Банк России использовал различные ставки для рефинансирования коммерческих банков.

Часто в DSGE-моделях используется ставка межбанковского кредитования. Однако в процессе перехода к инфляционному таргетированию ЦБ РФ унифицировал процентную политику, сведя всё к одной единственной «ключевой ставке», которая и была выбрана в качестве переменной i_t.

– Вместо линейной аппроксимации уравнения Фишера, которая повсеместно применяется в существующих DSGE-моделях, используется нелинейный вид, пригодный для расчёта реальной ставки процента в условиях высокой инфляции, сложившейся в России:

$$r_t = \frac{i_t - \pi^e_{t+1}}{1 + \pi^e_{t+1}}, \quad (3)$$

где r_t – реальная ставка процента в момент времени t.

Таким образом, с учетом адаптивных ожиданий (1) правило денежно-кредитной политики (2) преобразуется в:

$$\begin{aligned} i_t = (1 - \lambda_\pi + f_1) i_{t-1} - (1 - \lambda_\pi) f_2 i_{t-2} + (1 - f_1)(i^n_t - (1 - \lambda_\pi) i^n_{t-1} + \\ + f_2 \lambda_\pi \pi_t - f_2 \pi^T_t + (1 - \lambda_\pi) f_2 \pi^T_{t-1} + f_3 \hat{y}_t - (1 - \lambda_\pi) f_3 \hat{y}_{t-1} + \\ + f_4 \hat{z}_t - (1 - \lambda_\pi) f_4 \hat{z}_{t-1}) + \varepsilon^*_t, \end{aligned} \quad (4)$$

где π_t – инфляции в момент времени t;

ε^*_t – шок процентной ставки с адаптивными инфляционными ожиданиями.

Уравнение для реальной ставки процента (3) с адаптивными ожиданиями станет выглядеть как:

$$r_t = \frac{i_t - (\lambda_\pi \pi_t + (1 - \lambda_\pi)\left[\frac{i_{t-1} - r_{t-1}}{1 + r_{t-1}}\right])}{1 + (\lambda_\pi \pi_t + (1 - \lambda_\pi)\left[\frac{i_{t-1} - r_{t-1}}{1 + r_{t-1}}\right])}. \quad (5)$$

Таким образом, критический анализ современного состояния DSGE-моделирования позволил сформировать новый класс DSGE-моделей, базирующийся на концепции адаптивных ожиданий и нелинейной зависимости между реальной ставкой процента и инфляцией.

2. Разработана краткосрочная динамическая стохастическая модель общего равновесия экономики России, в отличие от существующих аналогов включающая уравнения, полученные с помощью эконометрических методов, что позволило моделировать равновесные значения показателей на основе факторных, а не экстраполяционных зависимостей и, как следствие, повысить точность прогнозных оценок. В отличие от существующих моделей, авторская предусматривает не квартальные, а месячные данные ВВП, что позволяет повысить точность прогноза наступления кризисных событий.

В отличие от существующих DSGE-моделей, разработанная модель предназначена для прогнозирования на краткосрочную перспективу (до 1 года) в месячной динамике. Поэтому в качестве месячного временного ряда по ВВП были использованы оценки Министерства экономического развития РФ.

Математически модель представляет собой синтез DSGE-подхода и эконометрического моделирования. Ядром модели являются уравнения ВВП (валового внутреннего продукта), ИПЦ (индекса потребительских цен), ключевой ставки, валютного курса. Взаимодействие данных показателей позволяет отразить ключевые экономические взаимосвязи: влияние монетарных, бюджетных, тарифных, валютных управляющих воздействий на индикаторы экономического развития государства.

Для моделирования разрывов ВВП было использовано следующее уравнение:

$$\hat{y}_t = a_1 \hat{y}_{t-1} - a_2 mci_t + \varepsilon_t^y, \quad (6)$$

где $\hat{y}_t$ – нерегулярная компонента ВВП в момент времени t;

mci_t – индекс монетарных условий в момент времени t, рассчитываемый по формуле $mci_t = a_3 \hat{r}_t + (1 - a_3)(-\widehat{rer}_t)$;

$\hat{r}_t$ – нерегулярная компонента реальной ставки процента в момент времени t;

$\widehat{rer}_t$ – нерегулярная компонента реального курса рубля за 1 доллар США в момент времени t;

ε_t^y – шок спроса в момент времени t;

a_1 – коэффициент инерционности отклонений выпуска;

a_2 – коэффициент влияния монетарных условий на реальную экономику;

a_3 – коэффициент значимости ставки процента в монетарной политике.

