

Применение динамической макромоделли России для прогнозирования развития ее экономики

Д.М. Галин¹, И.В. Сумарокова¹

¹ Федеральное государственное учреждение «Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук», г. Москва, Россия

Аннотация. В статье описаны методика и процесс формирования динамической макромоделли России, с применением которой производится долгосрочное прогнозирование показателей ее экономики. Представлены результаты такого прогнозирования на перспективу до 2025 г. по двум сценариям. Выполнено сравнение результатов, полученных при прогнозировании развития экономики России с применением обычной и динамической макромоделей.

Ключевые слова: модели переменных, динамическая макромодель, эндогенные и экзогенные переменные, прогнозирование на перспективу, комбинация уравнений регрессии, система обычных моделей эндогенной переменной, модели зависимостей коэффициентов уравнений от времени, оценка качества прогноза, динамика показателя.

DOI: 10.14357/20790279210302

Введение

В нестабильных экономических условиях современной России актуальна разработка макроэкономических моделей страны и ее регионов, необходимых для достаточно полного описания взаимозависимостей экономических показателей и для их прогнозирования. Далее термин «макроэкономическая модель» заменяется сокращением «макромодель». Ввиду частого употребления термина «объем отгруженных товаров, выполненных работ и услуг», он, где возможно, заменяется сильно сокращенной аббревиатурой ОТР (объем товаров и работ).

Тематика настоящего исследования близка к работам [1,2]. В [1] предлагается модель зависимости темпа прироста ВВП от прироста занятости, производства доли валового накопления в ВВП на численность занятых специалистов в НИОКР, темпа прироста цены нефти на мировом рынке. В [2] динамическая межотраслевая модель используется для выполнения нескольких вариантов прогноза развития экономики России на период 2019-2024 гг. с целью оценки влияния ускоренного обновления основного капитала на параметры экономического роста.

В настоящем исследовании предполагается, что динамика каждой переменной любой макромоделли описывается моделями этой переменной, каждая из которых состоит из одного уравнения и

выражает зависимость переменной либо от факторов-аргументов и времени, либо только от времени. Для времени используется обычное обозначение t , причем на условной шкале времени значение $t=0$ соответствует 2000 г.

В уравнении модели зависимости переменной (фактора-функции) $Z(t)$ от факторов-аргументов $x_j(t)$ и времени функция и каждый аргумент могут быть представлены либо в натуральной, либо в логарифмической форме. Коэффициенты такого уравнения могут быть либо постоянными, либо переменными (зависящими от времени).

Общий вид уравнения с постоянными коэффициентами:

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

Общий вид уравнения с переменными коэффициентами:

$$F_Z(Z(t))=b_1(t) + \sum_{x_j \in X_Z} b_{x_j}(t) F_{x_j}(x_j(t)) + b_t(t) t. \quad (2)$$

В (1) и (2) $F_Z(Z(t))$ – 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. Обозначения b_1 и $b_1(t)$ применяются для свободных членов уравнений, так как их можно рассматривать как коэффициенты при пе-

ременной, тождественно равной единице и далее именуемой «единица»; слагаемые b_t и $b_t(t)$ могут отсутствовать.

Далее модели переменных, описываемые уравнениями вида (1), называются обычными, а описываемые уравнениями вида (2) – динамическими. Макромодель называется обычной или динамической в зависимости от вида уравнений моделей ее эндогенных переменных.

Уравнение модели зависимости переменной (фактора-функции) $Z(t)$ от времени, а, точнее, от функций времени $g_j(t)$ из заданного множества G , имеет общий вид:

$$Z(t) = d_1 + \sum_{g_j \in G_Z} d_{g_j} g_j(t), \quad (3)$$

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 α , β 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.

В общем виде задача прогнозирования развития экономики страны с применением ее динамической макромодели может быть поставлена следующим образом. Задаются значения экономических показателей (эндогенных и экзогенных переменных макромодели) 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 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).

Динамическая макромодель страны строится в виде системы одновременных уравнений вида (2). Каждое из них выражает модель зависимости некоторой эндогенной переменной от других факторов и времени. Такие уравнения строятся

для всех эндогенных переменных. Уравнение зависимости любого коэффициента каждого уравнения (2) от времени имеет вид (3). Полученная система уравнений преобразуется в систему формул, выражающих эндогенные переменные через predetermined (экзогенные, включая «единицу» и t , и эндогенные с лаговыми значениями). Прогнозирование показателей на перспективу происходит по нескольким сценариям; в каждом из них задаются значения некоторых экзогенных переменных в годах ППП. При прогнозировании эндогенных переменных как можно более полно учитываются их прогнозные значения, вычисленные по формулам, выражающим их через predetermined.

