

# Применение макроэкономических моделей России и ее регионов для прогнозирования их экономической динамики

Д.М. Галин<sup>1</sup>, И.В. Сумарокова<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Институт системного анализа Федерального исследовательского центра «Информатика и управление» РАН, Москва, Россия

**Аннотация.** В статье описаны методика и процесс формирования макроэкономических моделей России и ее регионов, с применением которых выполняется долгосрочное прогнозирование показателей их экономики. Представлены результаты такого прогнозирования на период до 2025 г. по различным сценариям.

**Ключевые слова:** макромоделю, модели переменных, комбинация уравнений регрессии, прогнозирование на перспективу, сценарий, оценка точности прогнозов показателей.

**DOI:** 10.14357/20790279190104

## Введение

В нестабильных экономических условиях современной России актуальна разработка макроэкономических моделей страны и отдельных ее регионов (федеральных округов и субъектов федерации), необходимых для достаточно полного описания взаимозависимостей экономических показателей и для их долгосрочного прогнозирования.

Тематика настоящего исследования близка к тематике ряда публикаций. В [1] проанализирована экономическая динамика России и Белоруссии и исследованы факторы экономического роста в обеих странах. В [2] сформирована макроэкономическая модель России, применимая к кратко- и среднесрочному прогнозированию.

Вместо термина «макроэкономическая модель» примем сокращение «макромодель». Ввиду частого употребления термина «объем отгруженных товаров, выполненных работ и услуг», вместо него, где возможно, применяется его сильно сокращенная аббревиатура ОТП (объем товаров и работ).

В настоящем исследовании предполагается, что динамика каждой эндогенной переменной любой макромоделю описывается отдельной моделью из одного уравнения. Коэффициенты таких уравнений постоянны, а их аргументы и функции могут быть представлены либо в натуральной, либо в логарифмической форме. Таким образом, если  $t$  – время, то уравнение модели эндогенной переменной (фактора-функции)  $Z(t)$ , зависящей от факторов-аргументов  $x_j(t)$  и времени, можно представить в общем виде:

$$F_Z(Z(t)) = b_1 + \sum_{x_j \in X_Z} b_{x_j} F_{x_j}(x_j(t)) + b_t t, \quad (1)$$

где  $F_Z(Z(t))$  – значение  $Z(t)$  в его форме представления, то есть, либо  $F_Z(Z(t)) = Z(t)$ , либо  $F_Z(Z(t)) = \ln Z(t)$ ;  $F_{x_j}(x_j(t))$  – аналогичная величина для  $x_j(t)$ ;  $X_Z$  – множество факторов-аргументов уравнения. Обозначение  $b_1$  применяется для свободного члена уравнения, поскольку его можно рассматривать как коэффициент при переменной, тождественно равной единице и далее именуемой «единица»; слагаемое  $b_t t$  может отсутствовать.

В общем виде задача прогнозирования экономической динамики некоторого объекта (страны или региона) с применением макромоделей его экономики может быть поставлена следующим образом. Задаются значения экономических показателей (эндогенных и экзогенных переменных макромоделей) за некоторый период. В нем выделяются следующие периоды: предбазовый (начало), базовый (основная часть) и прогнозный (конец). Они необходимы, соответственно, для учета лаговых значений переменных, для моделирования зависимостей между переменными и для оценки качества построенных моделей эндогенных переменных по результатам их прогнозирования. Период прогнозирования на перспективу, далее заменяемый аббревиатурой ППП, включает прогнозный период и некоторый период, следующий непосредственно за ним. При моделировании зависимостей переменных от времени может использоваться также расчетный период (объединение базового и прогнозного).

Макромодель экономики объекта формируется в виде системы одновременных уравнений вида (1), каждое из которых выражает модель зависимости некоторой эндогенной переменной от других факторов и времени; такие уравнения строятся для всех эндогенных переменных. Полученная система уравнений преобразуется в систему формул, выражающих эндогенные переменные через предопределенные (экзогенные, включая «единицу» и  $t$ , и эндогенные с лаговыми значениями). Прогнозирование показателей на перспективу происходит по нескольким сценариям, в каждом из которых задаются значения некоторых экзогенных переменных в годах ППП. При прогнозировании эндогенных переменных как можно более полно учитываются их прогнозные значения, вычисленные по формулам, выражающих их через предопределенные.

В ходе исследований, выполненных в 2014-2016 гг., авторы разработали макромоделю экономики России, представленную в [3], и макромоделю экономики двух ее регионов (Центрального федерального округа и города Москвы), представленные, соответственно, в [4] и [5]. Макромодели были построены с использованием информации, сформированной на основе отчетности Росстата [6] и Банка России [7] за 2004-2013 гг. Все показатели рассматривались в годовом исчислении. Периоды, указанные выше, были таковы: предбазовый – 2004 г., базовый – 2005-2012 гг., прогнозный – 2013 г., ППП – 2013-2020 гг. С применением макромоделей было выполнено прогнозирование показателей на перспективу по сценарию, представленному в [3].

В 2016 г. стала доступной информация из [6] и [7] за 2014-2015 гг. Поэтому стало актуальным проведение настоящего исследования. Его основные цели – модернизация макромоделей экономики России и ее регионов с использованием всей доступной информации и с учетом изменения всех периодов, кроме предбазового, и прогнозирование показателей на перспективу по различным сценариям с применением модернизированных макромоделей. Дополнительная цель исследования – оценка точности полученных ранее прогнозов показателей на 2014-2015 гг.

Таким образом, в настоящем исследовании используется информация, сформированная на основе информации из [6,7] за 2004-2015 гг., а измененные периоды таковы: базовый – 2005-2014 гг., прогнозный – 2015 г., ППП – 2015-2025 гг. Номер года на условной шкале времени обозначается как  $t$ , а значение  $t=0$  соответствует 2000 г.

### 1. Важнейшие переменные макромоделей экономики России и ее регионов

В макромоделю экономики России участвуют 70 эндогенных переменных. Важнейшие из них: валовой внутренний продукт (ВВП), инвестиции в основной капитал, ОТР по отраслям добычи полезных ископаемых (две отрасли), по отраслям обрабатывающих производств (14 отраслей) и по производству и распределению электроэнергии, газа и воды, объем работ по строительству, оборот розничной торговли, доходы бюджетов (федерального и субъектов федерации), краткосрочные (на срок до 1 года) и долгосрочные (на срок свыше 1 года) кредиты, предоставленные организациям, экспорт и импорт, курсы доллара США и евро (среднегодовые), среднемесячная номинальная зарплата одного работника, численность занятых в экономике, индекс промышленного производства, индекс потребительских цен.