Для выделения нерегулярной компоненты был использован фильтр Ходрика-Прескотта с параметром сглаживания 14400. Результаты применения фильтра для индекса физического объема ВВП РФ представлены на Рис. 1:

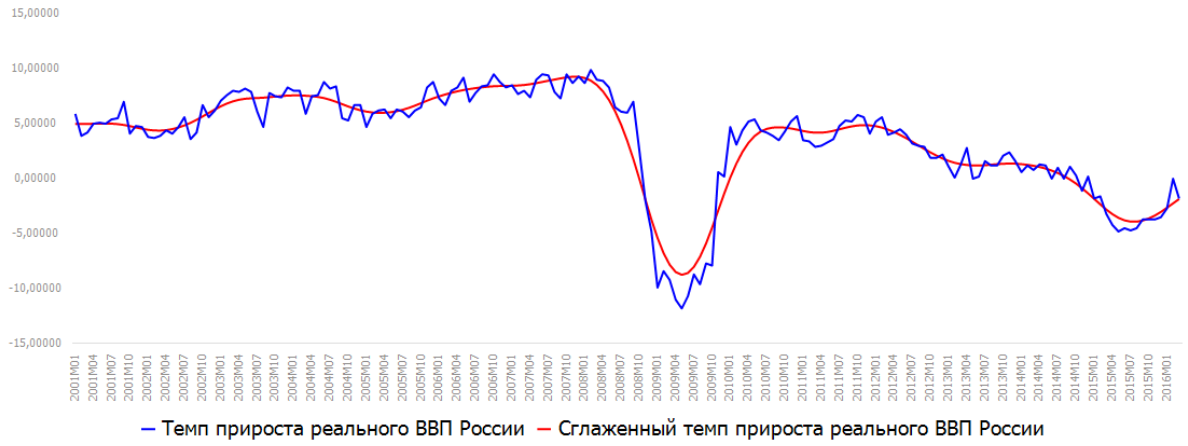

Рис. 1. Применение фильтра Ходрика-Прескотта к темпам прироста реального ВВП России

Обозначенные уравнения позволяют учесть инерционность изменения выпуска; влияние монетарной политики на реальную экономику через процентную ставку и валютный курс; выбор потребителей между сегодняшним и будущим потреблением; выбор потребителей между отечественными и импортными товарами.

Кроме того, упомянутый индекс монетарных условий считается правилом для открытой экономики, используемым центральными банками экспортно-ориентированных стран, к коим можно отнести и Россию.

Для моделирования инфляции использовалась следующая спецификация:

$$\pi_t = \frac{(2 - b_1 - \lambda_\pi)\pi_{t-1} - (1 - b_1)(1 - \lambda_\pi)\pi_{t-2} + b_2 rmc_t - b_2(1 - \lambda_\pi)rmc_{t-1}}{(1 - b_1 * \lambda_\pi)} + \varepsilon_t^\pi \quad (7)$$

где π_t – индекс потребительских цен РФ в момент времени t;

rmc_t – реальные предельные издержки в момент времени t, рассчитываемые по формуле $rmc_t = b_3\hat{y}_t + (1 - b_3)\widehat{rer}_t$;

ε_t^π – шок инфляции в момент времени t;

b_1 – коэффициент инерционности инфляции;

b_2 – коэффициент влияния реальных предельных издержек на инфляцию;

b_3 – доля отечественной продукции в товарообороте.

Данная спецификация отражает наличие адаптивных инфляционных ожиданий; влияние реальной экономики на монетарные процессы; немонетарный аспект инфляции, в том числе влияние тарифов естественных монополий; эффект импортируемой инфляции.