Настоящее исследование является продолжением исследований, результаты которых представлены в [3,4]. В [3] представлена динамическая макромодель России, построенная на базе информации, сформированной на основе отчетности Росстата [5] и Банка России [6] за 2004–2013 гг., а в [4] – обычные макромодели России и двух ее регионов, построенные на базе аналогичной информации за 2004–2015 гг. Цель настоящего исследования – формирование динамической макромодели России с использованием той же информации, что и в [4], и ее применение для прогнозирования развития экономики на перспективу по сценариям, использовавшимся в [4] для обычной макромодели. Используются, как и в [4], следующие периоды: предбазовый – 2004 г., базовый – 2005–2014 гг., прогнозный – 2015 г., ППП – 2015–2025 гг.

1. Важнейшие переменные динамической макромодели России

В динамической макромодели 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.

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

В динамической макромоделли России могут участвовать до пяти экзогенных переменных (в [4] они называются глобально-экзогенными, поскольку используются и при моделировании экономики регионов). Важнейшие из них: мировые цены нефти Юралс и природного газа (среднегодовые), ставка рефинансирования Банка России.

2. Основные средства методики построения динамической макромоделли

При построении динамической макромоделли используется методика, неоднократно применяемая авторами (например, в [3,4]). Основные ее средства – комбинация уравнений регрессии, двухшаговый метод наименьших квадратов (МНК) и преобразование системы обычных моделей переменной в ее динамическую модель.

Для формирования моделей переменных с большим количеством факторов-аргументов используется разработанная авторами специальная методика комбинации уравнений регрессии (КУР). Применяя ее, уравнение модели фактора-функции $Z(t)$ можно построить путем комбинации нескольких уравнений регрессии. При формировании уравнения модели зависимости $Z(t)$ от факторов-аргументов и времени последовательно строятся основное и несколько дополнительных уравнений вида (1); на их основе формируется комбинированное уравнение вида (1). Аналогично формируется уравнение модели зависимости $Z(t)$ от времени, имеющее вид (3). Более подробное описание применения методики КУР приведено в [4]. Она используется при формировании не только обычной, но и динамической макромоделли, поскольку в процессе формирования последней, как показано далее, строятся уравнения видов (1) и (3).

При формировании системы одновременных уравнений применяется подход, описанный в [7], согласно которому параметры зависимостей одних эндогенных переменных от других и от предопределенных переменных оцениваются двухшаговым МНК. Описание использования этого подхода для обычной макромоделли приведено в [4]. В случае динамической макромоделли он применяется в комбинации с преобразованием системы обычных моделей переменной в ее динамическую модель. При построении динамической макромоделли в базовом

периоде формируются несколько базовых интервалов, каждому из которых соответствует прогнозный интервал. Первый шаг двухшагового МНК выполняется для динамической макромоделли так же, как и для обычной [4]. На втором шаге уравнения регрессии эндогенных переменных по вычисленным значениям других и по предопределенным переменным строятся не для всего базового периода, как в [4], а для каждого базового интервала.

Таким образом, для каждой эндогенной переменной получается система ее обычных моделей для интервалов. Она преобразуется в динамическую модель переменной, уравнение которой имеет вид (2). Его коэффициенты в любом году базового периода получаются как взвешенные суммы (по интервалам) соответствующих коэффициентов уравнений обычных моделей для интервалов. Более подробное описание базовых интервалов и определения весовых коэффициентов для такого суммирования приведено далее. Полученные значения коэффициентов уравнений вида (2) являются предварительными, а окончательные определяются путем формирования уравнений моделей зависимостей этих коэффициентов от времени, имеющих вид (3).

Далее приняты следующие принципы построения систем обычных 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;
- система уравнений регрессии для базовых интервалов считается статистически значимой, если все эти уравнения статистически значимы, а система обычных моделей, уравнения которых являются комбинациями уравнений регрессии, считается статистически значимой, если все эти модели статистически значимы;
- система обычных моделей должна быть статистически значимой; их уравнения строятся по методике КУР в виде (1);
- любая система уравнений регрессии строится за несколько шагов; на каждом из них в систему моделей включается один фактор-аргумент (вместе с ним может включаться и аргумент t);
- условие статистической значимости системы уравнений может не выполняться в начале ее формирования, но, будучи раз выполненным, затем должно соблюдаться;
- по построенной системе моделей вычисляются расчетные значения переменной (в базовых интервалах) и прогнозные (в прогнозных интервалах).