В макромоделю экономики любого региона могут участвовать до 39 эндогенных переменных. Перечень важнейших из них близок к аналогичному для макромоделю экономики России, но с учетом следующих обстоятельств: вместо валового внутреннего продукта (ВВП) участвует валовой региональный продукт (ВРП); вместо 16 показателей (ОТР по отраслям добычи полезных ископаемых и обрабатывающих производств) участвуют два показателя (ОТР по всей добыче полезных ископаемых и по всем обрабатывающим производствам); отсутствуют доходы федерального бюджета, а вместо доходов бюджетов субъектов федерации могут

участвовать доходы бюджета региона (если регион является субъектом федерации); отсутствуют кредиты, предоставленные организациям; курсы доллара США и евро участвуют как экзогенные переменные, передаваемые из макромоделей экономики России.

Некоторые эндогенные переменные могут участвовать в макромоделях также с лагом в один год (например, инвестиции в основной капитал, кредиты, предоставленные организациям, экспорт и импорт, а также некоторые другие).

В макромоделей экономики России могут участвовать до пяти экзогенных переменных (далее они называются глобально-экзогенными). Важнейшие из них: мировые цены нефти Юралс и природного газа (среднегодовые), ставка рефинансирования Банка России.

В макромоделей экономики любого региона могут участвовать до семи экзогенных переменных: большинство глобально-экзогенных (важнейшие из них указаны выше), а также некоторые эндогенные переменные макромоделей экономики России (важнейшие из них – курсы доллара США и евро). Поэтому решение задачи прогнозирования экономической динамики любого региона может проходить только после решения аналогичной задачи для России.

## 2. Основные средства методики построения макромоделей

При построении макромоделей экономики объектов применяется методика, неоднократно используемая авторами (например, в [3-5]). Основные ее средства – двухшаговый метод наименьших квадратов (МНК) и комбинация уравнений регрессии.

При формировании макромоделей в виде системы одновременных уравнений используется подход, описанный в [8], согласно которому параметры зависимостей одних эндогенных переменных от других и от predetermined переменных оцениваются двухшаговым методом наименьших квадратов (МНК). На его первом шаге строятся уравнения зависимостей эндогенных переменных от predetermined в базовом периоде так, чтобы вычисленные по ним значения эндогенных были достаточно близки к фактическим. На втором шаге фактические значения эндогенных факторов-аргументов уравнений заменяются вычисленными и с помощью обычного МНК строятся уравнения регрессии эндогенных переменных по вычисленным значениям других и по predetermined переменным. Наконец, пред-

полагается, что в уравнениях вида (1) коэффициенты  $b_{x_j}$  при фактических значениях  $F_{x_j}(x_{j1}(t))$  – те же, что и при их вычисленных значениях в уравнениях, построенных на втором шаге. Полученные уравнения вида (1) распространяются и на прогнозный период.

Для построения моделей переменных с большим количеством факторов-аргументов используется разработанная авторами специальная методика, сокращенно обозначаемая КУР (комбинация уравнений регрессии). Применяя ее, модель фактора-функции  $Z(t)$  можно сформировать путем комбинации нескольких уравнений регрессии. Далее, при описании этой методики, предполагается, что все коэффициенты упоминаемых в нем уравнений статистически значимы.

Формирование модели по методике КУР начинается с построения основного уравнения вида (1) с максимально возможным количеством факторов-аргументов, выражающего зависимость  $Z(t)$  от них. После подстановки в него факторов-аргументов вычисляются расчетные значения его правой части  $F_Z(Z(t))$ . Расчетные значения фактора-функции  $Z(t)$  и значения вспомогательной функции  $Q_1(t)$ , имеющей ту же форму представления, что и  $Z(t)$ , определяются согласно форме представления  $Z(t)$ : либо  $Z(t) = F_Z(Z(t))$ ,  $Q_1(t) = Z(t) - Z(t)$ , либо  $Z(t) = \exp(F_Z(Z(t)))$ ,  $Q_1(t) = Z(t)/Z(t)$ . Затем строится дополнительное уравнение вида (1), выражающее зависимость  $Q_1(t)$  от факторов-аргументов, не вошедших в основное уравнение. В нем  $F_Z(Q_1(t)) = F_Z(Z(t)) - F_Z(Z(t))$ .

После подстановки в дополнительное уравнение значений вошедших в него факторов-аргументов и вычисления расчетных значений его правой части  $F_Z(Q_1(t))$  аналогично определяются расчетные значения  $Q_1(t)$  и значения вспомогательной функции  $Q_2(t)$  для построения второго дополнительного уравнения вида (1), выражающего зависимость  $Q_2(t)$  от факторов-аргументов, не вошедших в уже построенные уравнения, в котором  $F_Z(Q_2(t)) = F_Z(Q_1(t)) - F_Z(Q_1(t))$ . Аналогично последовательно строятся и следующие дополнительные уравнения. Таким образом, формируется комбинированное уравнение модели, имеющее вид (1), в котором коэффициенты  $b_1$  и  $b_1$  получаются путем суммирования соответствующих коэффициентов всех построенных уравнений, начиная с основного, а коэффициенты  $b_{x_j}$  – те же, что в построенных уравнениях.

Данная методика имеет два положительных качества по сравнению с построением модели обычным способом: возможность включения в модель такого количества факторов-аргументов,

которое превышает максимально допустимое для модели из одного уравнения, и возможность одновременного вхождения в модель факторов-аргументов, которые не могли бы оказаться в модели из одного уравнения ввиду появления в нем статистически незначимых коэффициентов.

По методике КУР можно формировать и модели зависимостей переменных только от времени, а, точнее, от функций времени  $g_j(t)$  из заданного множества  $G$ . Уравнение такой модели формируется как комбинация уравнений регрессии, в которых вместо факторов-аргументов участвуют функции  $g_j(t)$ , и имеет общий вид:

$$Z(t) = d_1 + \sum_{g_j \in G_Z} d_{g_j} g_j(t), \quad (2)$$

где  $G_Z$  – множество используемых функций,  $G_Z \subset G$ .

Авторы включили в множество  $G$  следующие функции времени:  $t$ ,  $t^2$ ,  $t^3$ ,  $t^4$ ,  $t^{0.5}$ ,  $\ln(t)$ ,  $(t+1)^2$ ,  $(t+1)^3$ ,  $(t+1)^4$ ,  $(t+1)^{0.5}$ ,  $\ln(t+1)$ ,  $1/t$ ,  $1/t^2$ ,  $1/t^3$ ,  $1/t^4$ ,  $1/t^{0.5}$ ,  $1/\ln(t)$ ,  $1/(t+1)$ ,  $1/(t+1)^2$ ,  $1/(t+1)^3$ ,  $1/(t+1)^4$ ,  $1/(t+1)^{0.5}$ ,  $1/\ln(t+1)$ , а также функции, являющиеся комбинациями тригонометрических и степенных:  $t^\alpha \times \sin((2\pi/q)t^\beta)$  и  $t^\alpha \times \cos((2\pi/q)t^\beta)$ , где параметры  $\alpha$ ,  $\beta$  и  $q$  могут принимать любые из значений  $\alpha=0; 1; 2; 0,5; -1; -2; -0,5$ ;  $\beta=1; 2; 0,5$ ;  $q=1; 2; \dots; 12$ . При некоторых комбинациях параметров такие функции тождественно равны нулю или единице, либо совпадают с уже упомянутыми, а потому не используются.