Для моделирования номинальной и реальной ставок процента использовалось уравнения (4) и (5), которые позволяют учитывать адаптивные инфляционные ожидания, высокую зависимость экономики от валютного курса, высокие темпы роста цен в отечественной экономике.

Для моделирования валютного курса использовалось уравнение (8), позволяющее учесть влияние конъюнктуры нефтяного рынка, потоки капитала, инфляционные процессы и управляющие воздействия ЦБ.

Все параметры DSGE-модели калибровались на периоде с января 2000 по декабрь 2016 (Таблица 1. Значения параметров DSGE-модели):

Таблица 1. Значения параметров DSGE-модели

Параметр	**Описание**	**Значение**
a_1	Постоянство отклонений ВВП	0.9
a_2	Влияние монетарных условий на реальную экономику	0.05
a_3	Значимость ставки процента в монетарной политике	0.95
b_1	Инерционность цен	0.9

Параметр	Описание	Значение
b_2	Влияние издержек	0.01
b_3	Доля отечественной продукции	0.56
λ_π	Сглаживание инфляционных ожиданий	0.48
f_1	Инерционность процентной ставки	0.8
f_2	Влияние отклонения ожидаемой инфляции от целевого уровня	0.1
f_3	Влияние отклонения ВВП от устойчивого состояния	0.7
f_4	Влияние отклонения валютного курса от устойчивого состояния	0.1

Затем прогнозы по выше обозначенным показателям поступают на вход эконометрической модели, прогнозирующей более детально показатели реального (промышленное производство, оборот розничной торговли, строительство, грузооборот), банковского (кредиты, ставка по кредитам), внешнего (экспорт, импорт, золотовалютные резервы) секторов, домашних хозяйств (располагаемые доходы населения, среднемесячная заработная плата, уровень безработицы), а также ценовых показателей (индекс цен производителей, базовый индекс потребительских цен), отмечаемых Росстатом, Министерством экономического развития РФ, Банком России в качестве основных экономических показателей в месячной динамике. В свою очередь показатели из эконометрической части модели оказывают влияние на долгосрочные уровни показателей DSGE-модели. В отсутствие этого влияния, долгосрочные уровни переменных пришлось бы задавать экзогенно, либо экстраполировать.

Разработанная модель была верифицирована на кризисном 2014 году. Среднегодовое отклонение по ключевым показателям не превышает 5% (отклонение по ВВП составляет 1%, по инфляции – 0,2% (Рис. 2), по курсу – 4,45%, по ключевой ставке – 0,27%).