3. Процесс прогнозирования развития экономики страны с применением динамической макромоделей

В процессе решения задачи прогнозирования развития экономики страны с применением динамической макромоделей можно выделить 10 этапов, выполняемых последовательно; их описание приведено далее. При решении задачи надо учитывать следующий факт: если прогнозирование с применением обычной макромоделей было выполнено ранее (например, как в [4]), то оказывается известной информация, которую можно использовать для прогнозирования с применением динамической макромоделей, что и сделано в настоящем исследовании. При описании этапов решения указывается, когда можно использовать упомянутую информацию.

На 1-м этапе в базовом периоде формируются базовые интервалы и вычисляются их веса в годах этого периода. Базовые интервалы, необходимые для построения систем обычных моделей эндогенных переменных, имеют равную длину. Начало и конец каждого, начиная со второго, отличаются от начала и конца предыдущего на один год, а начало первого и конец последнего совпадают, соответственно, с началом и концом базового периода. Непосредственно за каждым базовым интервалом расположен прогнозный. Его длина равна длине прогнозного периода (в настоящем исследовании – одному году). Количество базовых интервалов может быть любым, но их длина должна быть достаточной для построения уравнений регрессии. В настоящем исследовании используются три базовых интервала: 2005–2012 гг., 2006–2013 гг., 2007–2014 гг. Им соответствуют прогнозные интервалы: 2013 г., 2014 г., 2015 г.

Для каждого года базового периода и каждого базового интервала определяется целочисленная функция, условно называемая «степенью удаленности года от границ интервала», равная нулю для лет, не содержащихся в интервале, единице для лет, являющихся его началом и концом, двум для лет, соседних с началом и концом интервала, и т.д., вплоть до лет, наиболее удаленных от его границ. Затем для каждого года значения этой функции нормируются так, чтобы их сумма по интервалам равнялась единице. Полученную функцию можно условно назвать «весом интервала в году»; в любом году он максимален для интервалов, от границ которых этот год наиболее удален, и равен нулю для интервалов, в которых этот год не содержится. Полученные веса используются как весовые коэффициенты при преобразовании систем обычных

моделей эндогенных переменных в их динамические модели.

На 2-м этапе формируются модели зависимостей экзогенных переменных от времени в расчетном периоде. Описание процесса построения уравнений моделей, имеющих вид (3), приведено в [4]. При наличии обычной макромоделей данный этап не нужен, поскольку можно использовать ранее построенные модели. Расчетные значения экзогенных переменных заменяют фактические на всех последующих этапах решения задачи прогнозирования.

На 3-м этапе формируются модели зависимостей эндогенных переменных от времени в базовом периоде. Их уравнения имеют вид (3) и строятся так же, как и уравнения моделей, формируемых на 2-м этапе [4]. Фактически при этом выполняется первый шаг двухшагового МНК, так как уравнение вида (3) есть уравнение зависимости фактора-функции $Z(t)$ от predetermined переменных («единицы» и t). При наличии обычной макромоделей данный этап не нужен, поскольку можно использовать ранее построенные модели. Расчетные значения эндогенных переменных применяются при построении моделей их зависимостей от других факторов и времени на втором шаге двухшагового МНК.

На 4-м этапе формируются системы обычных моделей зависимостей эндогенных переменных от других факторов и времени в базовых интервалах. Для каждой переменной множество возможных факторов-аргументов определяется, исходя из экономической теории (при наличии обычной макромоделей оно совпадает с использованным при ее построении), а во всех моделях системы количества дополнительных уравнений и наборы аргументов как основных уравнений, так и дополнительных с одинаковыми номерами должны совпадать, вследствие чего для переменной фактически формируются системы различных уравнений (основных, первых дополнительных и т.д.), а также система комбинаций таких уравнений. Факторы, измеряемые в процентах, участвуют в натуральной форме, а остальные – в логарифмической.

Для системы моделей желательны выполнение следующих условий: наличие аргумента t , наличие хотя бы одного фактора-аргумента, отличного от стандартных, которые могут быть в модели любой эндогенной переменной (это – курсы валют, их отношение и мировые цены нефти Юралс и природного газа, как и в [3,4]), 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.

Для статистически значимой системы уравнений, которую предполагается включить в систему моделей, желательны достаточно большая сумма коэффициентов множественной детерминации уравнений и достаточно высокое качество прогноза по системе моделей, полученной при включении такой системы уравнений. Если длина прогнозного интервала равна одному году, то оценка качества прогноза по модели для базового интервала полагается равной модулю относительного отклонения прогнозного значения фактора-функции от фактического в прогнозируемом году (ОО). В противном случае такая оценка полагается равной среднему квадратическому отклонению прогнозных значений от фактических в годах прогнозного интервала (СКО). Оценка качества прогноза по системе моделей полагается равной среднему квадратическому значению таких оценок по моделям для базовых интервалов. Качество прогноза повышается (понижается) в γ раз при уменьшении (увеличении) его оценки в γ раз, где $\gamma > 1$.