Далее приняты следующие принципы построения моделей переменных:

- уравнение регрессии считается статистически значимым, если все его коэффициенты статистически значимы, а модель, уравнение которой является комбинацией уравнений регрессии, считается статистически значимой, если все эти уравнения статистически значимы;
- зависимость переменной от других факторов и времени моделируется в базовом периоде, а ее зависимость только от времени – в базовом или в расчетном периоде;
- модель каждой переменной должна быть статистически значимой; ее уравнение строится по методике КУР в виде (1) или (2);
- любое уравнение регрессии формируется за несколько шагов, на каждом из которых в модель включается, в зависимости от вида уравнения, либо один фактор-аргумент (вместе с которым может включаться и аргумент  $t$ ), либо одна функция времени;
- условие статистической значимости уравнения может не выполняться в начале его формирования, но, будучи раз выполненным, затем должно соблюдаться;

- по построенной модели вычисляются расчетные значения переменной в периоде моделирования, а при моделировании зависимости только в базовом периоде – также и прогнозное (в прогнозном году).

### 3. Процесс прогнозирования экономической динамики с применением макромоделей

Процесс решения задач прогнозирования экономической динамики России и ее регионов с применением их макромоделей начинается с этапа, необходимого для всех таких задач, – построения моделей зависимостей глобально-экзогенных переменных от времени в расчетном периоде. Для этих переменных такой способ моделирования – единственно возможный. Уравнение модели каждой переменной строится в виде (2), как комбинация основного и дополнительного уравнений. На каждом шаге в модель включается, как правило, функция с наибольшим по модулю коэффициентом корреляции с разностью фактора-функции и результата его расчета по модели, полученной на предыдущем шаге. Расчетные значения глобально-экзогенных переменных используются вместо фактических при решении всех указанных задач прогнозирования.

Затем происходит собственно решение задач прогнозирования экономической динамики России и ее регионов, причем, как указано выше, первой решается такая задача для экономики России. В процессе решения задачи для любого объекта выделяются следующие этапы: формирование макромоделей экономики объекта, ее преобразование в систему формул, выражающих эндогенные переменные через predetermined, прогнозирование показателей экономики объекта на перспективу.

Процесс формирования макромоделей экономики объекта начинается с построения моделей зависимостей эндогенных переменных от времени в базовом периоде. Их уравнения строятся в виде (2) так же, как и уравнения моделей зависимостей глобально-экзогенных переменных от времени. Фактически при этом выполняется первый шаг двухшагового МНК, так как уравнение вида (2) есть уравнение зависимости фактора-функции  $Z(t)$  от predetermined переменных («единицы» и  $t$ ). Расчетные значения эндогенных переменных используются при построении моделей их зависимостей от других факторов и времени на втором шаге двухшагового МНК.

Затем формируются модели зависимостей эндогенных переменных от других факторов и вре-



мени в базовом периоде. Уравнение каждой модели строится в виде (1) как комбинация основного и дополнительных уравнений. Набор возможных факторов-аргументов определяется, исходя из экономической теории. Факторы, измеряемые в процентах, участвуют в натуральной форме, а остальные – в логарифмической.

Для модели желательно выполнение следующих условий: наличие аргумента  $t$ , наличие хотя бы одного фактора-аргумента, отличного от стандартных, которые могут быть в модели любой эндогенной переменной (в настоящем исследовании, как и в [3-5], такими факторами являются курсы валют, их отношение и мировые цены нефти Юралс и природного газа) и количество факторов-аргументов, не меньшее четверти длины базового периода (для достаточно полного описания моделируемой зависимости). Эти условия должны (по возможности) выполняться уже для основного уравнения.

Кроме того, для каждого статистически значимого уравнения, которое предполагается включить в модель, желательны достаточно большой коэффициент множественной детерминации и высокое качество прогноза по модели, полученной при включении такого уравнения. Для его оценки вычисляются прогнозное значение фактора-функции и модуль его относительного отклонения от фактического в прогнозном году (ОО), который и считается оценкой качества прогноза по модели, повышающегося (понижающегося) в  $\gamma$  раз при уменьшении (увеличении) ОО в  $\gamma$  раз, где  $\gamma > 1$ .

Каждый шаг построения любого уравнения начинается с формирования набора вспомогательных уравнений для выбора очередного фактора-аргумента. Для каждого такого уравнения, получаемого путем включения в модель одного фактора-аргумента, оценивается качество прогноза по модели. Если среди вспомогательных уравнений есть статистически значимые, то из них

отбираются до четырех с наибольшими коэффициентами множественной детерминации, а из их факторов-аргументов выбирается тот, при включении которого в модель достигается наивысшее качество прогноза по ней.

На первых шагах построения основного уравнения (пока число его факторов-аргументов меньше минимально желательного) качество прогноза может быть любым, а на каждом следующем шаге построения любого дополнительного уравнения и во всем процессе построения такого уравнения допускается повышение качества прогноза, его сохранение или понижение, но не более чем вдвое. Если даже для лучшего фактора-аргумента эти условия нарушаются, то при наличии уже построенного статистически значимого уравнения оно полагается окончательным; иначе вся сформированная ранее модель полагается окончательной.

Если статистически значимых вспомогательных уравнений нет, то при наличии уже построенного статистически значимого уравнения оно полагается окончательным. Иначе выбирается фактор-аргумент, уравнение с которым содержит наибольшее число статистически значимых коэффициентов, а при равенстве таких чисел для нескольких факторов имеет наибольший коэффициент множественной детерминации.

Если построенное уравнение еще не является окончательным, то выполняется следующий шаг его построения. Иначе для него выполняется второй шаг двухшагового МНК, после чего оно включается в модель и начинается построение очередного уравнения. Модель полагается окончательной, если очередное уравнение не удастся сформировать. После завершения формирования модели ее уравнение приобретает вид (1), где коэффициенты  $b_1$  и  $b_2$  получаются, как указано выше, путем суммирования.