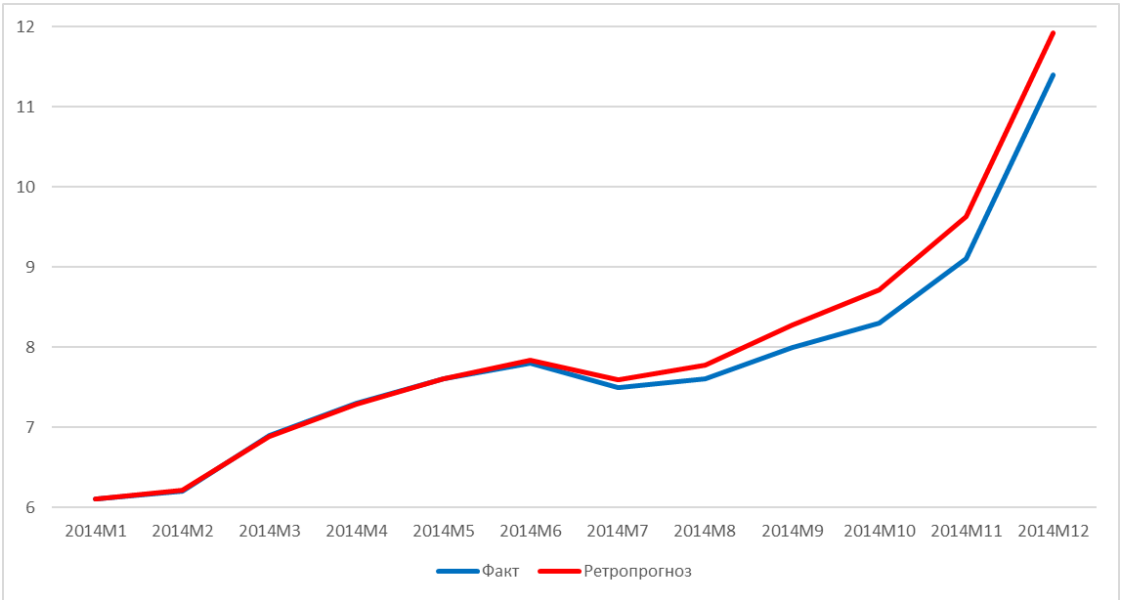

Рис. 2. Верификация ИПЦ на 2014 год

Именно для оценки эффектов от различных инструментов государственной экономической политики DSGE-модели содержат во всех уравнениях переменные ε_t (шоки). С помощью построенной модели оценено влияние 1%-го изменения экзогенных переменных на основные моделируемые переменные: ВВП, инфляцию, валютный курс и процентную ставку (Таблица 2).

Таблица 2. Эластичности ключевых макроэкономических параметров России в ответ на меры стимулирования экономического роста

Мера экономической политики	Период влияния	Курс	ВВП	Инфляция	Ключевая ставка
Инфляция -1%	в 1-й месяц	0,11	0,01	-1	-0,08
ВВП +1%		-0,17	1	0,01	0,14
Курс +1%		1	0,01	0,01	0,03
Ставка -1%		1,22	0,27	0,02	-1
Инфляция -1%	2017	0,4	0,1	-0,7	-0,32
ВВП +1%		-0,24	0,37	0	0,18
Курс +1%		0,09	0,01	0,01	0,01
Ставка -1%		0,74	0,37	0,06	-0,55

Одномоментный отрицательный шок инфляции (например, может быть вызван фиксацией тарифов на услуги компаний инфраструктурного сектора) окажет стимулирующее воздействие на экономический рост, в том числе через снижение ставки процента (эффект Кейнса). При этом особо обращает на себя внимание, что согласно построенной модели снижение инфляции вызывает не укрепление, а ослабление курса рубля вследствие снижения ставки процента. Действительно, в современных условиях РФ потоки капитала оказывают более значимое влияние на валютный курс, чем торговый баланс.

Анализ временных лагов позволяет утверждать, что эффект от фиксации тарифов усиливается с течением времени. А вот одномоментный положительный фискальный шок (например, увеличение государственных расходов) как раз носит краткосрочный характер – практически весь всплеск ВВП локализуется в первом же году. Также увеличение государственных расходов приведёт к небольшому росту инфляции, и как следствие, - к росту процентной ставки Центробанка.

Одномоментный рост валютного курса (девальвация рубля) увеличивает и ВВП, и инфляцию. При этом ускорение экономики происходит даже несмотря на рост номинальной процентной ставки, связанный с ускорением инфляции. То есть в данном случае положительный внешнеэкономический эффект перевешивает отрицательный эффект от роста процентной ставки.

Наконец, одномоментное снижение процентной ставки приведёт к ускорению экономического роста несмотря на ускорение инфляции. Опять же прирост ВВП

увеличивается с каждым последующим периодом. Эффект от снижения процентной ставки усиливается за счет обесценения национальной валюты.

В целом наибольший эффект вызывает снижение ключевой ставки: либо напрямую, либо путём снижения инфляции. Это оказывает комплексный эффект на всю экономику: низкие ставки стимулируют рост реального сектора, улучшают торговый баланс страны, улучшают покупательную способность населения и в конечном счёте вызывают рост экономики. Данные результаты согласуются с текущей реальностью, когда вследствие санкций/контрсанкций, замедления экономического роста в странах-партнёрах, тяжелой ситуации на мировых сырьевых рынках Россия оказалась отрезана от внешних рынков и внутренние условия приобретают особую значимость. Данный вывод также подтверждает правильность текущей проводимой политики ЦБ, направленной на стимулирование экономического роста через постепенное снижение процентной ставки в экономике России.