На каждом шаге построения любой системы уравнений формируется набор вспомогательных систем уравнений для выбора очередного фактора-аргумента. Для каждой такой системы уравнений, получаемой включением в систему моделей одного фактора-аргумента, оценивается качество прогноза по системе моделей. Если среди вспомогательных систем уравнений есть статистически значимые, то из них отбираются до четырех с наибольшими суммами коэффициентов множественной детерминации уравнений, а из их факторов-аргументов – тот, при включении которого в систему моделей достигается наивысшее качество прогноза по ней.

На первых шагах построения системы основных уравнений (пока число уже включенных в нее факторов-аргументов меньше минимально желательного) качество прогноза может быть любым, а на каждом следующем шаге построения этой системы, на каждом шаге построения любой системы дополнительных уравнений и во всем процессе построения такой системы 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 построенной статистически значимой системы уравнений она полагается окончательной, иначе вся сформированная ранее система моделей полагается окончательной.

Если статистически значимых вспомогательных систем уравнений нет, то при наличии уже построенной статистически значимой системы уравнений она полагается окончательной; иначе выбирается фактор-аргумент, система уравнений с которым имеет наибольшее число статистически значимых коэффициентов, а при равенстве таких чисел для нескольких факторов имеет наибольшую сумму коэффициентов множественной детерминации уравнений.

Статистически значимая система уравнений полагается окончательной, если общее число ее аргументов достигает максимума, равного длине базового интервала, уменьшенной на 2.

Если построенная система уравнений еще не является окончательной, то выполняется следующий шаг ее построения. Иначе для нее выполняется второй шаг двухшагового МНК, после чего она включается в систему моделей и начинается построение очередной системы уравнений. Если ее не удастся сформировать, то система моделей полагается окончательной. После завершения формирования системы моделей их уравнения приобретают вид (1), где коэффициенты b_1 и b_1 получаются, согласно методике КУР, путем суммирования, как и в [4].

На 5-м этапе системы обычных моделей эндогенных переменных преобразуются в их динамические модели. Для каждой переменной вычисляются предварительные значения коэффициентов уравнения ее динамической модели, имеющего вид (2), в базовом периоде. Значение каждого коэффициента в любом году этого периода получается путем суммирования (по интервалам) произведений соответствующих коэффициентов уравнений обычных моделей переменной для интервалов на веса интервалов в данном году.

На 6-м этапе формируются модели зависимостей коэффициентов уравнений динамических моделей эндогенных переменных от времени в базовом периоде. В качестве значений моделируемых факторов используются предварительные коэффициенты этих уравнений. Уравнение модели каждого коэффициента имеет вид (3) и может содержать до четырех функций времени, выбираемых из множества G_M ($G_M \subset G$), в которое входят все степенные и логарифмические функции, а также те 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 β и q удовлетворяют следующим условиям: $\beta=1$; $q \geq 2$ и, кроме того, q меньше половины длины базового периода (таким образом, в настоящем исследовании $2 \leq q \leq 4$).

Уравнение модели каждого коэффициента считается статистически значимым, если все

его коэффициенты статистически значимы. Оно строится за несколько шагов, на каждом из которых в модель включается одна функция времени, и должно быть статистически значимым, начиная с первого шага. На каждом шаге предпочтение для включения в модель отдается функции с наибольшим по модулю коэффициентом корреляции с разностью моделируемого фактора и результата его расчета по модели, полученной на предыдущем шаге. Если построенное уравнение статистически незначимо, то выбирается функция со следующим по модулю коэффициентом корреляции. Если же и в этом случае уравнение статистически незначимо, то на первом шаге построения такой выбор продолжается до получения статистически значимого уравнения, а иначе последнее полученное статистически значимое уравнение полагается окончательным. Если количество функций времени в статистически значимом уравнении достигает четырех, то оно полагается окончательным. Построенная модель зависимости коэффициента уравнения динамической модели от времени в базовом периоде распространяется и за его пределы. По ней вычисляются окончательные значения этого коэффициента в базовом периоде и в ППП.

На 7-м этапе определяются расчетные и прогнозные значения эндогенных переменных. Для каждой переменной с использованием уравнения ее динамической модели вычисляются расчетные значения в базовом периоде и прогнозные – в прогнозном. После выполнения данного этапа динамическую макро-модель можно считать сформированной.