В качестве примера рассмотрим модель одного показателя экономики России – индекса потребительских цен:

$$\text{ИПЦ}(t) = 122,8588 + 1,834797\text{РЕНТР}(t) - 13,6993\ln\text{ОТРКОЖ}(t) + 0,048753\text{ИЦСХ}(t) - 2,53687\ln\text{ДМ}(t) + 1,479426\ln\text{ООП}(t) + 2,548484t.$$

Здесь ИПЦ – индекс потребительских цен; РЕНТР – рентабельность проданных товаров, продукции, работ, услуг; ОТРКОЖ – ОТР по производству кожи, изделий из кожи и производству обуви; ИЦСХ – индекс цен производителей сельскохозяйственной продукции; ДМ – денежная масса; ООП – оборот общественного питания.

Уравнение модели получено посредством комбинации основного уравнения

$$\text{ИПЦ}(t) = 130,6624 + 1,834797\text{РЕНТР}(t) - 13,6993\ln\text{ОТРКОЖ}(t) + 0,048753\text{ИЦСХ}(t) - 2,53687\ln\text{ДМ}(t) + 2,752335t$$

и дополнительного уравнения

$$\text{ИПЦ}(t) - \text{ИПЦ}(t)^f = -7,80356 + 1,479426\ln\text{ООП}(t) - 0,20385t,$$

где  $\text{ИПЦ}(t)^f$  – расчетные значения  $\text{ИПЦ}(t)$ , вычисленные с применением основного уравнения.

В основном уравнении коэффициенты имеют следующие стандартные ошибки:  $b_1 = 13,71248$ ;  $b_{\text{РЕНТР}} = 0,31231$ ;  $b_{\text{ОТКРОЖ}} = 2,271247$ ;  $b_{\text{НИСХ}} = 0,020006$ ;  $b_{\text{ДМ}} = 2,234939$ ;  $b_t = 0,475353$ ; коэффициент множественной детерминации равен 0,973269. В дополнительном уравнении коэффициенты имеют следующие стандартные ошибки:  $b_1 = 7,346841$ ;  $b_{\text{ООП}} = 1,390017$ ;  $b_t = 0,197237$ ; коэффициент множественной детерминации равен 0,139286.

Оценка качества прогноза по модели составляет 0,00173%.

Макромодель, построенная как система уравнений моделей эндогенных переменных, преобразуется в систему формул, выражающих эти переменные через predetermined. Уравнение модели эндогенной переменной  $y_i(t)$  преобразуется к виду:

$$F_{y_i}(y_i(t)) = b_{i1} + \sum_{j \in J_y} a_{ij} F_{y_j}(y_j(t)) + \sum_{j \in J_x} b_{ij} F_{x_j}(x_j(t)) + b_{it} t, \quad (3)$$

где  $J_y$  и  $J_x$  – соответственно, множества номеров всех эндогенных и всех predetermined переменных макромодели.

Систему уравнений (3) можно записать в виде:

$$F_y(y(t)) = B_1 + A \times F_y(y(t)) + B_x \times F_x(x(t)) + B_t t, \quad (4)$$

где  $A$  и  $B_x$  – матрицы;  $B_1$ ,  $B_t$ ,  $F_y(y(t))$ ,  $F_x(x(t))$  – векторы.

С использованием обращения и умножения матриц определяется вектор  $F_y(y(t))$ :

$$F_y(y(t)) = C_1 + C_x \times F_x(x(t)) + C_t t, \quad (5)$$

где  $C_1 = (E - A)^{-1} B_1$ ,  $C_x = (E - A)^{-1} B_x$ ,  $C_t = (E - A)^{-1} B_t$ .

В системе (5) формула для  $y_i(t)$  имеет вид:

$$F_{y_i}(y_i(t)) = c_{i1} + \sum_{j \in J_x} c_{ij} F_{x_j}(x_j(t)) + c_{it} t, \quad (6)$$

где  $c_{ij}$  ( $j \in J_x$ ),  $c_{i1}$ ,  $c_{it}$  – соответственно, элементы  $i$ -х строк матрицы  $C_x$  и векторов  $C_1$  и  $C_t$ .

Данная формула выражает переменную  $y_i(t)$ , с учетом ее формы представления, через predetermined переменные.

Перед описанием процесса прогнозирования показателей экономики объекта на перспективу следует отметить, что такой процесс для России отличается от проходящих после него аналогичных процессов для регионов. Прежде всего, до прогнозирования показателей экономики России, среди глобально-экзогенных переменных, выделяются две группы: фиксированные, значения которых в ППП задаются в каждом сценарии до прогнозирования, и свободные, которые прогно-

зируются совместно с эндогенными переменными макромодели экономики России.

Для эндогенных переменных макромодели экономики объекта (а для России – и для глобально-экзогенных переменных) строятся упрощенные модели их зависимостей от времени в расчетном периоде (а для некоторых переменных – на другом временном отрезке). Уравнение каждой такой модели имеет вид (2) и содержит одну функцию времени. Такие функции выбираются из множества  $G_p$  ( $G_p \subset G$ ), полученного из определенного выше множества  $G$  путем сохранения только тех из функций вида  $t^\alpha \times \sin((2\pi/q)t^\beta)$  и  $t^\alpha \times \cos((2\pi/q)t^\beta)$ , у которых параметры  $\beta$  и  $q$  удовлетворяют следующим условиям:  $\beta = 1$ ;  $q \geq 2$  и, кроме того,  $q$  меньше половины длины расчетного периода. По построенным моделям вычисляются значения переменных в годах ППП.

Для каждой фиксированной глобально-экзогенной переменной можно построить несколько упрощенных моделей ее зависимости от времени, так как сценарии прогнозирования на перспективу должны различаться между собой динамикой хотя бы одной из таких переменных в годах ППП. Значения каждой из остальных переменных в годах ППП, вычисленные по модели, полагаются ее средними значениями, а ее минимально и максимально допустимые значения в годах ППП вычисляются путем умножения средних значений на некоторые коэффициенты.

Каждый сценарий прогнозирования на перспективу характеризуется значениями фиксированных глобально-экзогенных переменных в годах ППП. Для каждой такой переменной они могут либо равняться ее значениям, вычисленным по одной из упрощенных моделей ее зависимости от времени, либо задаваться принудительно.

Прогнозирование на перспективу других переменных проходит последовательно, по годам ППП. Прогнозирование на каждый год начинается с раздельного прогнозирования эндогенных переменных. Для каждой из них вычисляется прогнозное значение по формуле с применением формул (6), где значения экзогенных переменных  $x_j(t)$  определяются так: для фиксированных глобально-экзогенных используются заданные в сценарии, а для остальных – средние (для России) или прогнозные, полученные после прогнозирования показателей экономики России (для регионов). Предварительное прогнозное значение полагается равным прогнозному значению по формуле, если последнее находится между минимально и максимально допустимыми значениями, а иначе – тому из них, к которому ближе прогнозное значение по формуле.