3. Выведена качественно новая модель прогнозирования валютного курса доллара к рублю, основанная на паритете процентных ставок и рублевой цене на нефть, отличающаяся от существующих аналогов объединением различных подходов к прогнозированию валютных курсов, что позволяет более полно анализировать курсообразование на российском валютном рынке и повысить точность прогнозирования за счет учета большего числа факторов.

Обычно в DSGE-моделях для моделирования валютного курса используется правило, основанное на паритете процентных ставок. Однако в случае России динамика валютного курса в значительной мере объясняется и другими факторами.

Анализ отечественного и мирового опыта показал, что в конечной спецификации модели валютного курса рубля должны быть факторы, отражающие:

- конъюнктуру сырьевых рынков;
- потоки капитала;
- инфляционные процессы;
- управляющие воздействия Центрального банка.

Авторская модель прогнозирования валютного курса, учитывающая данные детерминанты выглядит следующим образом:

$$er_t = \frac{OilRuR_{t-12} * \left(\frac{-33.14 + 1.04 * (i_t^* - i_t) + 0.38 * PPI_t + 0.98 * AR(1)}{100} + 1\right)}{Oil_t} + \varepsilon_t^{er}, \quad (8)$$

где er_t – номинальный курс рубля за 1 доллар США в момент времени t;

Oil_t – цена на нефть Urals в долларах за баррель в момент времени t;

$OilRuR_{t-12}$ – цена на нефть Urals в рублях за баррель в момент времени t;

i_t^* – учётная ставка ФРС США в момент времени t;

i_t – ключевая ставка ЦБ РФ в момент времени t;

PPI_t – индекс цен производителей промышленной продукции в момент времени t;

$AR(1)$ – авторегрессор первого порядка в модели темпа роста устойчивой составляющей цены на нефть в рублях;

ε_t^{er} – шок курса рублях в момент времени t.

С теоретической точки зрения все включенные в модель факторы имеют обоснование. Из-за того, что Россия является страной, извлекающей большую часть своих доходов из экспорта нефти, то для обеспечения финансовой стабильности ЦБ вынужден следить, чтобы цена на нефть в рублях была близкой к заложенным в бюджете числам. Поэтому при падении цен на нефть происходит обесценение валютного курса и наоборот.

С другой стороны, разница в отечественной и зарубежной ставках процента оказывает влияние на перетоки капитала, характеризуя спрос на российские активы со стороны зарубежных стран, что также оказывает свое влияние на курс.

На валютный курс также оказывают влияние и инфляционные процессы. Для учёта этих процессов в модели был использован индекс цен производителей.

Кроме того, для финансовой стабильности и уверенности экономических агентов в национальной валюте ЦБ вынужден сглаживать колебания, поэтому для учёта инерционности процессов в модель была добавлена авторегрессионная составляющая.

Известно, что в соответствии с классическими положениями экономической теории на валютный курс оказывает влияние товарное предложение внутри страны. Однако эконометрические исследования профессора РАНХиГС Р.М. Мельникова показывают, что вследствие сырьевого характера экономики России основным обеспечением рубля является приток экспортной валютной выручки, который зависит от конъюнктуры внешних рынков. В то же время мировые цены на сырье обладают высокой корреляцией, поэтому из них в модель включена цена на товар, к которой экономика России наиболее чувствительна, – цена на нефть. Однако при этом информация о других товарах, производимых в России, в неявном виде учтены в модели через индекс цен производителей.

Математически получение данной спецификации стало возможным благодаря применению принципа, лежащего в основе операционного исчисления – метода, позволяющего решать сложные задачи с помощью весьма простых средств.

Анализ динамики валютного курса рубля на ретроспективе показал, что колебания российской валюты обладают сильной волатильностью, в следствие чего получение точных прогнозов напрямую по данному показателю является трудновыполнимой задачей.

Поэтому подобно переходу от оригиналов к изображениям был сделан переход от курса к цене на нефть в рублях (путем умножения известных ретроспективных данных по валютному курсу и цене на нефть в долларах). Анализ ретроспективных данных этого показателя показал, что цена на нефть в рублях довольно продолжительное время находится на стабильных уровнях. Именно эта закономерность данного расчетного показателя и позволяет получать прогнозы по валютному курсу не напрямую, а через смежный с ним показатель.