На 8-м этапе динамическая макро-модель, построенная как система уравнений динамических моделей эндогенных переменных, преобразуется в систему формул, выражающих эти переменные через предопределенные. Уравнение динамической модели эндогенной переменной $y_i(t)$ преобразуется к виду:

$$F_{y_i}(y_i(t)) = b_{i1}(t) + \sum_{j \in J_y} a_{ij}(t) F_{y_j}(y_j(t)) + \sum_{j \in J_x} b_{ij}(t) F_{x_j}(x_j(t)) + b_{it}(t), \quad (4)$$

где J_y и J_x – соответственно, множества номеров всех эндогенных и всех предопределенных переменных макро-модели.

Систему уравнений (4) можно записать в виде:

$$F_y(y(t)) = B_1(t) + A(t) \times F_y(y(t)) + B_x(t) \times F_x(x(t)) + B_t(t), \quad (5)$$

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

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

$$F_y(y(t)) = C_1(t) + C_x(t) \times F_x(x(t)) + C_t(t), \quad (6)$$

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

В системе (6) формула для $y_i(t)$ имеет вид:

$$F_{y_i}(y_i(t)) = c_{i1}(t) + \sum_{j \in J_x} c_{ij}(t) F_{x_j}(x_j(t)) + c_{it}(t), \quad (7)$$

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

Формула (7) выражает $y_i(t)$ через предопределенные переменные.

На 9-м этапе формируются упрощенные модели зависимостей всех переменных от времени в расчетном периоде и определяются сценарии прогнозирования на перспективу. Прежде всего, среди экзогенных переменных, как и в [4], выделяются две группы: фиксированные, значения которых в ППП задаются в каждом сценарии до прогнозирования, и свободные, которые прогнозируются совместно с эндогенными переменными динамической макро-модели.

Описание процесса построения уравнений упрощенных моделей, имеющих вид (3), приведено в [4]. По этим уравнениям вычисляются значения переменных в годах ППП. Для каждой фиксированной экзогенной переменной следует построить несколько упрощенных моделей ее зависимости от времени, так как любой сценарий прогнозирования на перспективу характеризуется значениями таких переменных в годах ППП, а поэтому сценарии должны различаться динамикой хотя бы одной из них. Значения каждой из них вычисляются по уравнению одной из упрощенных моделей ее зависимости от времени или задаются принудительно. Значения каждой из остальных переменных в годах ППП, вычисленные по уравнению ее упрощенной модели, полагаются ее средними значениями, а ее минимально и максимально допустимые значения в годах ППП получаются умножением средних значений на некоторые коэффициенты.

При наличии обычной макро-модели данный этап не обязателен, поскольку можно использовать ранее построенные модели и определенные сценарии прогнозирования на перспективу. Однако при необходимости определить новый сценарий может потребоваться построение новых упрощенных моделей некоторых фиксированных экзогенных переменных.

На 10-м этапе эндогенные и свободные экзогенные переменные прогнозируются на перспективу по сценариям, определенным на 9-м этапе. Прогнозирование по любому сценарию проходит последовательно, по годам ППП. Прогнозирование на каждый год начинается с отдельного прогнозирования эндогенных переменных. Для каждой из

них вычисляется прогнозное значение по формуле с применением формул (7), в которых в качестве значений экзогенных переменных используются заданные в сценарии (для фиксированных) или средние (для свободных). Потом определяется предварительное прогнозное значение с использованием прогнозного значения по формуле, а также минимально и максимально допустимых значений, а затем получается окончательное прогнозное значение как линейная комбинация прогнозного значения по формуле и среднего значения с коэффициентами, сумма которых равна единице. Начальное значение коэффициента при прогнозном значении по формуле равно отношению разности предварительного прогнозного значения и среднего значения 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.).

Затем выполняется совместное прогнозирование эндогенных переменных и свободных экзогенных переменных путем решения задачи максимизации суммы начальных коэффициентов при прогнозных значениях эндогенных переменных по формулам. В ходе решения могут изменяться прогнозные значения свободных экзогенных переменных; их минимально и максимально допустимые значения являются ограничениями задачи, а начальные прогнозные значения приравниваются к средним. В результате определяются прогнозные значения свободных экзогенных переменных и начальные значения коэффициентов при прогнозных значениях эндогенных переменных по формулам. Затем вычисляются окончательные значения этих коэффициентов и окончательные прогнозные значения эндогенных переменных.

4. Основные результаты, полученные при прогнозировании развития экономики России с применением динамической макромоделли

В ходе настоящего исследования была сформирована динамическая макромоделли России. С ее применением было выполнено прогнозирование показателей российской экономики на перспективу по двум сценариям, использовавшимся в [4] для аналогичного прогнозирования с применением обычной макромоделли; их можно условно обозначить как 1-й и 2-й сценарии. Ниже представлены основные результаты, полученные при формировании динамической макромоделли и прогнозировании показателей экономики России.