Окончательное прогнозное значение переменной получается как линейная комбинация ее

прогнозного значения по формуле и ее среднего значения с коэффициентами, сумма которых равна единице. Начальный коэффициент при прогнозируемом значении по формуле равно отношению разности предварительного прогнозного и среднего значений к разности прогнозного значения по формуле и среднего значения. Его окончательное значение получается путем уменьшения до ближайшей целой неположительной степени числа 2 (1; 0,5; 0,25 и т.д.).

Окончательные прогнозные значения эндогенных переменных макромоделей экономики любого региона полагаются равными полученным при раздельном прогнозировании. Для России после такого прогнозирования эндогенных переменных выполняется совместное прогнозирование этих переменных и свободных глобально-экзогенных переменных путем решения задачи максимизации суммы начальных значений коэффициентов при прогнозных значениях эндогенных переменных по формулам. Цель решения – максимально полный учет таких прогнозных значений и определение прогнозных значений свободных глобально-экзогенных переменных.

В ходе решения могут изменяться прогнозные значения свободных глобально-экзогенных переменных. Их минимально и максимально допустимые значения являются ограничениями задачи, а средние значения считаются начальными прогнозными значениями. В результате определяются прогнозные значения свободных глобально-экзогенных переменных в данном году и начальные коэффициенты при прогнозных значениях эндогенных переменных по формулам. Затем вычисляются, как описано выше, окончательные значения этих коэффициентов и окончательные прогнозные значения эндогенных переменных макромоделей экономики России в данном году.

#### 4. Основные результаты прогнозирования показателей экономики России и ее регионов на перспективу до 2025 г.

В ходе настоящего исследования были сформированы макромоделей экономики России, Цен-

трального федерального округа и города Москвы, с применением которых было выполнено прогнозирование показателей экономики на перспективу по двум сценариям, разработанным в марте 2017 г.; их можно условно обозначить как 1-й и 2-й сценарии. Ниже представлены основные результаты такого прогнозирования.

При прогнозировании всех показателей экономики на перспективу фиксированными глобально-экзогенными переменными были, как и в [3-5], мировые цены нефти Юралс и природного газа и учетная цена золота. Функции времени в уравнениях моделей динамики таких переменных в ППП представлены в табл.1.

Прогнозы почти всех показателей экономики России и ее регионов по двум сценариям в большей части ППП оказались очень близкими. Поэтому ниже, при описании динамики показателей в ППП, особо выделяются только те показатели и годы, для которых прогнозы по двум сценариям существенно различны, а в остальных случаях можно считать, что динамика показателя практически не зависит от сценария.

Среднегодовые темпы прироста в 2016-2025 гг. важнейших показателей экономики России, измеряемых не в процентах, представлены в табл.2.

В динамике большинства этих показателей имеется много общего. Они монотонно растут, причем самый быстрый рост чаще всего происходит в 2016 г., а самый медленный – в 2025 г. Тенденция к замедлению темпов прироста в конце ППП (начиная с 2023 г.) имеется у доходов федерального бюджета и объема работ по строительству, а в 1-м сценарии – и у инвестиций в основной капитал, причем в этом сценарии два последних из указанных показателей в 2025 г. даже начинают убывать.

Динамика четырех показателей имеет особенности. Динамика общей численности безработных сходна с описанной выше, но с той разницей, что этот показатель монотонно убывает. Экспорт и импорт монотонно, хотя и медленно, растут в 2016-2018 гг.; затем в 1-м сценарии начинаются их колебания, а во 2-м они продолжают расти, но еще медленнее. Численность занятых в экономике монотонно возрастает в 2016-2018 гг. в 1-м сценарии

Табл. 1

Функции времени в уравнениях моделей динамики фиксированных глобально-экзогенных переменных в ППП

Показатель	Функция времени в уравнении модели динамики показателя	
	1-й сценарий	2-й сценарий
Мировая цена нефти Юралс	$49,50714 - 0,02449t^2 \times \cos((2\pi/5)t)$	$50,44581 - 1590,87 \cos((2\pi/5)t) / t^2$
Мировая цена природного газа	$347,8192 - 222,679 \cos((2\pi/5)t) / t^{0,5}$	$346,3033 - 22,5001 t^{0,5} \times \cos((2\pi/5)t)$
Учетная цена золота	$-520,339 + 168,3192t$	$-2401,5 + 1086,487(t+1)^{0,5}$

Табл. 2

Среднегодовые темпы прироста в 2016-2025 гг. важнейших показателей экономики России

Показатель	Среднегод. темп прироста	
	1-й сценарий	2-й сценарий
Валовой внутренний продукт	6,5	6,7
Инвестиции в основной капитал	4,3	5,0
ОТР по добыче топливно-энергетических полезных ископаемых	6,4	6,7
ОТР по производству пищевых продуктов, включая напитки и табака	6,6	6,4
ОТР по производству кокса и нефтепродуктов	7,7	7,8
ОТР по химическому производству	6,5	6,6
ОТР по металлургическому производству и производству готовых металлических изделий	7,6	7,6
ОТР по производству машин и оборудования	2,8	2,8
ОТР по производству электрооборудования, электронного и оптического оборудования	5,8	5,8
ОТР по производству транспортных средств и оборудования	6,0	5,9
ОТР по производству и распределению электроэнергии, газа и воды	4,6	4,7
Продукция сельского хозяйства	4,2	4,2
Объем работ по строительству	2,5	2,6
Оборот розничной торговли	6,6	6,4
Объем платных услуг населению	6,4	6,5
Доходы федерального бюджета	3,8	3,9
Доходы бюджетов субъектов федерации	3,5	3,6
Денежная масса	6,2	7,1
Краткосрочные кредиты, предоставленные организациям	8,1	8,2
Денежные доходы населения	6,3	6,6
Денежные расходы населения	6,1	6,1
Экспорт	0,43	0,53
Импорт	0,44	0,23
Курс доллара США	7,3	7,3
Курс евро	6,2	6,2
Среднемесячная номинальная зарплата одного работника	6,4	6,4
Численность занятых в экономике	0,29	0,14
Общая численность безработных	-3,7	-3,5
Потребность работодателей в работниках	3,3	3,3
Грузооборот транспорта	2,7	2,7

и в 2016-2020 гг. во 2-м, а в дальнейшем совершает колебания.

Средние значения в 2015-2025 гг. важнейших показателей экономики России, измеряемых в процентах, представлены в табл.3.