Затем с помощью статистического фильтра цена на нефть в рублях была разделена на долгосрочную составляющую и нерегулярную компоненту. Для долгосрочной составляющей была построена модель, а в конечном счёте было выполнено возвращение к необходимому показателю – курсу рубля – на прогнозном периоде (путем деления полученных прогнозов в цене на нефть в рублях на экзогенно заданные значения по цене на нефть в долларах на перспективном периоде).

В итоге верификация показала, что модель, построенная по оригинальному авторскому подходу, оказывается вполне адекватной для российской экономики: ошибка прогноза не превышает 5%.

4. Спроектирован уникальный программный комплекс «ПРОГНОЗ. Динамическая стохастическая модель общего экономического равновесия Российской Федерации», предназначенный для краткосрочного прогнозирования влияния мер экономической политики на ключевые макроэкономические параметры РФ на основе DSGE-моделей и включающий средства интеграции с базами данных, необходимыми для DSGE-моделирования, визуальные средства разработки и отладки DSGE-моделей, возможность проведения многовариантных расчетов и хранения их результатов.

На основе BI-платформы Prognoz Platform 7 был создан программный комплекс, объединяющий современные технологии хранилищ данных, визуализации, оперативного анализа данных (OLAP), формирования отчётности, а также возможность осуществления макроэкономического моделирования и прогнозирования.

Созданный программный комплекс обеспечивает выполнение следующих уникальных функций:

– помесячное прогнозирование показателей макроэкономического развития России на краткосрочную перспективу на базе DSGE-модели;

– создание новых DSGE-моделей, просмотр и редактирование настроенных моделей;

– оценка чувствительности показателей макроэкономического развития к мерам государственной политики на базе DSGE-модели;

– интеграция с базами данных отечественной и международной статистики необходимых для DSGE-моделирования, в т.ч. с базами данных Росстата, Банка России, Федеральной таможенной службы, Международного валютного фонда и т.д.;

– возможность построения DSGE-моделей с различными типами ожиданий экономических агентов (рациональными, адаптивными, статичными);

– возможность проведения высокочастотной фильтрации показателей, необходимых для DSGE-моделирования, например, с помощью фильтра Ходрика-Прескотта, Бакстера-Кинга, LRX-фильтра.

Комплекс для построения DSGE-моделей включает в себя следующие ключевые модули: единое хранилище данных, модуль моделирования и прогнозирования экономического развития, модуль визуализации данных и формирования отчётов. Кроме того, все эти модули объединены общим доступным пользовательским интерфейсом для работы с программным комплексом (Рис. 3).

Таким образом, централизованная база данных выполняет функции хранения исходных ретроспективных данных, необходимых для DSGE-моделирования, и сохранения расчетных прогнозных данных, а также является поставщиком данных для прочих модулей. Для доступа к базе данных реализованы программные интерфейсы, позволяющие на каждом этапе моделирования обходиться без знаний языков программирования. Подсистема вычисления модели содержит библиотеку методов, необходимых для DSGE-моделирования (фильтрация, оценка/калибрация параметров, разрешение линейных/нелинейных систем уравнений с опережающими/запаздывающими уравнениями), что обеспечивает гибкость построения любых DSGE-моделей (без ограничений на типы ожиданий экономических агентов, характер зависимости показателей, метода оценки параметров, типа фильтров). На вход в процедуру вычисления, кроме самой модели, поступают входные данные по сценариям из централизованной базы данных. Результаты вычисления поступают в централизованную базу данных и на их основе могут строиться как динамические, так и статичные отчеты.