Рассмотрим результаты динамического моделирования денежных расходов населения. Система обычных моделей денежных расходов населения для базовых интервалов представлена в табл. 1.

Табл. 1
Система обычных моделей денежных расходов населения

Годы	Модель для интервала
2005-2012	$\ln ДРН(t)=4,987198+0,994882\ln ОПТ(t)-0,42097\ln ГОТ(t)-0,13099\ln ПСХ(t)-0,03023\ln ОTRКНП(t)+0,06301\ln ОTRБУМ(t)+0,014103t$
2006-2013	$\ln ДРН(t)=5,848684+0,822585\ln ОПТ(t)-0,41292\ln ГОТ(t)-0,06944\ln ПСХ(t)-0,03109\ln ОTRКНП(t)+0,076793\ln ОTRБУМ(t)+0,031966t$
2007-2014	$\ln ДРН(t)=5,71672+0,816693\ln ОПТ(t)-0,39789\ln ГОТ(t)-0,09909\ln ПСХ(t)-0,05016\ln ОTRКНП(t)+0,146955\ln ОTRБУМ(t)+0,032184t$

Здесь ДРН – денежные расходы населения; ОПТ – оборот розничной торговли; ГОТ – грузооборот транспорта; ПСХ – продукция сельского хозяйства; ОTRКНП – ОTR по производству кокса и нефтепродуктов; ОTRБУМ – ОTR по целлюлозно-бумажному производству, издательской и полиграфической деятельности.

Модели коэффициентов уравнения динамической модели денежных расходов населения имеют вид:

$$\begin{aligned}
 b_1(t) &= 6,758645 - 2,71667/\ln(t) + 0,257449\sin((2\pi/3)t)/t + 1,058889\cos(\pi t)/t^2 - 0,00015t^2 \times \cos(\pi t); \\
 b_{ОПТ}(t) &= 0,579931 + 0,651908/\ln(t) + 0,000081t^2 \times \cos((2\pi/3)t) - 0,03872\sin((2\pi/3)t)/t - 0,28541\cos((2\pi/3)t)/t^2; \\
 b_{ГОТ}(t) &= -0,42165 + 0,0000964(t+1)^2 - 0,05659\sin((\pi/2)t)/t^2 - 0,000012t^2 \times \cos((\pi/2)t) + 0,072193\cos((\pi/2)t)/t^2; \\
 b_{ПСХ}(t) &= -0,09358 - 46,62/(t+1)^4 + 0,00002t^2 \times \sin((2\pi/3)t) + 0,0666\cos((2\pi/3)t)/t^2 - 0,0000069t^2 \times \cos(\pi t); \\
 b_{ОTRКНП}(t) &= -0,03075 - 0,000005(t+1)^3 + 0,0000144t^2 \times \cos((\pi/2)t) - 0,09167\cos((\pi/2)t)/t^2 + 0,033249\sin((\pi/2)t)/t^2; \\
 b_{ОTRБУМ}(t) &= 0,059461 + 0,000387t^2 - 0,000059t^2 \times \cos((\pi/2)t) + 0,324333\cos((\pi/2)t)/t^2 - 0,13428\sin((\pi/2)t)/t^2; \\
 b_2(t) &= 0,056348 - 0,06621/\ln(t) + 0,004238\sin((2\pi/3)t)/t - 0,0000081t^2 \times \cos((2\pi/3)t) + 0,029646\cos((2\pi/3)t)/t^2.
 \end{aligned}$$

Коэффициенты уравнения динамической модели денежных расходов населения представлены в табл. 2.

Коэффициенты $b_1(t)$, $b_{ОРТ}(t)$, $b_{ГОТ}(t)$ и $b_{ПСХ}(t)$ в базовом периоде и в ППП достаточно стабильны. Коэффициент $b_{ОТРКНП}(t)$ в базовом периоде достаточно стабилен, а в ППП быстро убывает. Коэффициент $b_{ОТРЕУМ}(t)$ в базовом периоде и в ППП быстро растет. Коэффициент $b_t(t)$ в базовом периоде быстро растет, а в ППП стабилизируется.

Функции времени в уравнениях моделей динамики фиксированных экзогенных переменных (мировых цен нефти Юралс и природного газа, а также учетной цены золота) в ППП, характеризую-

щие два сценария прогнозирования на перспективу, представлены в табл. 3.