Все эти показатели совершают колебания, период которых у индексов производства составляет три года, у индексов цен производителей – два года, а у индекса потребительских цен – пять лет. Последний показатель достигает экстремумов син-

Табл. 3

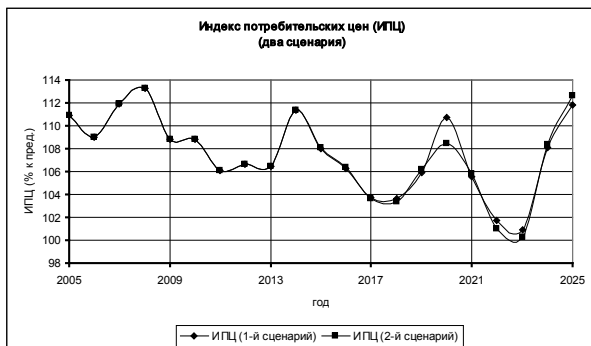
Средние значения в 2015-2025 гг. важнейших показателей экономики России (%)

Индекс	Среднее значение	
	1-й сценарий	2-й сценарий
Промышленного производства	98,2	97,9
Производства по обрабатывающим производствам	99,6	99,8
Цен производителей промышленных товаров	113,7	113,4
Цен производителей сельскохозяйственной продукции	104,6	105,1
Потребительских цен	106,0	105,8



хронно с мировыми ценами, но при их максимумах имеет минимум. Амплитуды колебаний этого показателя и индекса цен производителей сельскохозяйственной продукции растут, а у трех других показателей они не имеют определенной тенденции.

Графики динамики индекса потребительских цен в России в базовом периоде и его прогнозов на перспективу по двум сценариям представлены на рис.1.



**Рис. 1.** Динамика индекса потребительских цен в России в базовом периоде и его прогнозы на перспективу по двум сценариям

Прогнозы по двум сценариям заметно различны в 2020 г., в 2022-2023 гг. и в 2025 г. Прогноз по 1-му сценарию больше прогноза по 2-му в 2017-2018 гг., в 2020 г. и в 2022-2023 гг.

Среднегодовые темпы прироста в 2016-2025 гг. важнейших показателей экономики Центрального федерального округа и города Москвы, измеряемых не в процентах, представлены в табл.4.

В динамике большинства показателей экономики Центрального федерального округа имеется много общего. Они монотонно растут, причем самый быстрый рост чаще всего происходит в 2016 г., а самый медленный – в 2022 г. Тенденция к замедлению темпов прироста в ППП (начиная с 2017 г.) имеется в 1-м сценарии у инвестиций в основной капитал.

Динамика четырех показателей имеет особенности. Объем работ по строительству и численность занятых в экономике монотонно растут в 2016-2018 гг.; затем в 1-м сценарии начинаются их колебания, а во 2-м они продолжают расти. Общая численность безработных и потребность работодателей в работниках совершают колебания, период которых составляет пять лет, и достигают экстремумов синхронно с мировыми ценами; при их максимумах первый показатель имеет минимум, а второй – максимум.

В динамике большинства показателей экономики города Москвы имеется много общего. Они монотонно растут, причем самый быстрый рост чаще всего происходит в 2018 г., а самый медленный – в 2017 г. Тенденция к замедлению темпов прироста в ППП (начиная с 2017 г.) имеется у ОTR

**Табл. 4**

Среднегодовые темпы прироста в 2016-2025 гг. важнейших показателей экономики Центрального федерального округа и города Москвы

Показатель	Среднегодовой темп прироста			
	Центральный федеральный округ		город Москва	
	1-й сценарий	2-й сценарий	1-й сценарий	2-й сценарий
Валовой региональный продукт	6,1	6,3	4,2	4,0
Инвестиции в основной капитал	5,8	5,6	4,0	4,1
ОТР по добыче полезных ископаемых	6,8	6,9	7,0	7,0
ОТР по обрабатывающим производствам	6,0	6,7	5,9	6,0
ОТР по производству и распределению электроэнергии, газа и воды	3,3	3,3	5,3	4,4
Объем работ по строительству	2,7	2,6	1,1	1,2
Оборот розничной торговли	6,5	6,7	4,0	4,0
Объем платных услуг населению	5,8	5,8	4,4	4,3
Доходы бюджетов субъектов федерации	3,7	3,5	1,9	2,1
Экспорт	1,1	1,3	1,2	2,0
Импорт	0,42	0,49	0,43	0,25
Среднемесячная номинальная зарплата одного работника	5,8	5,8	5,9	6,1
Численность занятых в экономике	0,95	0,88	3,1	3,1
Общая численность безработных	-0,07	-0,24	0,60	0,55
Потребность работодателей в работниках	-0,11	-0,22	-0,81	-0,97

по добыче полезных ископаемых, а во 2-м сценарии, кроме того, в конце ППП (начиная с 2023 г.) у инвестиций в основной капитал.

Динамика шести показателей имеет особенности. ОТР по производству и распределению электроэнергии, газа и воды и среднемесячная номинальная зарплата одного работника в 1-м сценарии монотонно растут, а во 2-м совершают колебания. Экспорт монотонно растет в 2016-2018 гг., а импорт – в 2016-2020 гг.; затем начинаются колебания обоих этих показателей. Общая численность безработных совершает колебания без определенного периода, а потребность работодателей в работниках совершает колебания с периодом пять лет, достигает экстремумов синхронно с мировыми ценами и при их максимумах имеет максимум.

Средние значения в 2015-2025 гг. важнейших показателей экономики Центрального федерального округа и города Москвы, измеряемых в процентах, представлены в табл.5.

Все показатели экономики Центрального федерального округа совершают колебания; у индексов производства они не имеют определенного периода, а у индексов цен имеют период пять лет. Свойства экстремумов и амплитуды колебаний индекса потребительских цен – те же, что и у аналогичного показателя экономики России. Аналогичные свойства имеют экстремумы индекса цен производителей промышленных товаров, но амплитуда его колебаний не имеет определенной тенденции.

Все показатели экономики города Москвы совершают колебания; у большинства показателей они не имеют определенного периода, но у индекса цен производителей промышленных товаров имеют период пять лет. Этот показатель достигает экстремумов синхронно с мировыми ценами и при их максимумах имеет минимум; амплитуда его колебаний растет.

Для выбора сценария, предпочтительного для развития экономики некоторого объекта (страны

или региона), можно применить следующий критерий, основанный на представленных в табл. 2-5 результатах. Для любого показателя, измеряемого не в процентах, лучшим является тот сценарий, при котором среднегодовой темп его изменения больше (исключения – денежная масса, курсы валют и общая численность безработных: для них эти темпы должны быть меньше). Для любого индекса производства лучшим является тот сценарий, при котором его среднее значение больше, а для любого индекса цен – тот, при котором это значение меньше. Предпочтительным можно считать сценарий, лучший для большего количества показателей.

Для развития экономики России предпочтителен 2-й сценарий, который является лучшим для 16 показателей из 35, представленных в табл. 2-3. Наиболее заметно его превосходство для валового внутреннего продукта, инвестиций в основной капитал, ОТР по добыче топливно-энергетических полезных ископаемых, денежных доходов населения, индекса цен производителей промышленных товаров. Для девяти показателей (например, для импорта и численности занятых в экономике) лучшим является 1-й сценарий, а для десяти оба сценария равноценны.