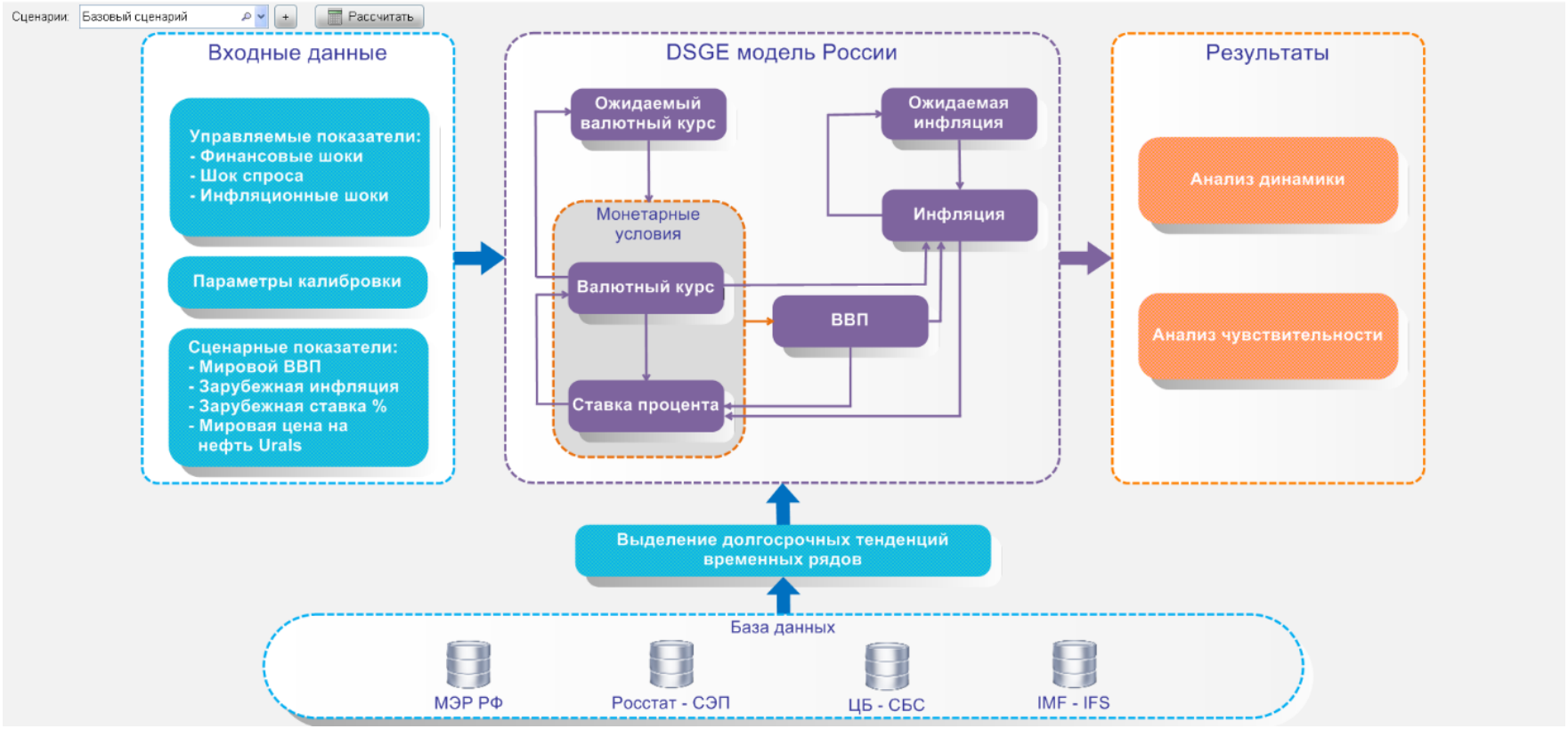

Рис. 3. Интерфейс стартовой страницы программного комплекса «ПРОГНОЗ. Динамическая стохастическая модель общего экономического равновесия Российской Федерации»

III. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной диссертационной работе развиты экономико-математические методы моделирования динамического стохастического общего равновесия для прогнозирования макроэкономических процессов России. Основу решения составили следующие основные выводы, полученные в диссертационной работе:

1. Разработан новый класс DSGE-моделей, основанный на гипотезе адаптивных ожиданий и на использовании нелинейных зависимостей между инфляцией и ставкой процента.

2. Сформирована DSGE-модель России, предназначенная для краткосрочного прогнозирования влияния мер экономической политики на макроэкономические процессы в месячной динамике.

3. Разработана модель прогнозирования валютного курса, позволяющая учитывать факторы со стороны мирового рынка нефти, потоков капитала, инфляционных процессов, а также монетарной политики Банка России.