Прогнозы почти всех показателей экономики России по этим сценариям с применением динамической макромоделей в большей части ППП оказались очень близкими, что имело место и в [4] для обычной макромоделей. 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

Табл. 2

Коэффициенты уравнения динамической модели денежных расходов населения

Год	$b_1(t)$	$b_{ОРТ}(t)$	$b_{ГОТ}(t)$	$b_{ПСХ}(t)$	$b_{ОТРКНП}(t)$	$b_{ОТРЕУМ}(t)$	$b_t(t)$
2005	4,987500	0,996385	-0,42044	-0,13114	-0,03050	0,063775	0,013981
2006	5,266430	0,938756	-0,41849	-0,11139	-0,03043	0,066524	0,019927
2007	5,380175	0,911083	-0,41432	-0,10445	-0,03398	0,081183	0,022740
2008	5,431234	0,897261	-0,41349	-0,10275	-0,03490	0,085542	0,024074
2009	5,521365	0,879665	-0,41270	-0,09686	-0,03533	0,089181	0,025927
2010	5,596626	0,857075	-0,40949	-0,09606	-0,03791	0,100862	0,028213
2011	5,614915	0,851124	-0,40730	-0,09736	-0,03964	0,107444	0,028766
2012	5,651032	0,851961	-0,40660	-0,09574	-0,04027	0,108992	0,028748
2013	5,735840	0,825511	-0,40308	-0,09090	-0,04424	0,124134	0,031408
2014	5,689180	0,822138	-0,39794	-0,09942	-0,04994	0,145308	0,031710
2015	5,784655	0,837619	-0,39671	-0,09244	-0,05132	0,147218	0,030218
2016	5,758311	0,803150	-0,39662	-0,09160	-0,05192	0,144778	0,033669
2017	5,826543	0,800786	-0,39060	-0,09714	-0,05972	0,170949	0,033874
2018	5,773191	0,830842	-0,38312	-0,09597	-0,06934	0,203106	0,030923
2019	5,899193	0,785342	-0,38292	-0,08522	-0,07073	0,199677	0,035466
2020	5,783028	0,783374	-0,38381	-0,10359	-0,07139	0,191600	0,035635
2021	5,930374	0,829134	-0,37511	-0,09058	-0,08377	0,229990	0,031116
2022	5,819157	0,770000	-0,36491	-0,08878	-0,09821	0,274867	0,037012
2023	5,960228	0,768144	-0,36601	-0,09928	-0,09975	0,264638	0,037173
2024	5,818874	0,831225	-0,36827	-0,09756	-0,10052	0,249136	0,030927
2025	6,016056	0,756029	-0,35656	-0,07860	-0,11834	0,301357	0,038417

Табл. 3

Функции времени в уравнениях моделей динамики фиксированных 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	$347,8192 - 222,679 \cos((2\pi/5)t)/t^{0,5}$	$346,3033 - 22,5001t^{0,5} \times \cos((2\pi/5)t)$
Учетная цена золота	$-520,339 + 168,3192t$	$-2401,5 + 1086,487(t+1)^{0,5}$

Табл. 4

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

Показатель	Среднегод. темп прироста	
	1-й сценарий	2-й сценарий
Валовой внутренний продукт	5,8	5,8
Инвестиции в основной капитал	4,3	4,3
ОТР по добыче топливно-энергетических полезных ископаемых	6,5	6,7
ОТР по производству пищевых продуктов, включая напитки, и табака	6,6	6,6
ОТР по производству кокса и нефтепродуктов	6,3	6,4
ОТР по химическому производству	4,8	5,2
ОТР по металлургическому производству и производству готовых металлических изделий	8,1	8,1
ОТР по производству машин и оборудования	3,5	3,7
ОТР по производству электрооборудования, электронного и оптического оборудования	6,3	6,3
ОТР по производству транспортных средств и оборудования	6,7	6,6
ОТР по производству и распределению электроэнергии, газа и воды	4,0	4,0
Продукция сельского хозяйства	4,2	4,2
Объем работ по строительству	2,1	2,1
Оборот розничной торговли	6,5	6,5
Объем платных услуг населению	6,2	6,2
Доходы федерального бюджета	4,5	4,5
Доходы бюджетов субъектов федерации	3,7	3,7
Денежная масса	6,9	7,2
Краткосрочные кредиты, предоставленные организациям	7,9	7,9
Денежные доходы населения	5,7	5,7
Денежные расходы населения	6,4	6,4
Экспорт	0,56	0,56
Импорт	0,26	0,26
Курс доллара США	7,2	7,3
Курс евро	7,2	7,2
Среднемесячная номинальная зарплата одного работника	5,8	5,8
Численность занятых в экономике	-0,62	-0,63
Общая численность безработных	-2,9	-2,9
Потребность работодателей в работниках	3,5	3,7
Грузооборот транспорта	2,0	2,0

России, измеряемых не в процентах, представлены в табл. 4.