Для развития экономики Центрального федерального округа одинаково предпочтительны оба сценария, поскольку каждый является лучшим для восьми показателей из 19, представленных в табл. 4-5. Наиболее заметно превосходство 1-го сценария для инвестиций в основной капитал, доходов бюджетов субъектов федерации, индекса производства по обрабатывающим производствам, индекса цен производителей промышленных товаров, а 2-го – для валового регионального продукта, ОТР по обрабатывающим производствам, оборота розничной торговли, индекса промышленного производства. Для трех показателей оба сценария равноценны. Поскольку для двух наиболее важных показателей (валового регионального продукта и

Табл. 5

Средние значения в 2015-2025 гг. важнейших показателей экономики Центрального федерального округа и города Москвы (%)

Индекс	Среднее значение			
	Центральный федеральный округ		город Москва	
	1-й сценарий	2-й сценарий	1-й сценарий	2-й сценарий
Промышленного производства	95,5	95,9	91,9	91,5
Производства по обрабатывающим производствам	96,4	96,1	91,5	91,1
Цен производителей промышленных товаров	110,1	110,4	107,0	107,0
Потребительских цен	106,2	106,3	108,7	108,9

индекса промышленного производства) лучшим является 2-й сценарий, можно признать, что он все же имеет превосходство над 1-м, но крайне малое.

Для развития экономики города Москвы предпочтителен 1-й сценарий, который является лучшим для восьми показателей из 19, представленных в табл. 4-5. Наиболее заметно его превосходство для валового регионального продукта, ОТП по производству и распределению электроэнергии, газа и воды, индекса промышленного производства, индекса производства по обрабатывающим производствам. Для семи показателей (например, для экспорта и среднемесячной номинальной зарплаты одного работника) лучшим является 2-й сценарий, а для четырех оба сценария равноценны.

### 5. Оценка точности прогнозов показателей на 2014-2015 гг.

Рассмотрим основные результаты, связанные с дополнительной целью настоящего исследования – оценкой точности прогнозов показателей на 2014-2015 гг., полученных ранее (в ходе исследований, результаты которых представлены в [3-5]), путем их сравнения с фактическими данными за эти годы. Показатель ВРП по регионам ранее не использовался [4,5] ввиду отсутствия информации по нему за 2013 г. В настоящем исследовании авторы решили аналогичную проблему для 2015 г. путем прогнозирования ВРП с применением уравнения вида (2) и использования прогнозного значения вместо фактического. Оценкой точности прогноза показателя в указанном периоде можно считать среднее квадратическое отклонение (СКО) его прогнозных значений от фактических (для краткости – просто СКО).

Прогнозы глобально-экзогенных показателей оказались весьма далеки от фактических значений. У трех показателей СКО лежит в интервале от 10 до 20%, а у двух важнейших (мировых цен нефти Юралс и природного газа) превышает 30% (соответственно, 104,9 и 38,9%).

У показателей экономики России СКО распределились так: у 22 показателей СКО не превышает 5%, у 18 лежит в интервале от 5 до 10%, еще у 18 – от 10 до 20%, а у 12 превышает 20%. Поскольку у 40 из 70 показателей СКО меньше 10%, можно считать такой результат достаточно хорошим. Максимальные СКО имеют импорт (76,2%) и экспорт (56,8%); фактические значения этих показателей (особенно в 2015 г.) значительно меньше прогнозных (вероятно, ввиду падения мировых цен нефти и природного газа, а для импорта – так-

же вследствие антироссийских санкций некоторых стран и ускорения импортозамещения).

Очень точными (имеющими малые СКО) оказались прогнозы валового внутреннего продукта (3,9%), денежных доходов населения (1,2%), доходов бюджетов субъектов федерации (1,5%), численности занятых в экономике (2,3%), грузооборота транспорта (2,5%), оборота розничной торговли (2,9%) и ОТП по ряду видов производства, например, по добыче топливно-энергетических полезных ископаемых (2,5%).

Несколько менее точны прогнозы доходов федерального бюджета (5,5%), инвестиций в основной капитал (5,7%), денежной массы (7,0%), индекса промышленного производства (6,8%) и ОТП по многим видам производства, например, по производству пищевых продуктов, включая напитки и табака (7,7%) и по производству транспортных средств и оборудования (9,4%).

Среди показателей со средними по точности прогнозами – индекс потребительских цен (10,1%), объем работ по строительству (10,4%), общая численность безработных (11,8%), продукция сельского хозяйства (12,3%) и ОТП по многим видам производства, например, по производству и распределению электроэнергии, газа и воды (12,6%) и по производству кокса и нефтепродуктов (14,8%). К числу показателей с наименее точными прогнозами, помимо импорта и экспорта, относятся потребность работодателей в работниках (29,8%) и курсы евро (29,8%) и доллара США (33,3%).

У показателей экономики Центрального федерального округа СКО распределились так: у 11 показателей СКО не превышает 5%, у 13 лежит в интервале от 5 до 10%, у восьми – от 10 до 20%, а у шести превышает 20%. Поскольку у 24 из 38 показателей СКО меньше 10%, можно считать такой результат достаточно хорошим. Максимальные СКО имеют импорт (68,9%) и экспорт (62,5%); их фактические значения (особенно в 2015 г.) значительно меньше прогнозных (по тем же причинам, что и для аналогичных показателей экономики России).

Очень точными (имеющими малые СКО) оказались прогнозы объема работ по строительству (1,9%), численности занятых в экономике (3,4%), доходов бюджетов субъектов федерации (3,6%) и индекса промышленного производства (4,2%). Несколько менее точны прогнозы оборота розничной торговли (7,5%), инвестиций в основной капитал (9,0%), ОТП по обрабатывающим производствам (6,8%) и по производству и распределению электроэнергии, газа и воды (8,3%).

Среди показателей со средними по точности прогнозами – индекс потребительских цен (10,9%),

ОТР по добыче полезных ископаемых (11,1%) и продукция сельского хозяйства (14,3%). К числу показателей с наименее точными прогнозами, помимо импорта и экспорта, относится потребность работодателей в работниках (22,9%).

У показателей экономики города Москвы СКО распределились так: у 11 показателей СКО не превышает 5%, у девяти лежит в интервале от 5 до 10%, у шести – от 10 до 20%, а у девяти превышает 20%. Поскольку у 20 из 35 показателей СКО меньше 10%, можно считать такой результат достаточно хорошим. Максимальные СКО имеют разность (сальдо) прибылей и убытков организаций (67,9%), импорт (64,0%) и экспорт (59,0%); фактические значения этих показателей значительно меньше прогнозных: для первого показателя это особенно заметно в 2014 г. (вероятно, ввиду начала кризиса), а для импорта и экспорта – в 2015 г. (по тем же причинам, что и для аналогичных показателей экономики России).