4. Создан специализированный программный комплекс, реализующий авторский подход к DSGE-моделированию и автоматизирующий весь жизненный цикл разработки и эксплуатации DSGE-модели, начиная от сбора и обработки статистической информации и заканчивая построением отчетных форм по результатам проведенных прогнозных расчетов.

IV. СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

Издания, включенные в перечень рекомендованных ВАК:

1. Ощепков И.А. Один подход к моделированию цены на нефть // European Social Science Journal. – 2013 – № 12-2. – С.502-510 (авт. – 0,94 п.л.).
2. Андрианов Д.Л., Шульц Д.Н., Ощепков И.А. Динамические стохастические модели общего экономического равновесия // Управление экономическими системами: электронный научный журнал. – 2014 – № 7. – С.31 (авт. – 0,25 п.л.).
3. Шульц Д.Н., Власова И.О., Ощепков И.А. Тенденции социально-экономического развития экономики РФ и прогноз на 2015-2017 гг. // Вестник Пермского университета. Серия: Экономика. – 2015 – № 1. – С.5-13 (авт. – 0,25 п.л.).
4. Андрианов Д.Л., Шульц Д.Н., Ощепков И.А. Динамическая стохастическая модель общего экономического равновесия России // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. Серия: Социальные науки. – 2015 – № 2. – С.18-25 (авт. – 0,25 п.л.).
5. Минеева П.А., Ощепков И.А., Уразалинов П.В. Количественная оценка эффекта введения внешнеторговых ограничений на социально-экономические показатели

стран // Экономика и предпринимательство. – 2015 – № 7. – С.100-104 (авт. – 0,23 п.л.).

6. Ощепков И.А. Прогнозирование ключевых макроэкономических показателей России с помощью малой динамической стохастической модели общего равновесия на 2016 год // Экономика и предпринимательство. – 2015 – № 10-2. – С.51-53 (авт. – 0,44 п.л.).
7. Шульц Д.Н., Ощепков И.А. Некоторые аспекты построения и использования динамических стохастических моделей общего равновесия (DSGE) // Вестник Пермского университета. Серия: Экономика. – 2016 – № 4. – С.49-63 (авт. – 0,53 п.л.).

Другие издания:

8. Ощепков И.А. Обзор российского опыта макроэкономического моделирования с помощью DSGE-моделей // Экономика и современный менеджмент: теория и практика. – 2014 – № 36-1. – С.119-124 (авт. – 0,44 п.л.).
9. Ощепков И.А. Развитие математических методов макроэкономического моделирования // Проблемы развития современной экономики. – 2015 – № 6. – С.3-10 (авт. – 0,56 п.л.).
10. Shults D., Oshchepkov I., Prudskii M., Vlasova N., Zavialov A. Mesuaring Socio-economic Efficiency of Investment: Methods Comparison // SGEM International Multidisciplinary Scientific Conferences on Social Sciences and Arts. – 2015 – Vol. 3. – P.553-560 (авт. – 0,1 п.л.).
11. Karlina T., Oshchepkov I., Grebnev M., Vlasova N. On the Problem of Modeling and Forecasting Information Resources Needs of Economic Activities // SGEM International Multidisciplinary Scientific Conferences on Social Sciences and Arts. – 2015 – Vol. 3. – P.613-620 (авт. – 0,13 п.л.).
12. Андрианов Д.Л., Кулаков М.Ю., Шульц Д.Н., Нилова Е.В, Ощепков И.А., Перлов М.С. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2015619154. ПРОГНОЗ. Динамическая стохастическая модель общего экономического равновесия Российской Федерации (ПРОГНОЗ. ДСМ ОЭР РФ). Заявитель и патентообладатель ЗАО «ПРОГНОЗ» - 2015616028; заявлено 30.60.2015; опубликовано 25.08.2015.

Подписано в печать __.__.____. Формат 60×90/16.

Усл. печ. л. 1,5. Тираж 100 экз. Заказ № _____.

Издательство

Пермского национального исследовательского

политехнического университета.

Адрес: 614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, к. 113.

Тел. (342) 219-80-33.