Очень точными (имеющими малые СКО) оказались прогнозы индекса промышленного производства (2,1%), численности занятых в экономике (2,1%), доходов бюджета субъекта федерации (2,3%) и оборота розничной торговли (4,0%). Несколько менее точны прогнозы объема работ по строительству (6,2%), индекса потребительских цен (6,6%) и инвестиций в основной капитал (8,8%).

Среди показателей со средними по точности прогнозами – ОТР по добыче полезных ископаемых (11,2%) и по производству и распределению электроэнергии, газа и воды (17,3%). К числу показателей с наименее точными прогнозами, помимо указанных выше, относятся ОТР по обрабатывающим производствам (22,0%) и потребность работодателей в работниках (36,2%).

### Заключение

В результате исследования сформированы модернизированные макромоделли экономики России, Центрального федерального округа и города Мо-

сквы с использованием информации, доступной в начале выполнения исследования (конец 2016 г.). На основе этих макромоделей получены прогнозы показателей экономики России и двух указанных регионов на 2015-2025 гг. по двум сценариям; определены сценарии, предпочтительные для развития экономики России и каждого региона. Сравнение полученных ранее прогнозов показателей экономики России и ее регионов на 2014-2015 гг. с фактическими данными выявило достаточно высокую точность этих прогнозов.

### Литература

1. *Иванов В.Н., Овсиенко Ю.В., Тихонов А.О., Ясинский Ю.М.* Сравнительный анализ институциональной и экономической динамики России и Белоруссии (2000-е годы) // Экономика и математические методы, 2011, т.47, №3. С.3-18.
2. *Скрытник Д.В.* Макроэкономическая модель российской экономики // Экономика и математические методы, 2016, т.52, №3. С.92-113.
3. *Галин Д.М., Сумарокова И.В.* Макромодель российской экономики с учетом взаимного влияния различных видов экономической деятельности и информационных технологий // Труды ИСА РАН, 2014, т.64, вып.4. С.39-52.
4. *Галин Д.М., Сумарокова И.В.* Макромодели экономики Центрального федерального округа, включающие блоки информационных технологий // Труды ИСА РАН, 2016, т.66, вып.3. С.55-70.
5. *Галин Д.М., Сумарокова И.В.* Макромодели экономики города Москвы, включающие блоки информационных технологий // Труды ИСА РАН, 2017, т.67, вып.1. С.28-40.
6. [www.cbr.ru](http://www.cbr.ru)
7. [www.gks.ru](http://www.gks.ru)
8. *Джонстон Дж.* Эконометрические методы / Пер с англ. М.: Статистика, 1980. 448 с. (Johnston J. Econometric methods. 2nd ed. Tokyo: McGraw-Hill, Kogakusha Ltd, 1972. 448 p.)

**Галин Дмитрий Михайлович.** Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» РАН. Москва. Старший научный сотрудник. Кандидат экономических наук. Количество печатных работ: 32. Область научных интересов: математические и инструментальные методы экономики, моделирование экономической динамики. E-mail: [zavelsky@isa.ru](mailto:zavelsky@isa.ru)

**Сумарокова Ирина Владимировна.** Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» РАН. Москва. Техник 1-й категории. Количество печатных работ: 11. Область научных интересов: математические и инструментальные методы экономики. E-mail: [zavelsky@isa.ru](mailto:zavelsky@isa.ru)

## Using macroeconomic models of Russia and its regions for forecasting their economic dynamics

D.M. Galin<sup>1</sup>, I.V. Sumarokova<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Federal State Institution «Federal Research Center «Computer Science and Control» of Russian Academy of Sciences», Moscow, Russia

**Abstract.** The methodology and process of forming macroeconomic models of Russia and its regions are described in the article. Long-term forecasting indicators of their economy is executed with using these macroeconomic models. Results of such forecasting for the period until 2025 year by different scenarios are presented.

**Keywords:** *macromodel, models of variables, combination of regression equations, forecasting for prospect, scenario, evaluation of accuracy of forecasts of indicators.*

**DOI:** 10.14357/20790279190104

### References

1. *Ivanov V.N., Ovsienko Yu.V., Tikhonov A.O., Yasinsky Yu.M.* Sravnitelnyy analiz institutsionalnoy i ekonomicheskoy dinamiki Rossii i Belorussii (2000-e gody) [Comparative analysis of institutional and economic dynamics in Russia and Belarussia (2000s)]. // *Ekonomika i matematicheskie metody* [Economics and mathematical methods], 2011, v.47(3):3-18.
2. *Skripnik D.V.* Makroekonomicheskaya model rossiy-skoy ekonomiki [A Macroeconomic model of the Russian economy]. // *Ekonomika i matematicheskie metody* [Economics and mathematical methods], 2016, v.52(3):92-113.
3. *Galina D.M., Sumarokova I.V.* Makromodel rossiy-skoy ekonomiki s uchyotom vzaimnogo vliyaniya razlichnykh vidov ekonomicheskoy deyatel'nosti i informatsionnykh tekhnologiy [Macromodel of Russian economy with taking mutual influences of various economic activities and information technologies into account]. // *Trudy ISA RAN* [Proceedings of Institute for Systems Analysis], 2014, v.64(4):39-52.
4. *Galina D.M., Sumarokova I.V.* Makromodeli ekonomiki Tsentralnogo federalnogo okruga, vklyuchayushchie bloki informatsionnykh tekhnologiy [Macromodels of economy of Central federal district, including blocks of information technologies]. // *Trudy ISA RAN* [Proceedings of Institute for Systems Analysis], 2016, v.66(3):55-70.
5. *Galina D.M., Sumarokova I.V.* Makromodeli ekonomiki goroda Moskvy, vklyuchayushchie bloki informatsionnykh tekhnologiy [Macromodels of economy of Moscow city, including blocks of information technologies]. // *Trudy ISA RAN* [Proceedings of Institute for Systems Analysis], 2017, v.67(1):28-40.
6. [www.gks.ru](http://www.gks.ru)
7. [www.cbr.ru](http://www.cbr.ru)
8. *Johnston J.* Econometric methods. 2nd ed. Tokyo: McGraw-Hill, Kogakusha Ltd, 1972. 448 p.

**D.M. Galin.** Senior research assistant, Kandidat of economic sciences. Federal State Institution «Federal Research Center «Computer Science and Control» of Russian Academy of Sciences». Moscow. E-mail: [zavelsky@isa.ru](mailto:zavelsky@isa.ru).

**I.V. Sumarokova.** Technician of the 1st category. Federal State Institution «Federal Research Center «Computer Science and Control» of Russian Academy of Sciences». Moscow. E-mail: [zavelsky@isa.ru](mailto:zavelsky@isa.ru).