В динамике большинства этих показателей имеется много общего. Они растут либо монотонно, либо почти монотонно, но с убыванием в одном или в двух годах ППП (нарушений монотонности нет только у трех показателей в 1-м сценарии и у двух – во 2-м). Самый быстрый рост чаще всего происходит в 2016 г., а убывание – в 2022 г.

Динамика четырех показателей имеет особенности. ОТР по химическому производству в 1-м сценарии совершает колебания, но в целом растет, а во 2-м имеет такую же динамику, как описанная выше (убывает только в двух годах

ППП). Общая численность безработных совершает колебания, но в целом убывает. Импорт и численность занятых в экономике совершают колебания, но не проявляют тенденции ни к росту, ни к убыванию. Колебания всех этих показателей происходят во всем ППП и не имеют определенного периода.

Средние значения в 2015–2025 гг. важнейших показателей экономики России, измеряемых в процентах, представлены в табл. 5.

Все эти показатели совершают колебания; у индекса цен производителей промышленных товаров они не имеют определенного периода, у индексов производства имеют период три года, у индекса цен

Табл. 5

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

Показатель	Среднее значение	
	1-й сценарий	2-й сценарий
Индекс промышленного производства	101,7	101,6
Индекс производства по обрабатывающим производствам	102,6	102,6
Индекс цен производителей промышленных товаров	109,7	109,7
Индекс цен производителей сельскохозяйственной продукции	108,4	108,4
Индекс потребительских цен	110,5	110,3

производителей сельскохозяйственной продукции – два года, а у индекса потребительских цен – пять лет. Последний показатель достигает экстремумов синхронно с мировыми ценами и при их максимумах имеет минимум; амплитуда его колебаний растет.

График динамики индекса промышленного производства в базовом периоде и его прогноза на перспективу по 2-му сценарию как показателя динамической макромоделей представлен на рис.1.

Для выбора сценария, предпочтительного для развития экономики России, можно применить тот же критерий, что и в [4]; он основан на результатах, представленных в табл. 4–5. 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.

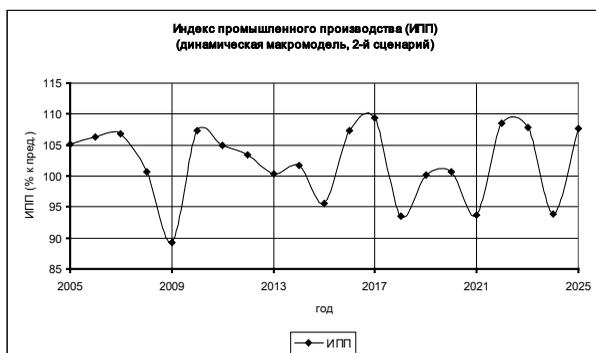


Рис. 1. Динамика индекса промышленного производства в базовом периоде и его прогноз на перспективу по 2-му сценарию как показателя динамической макромоделей

Для развития экономики России предпочтительнее 2-й сценарий, который является лучшим для

шести показателей из 35, представленных в табл. 4-5. Наиболее заметно его превосходство для ОТП по химическому производству и по производству машин и оборудования, а также потребности работодателей в работниках. Для пяти показателей (например, для ОТП по производству транспортных средств и оборудования и индекса промышленного производства) лучшим является 1-й сценарий, а для 24 показателей оба сценария равноценны.

5. Сравнение результатов, полученных при прогнозировании развития экономики России с применением двух макромоделей

Для сравнения результатов, полученных при прогнозировании развития экономики России, были проанализированы следующие характеристики 68 показателей, полученные при прогнозировании на перспективу по 2-му сценарию с применением обычной и динамической макромоделей: среднегодовые темпы прироста в 2016-2025 гг. (для показателей, измеряемых не в процентах), средние значения в 2015-2025 гг. (для показателей, измеряемых в процентах) и прогнозы на ППП (для всех показателей). 2-й сценарий был выбран для анализа, поскольку он оказался предпочтительным для развития экономики России при прогнозировании с применением как обычной [4], так и динамической макромоделей. В анализе не участвовали два показателя, уравнения моделей которых не являются регрессионными (отношения экспорта к импорту и курса доллара США к курсу евро), поскольку их прогнозы вычисляются не так, как остальных, а путем подстановки в уравнения их моделей прогнозов факторов-аргументов.

При анализе среднегодовых темпов прироста и средних значений показатели были разделены на две группы: измеряемые не в процентах (55) и измеряемые в процентах (13). В этих группах анализировались, соответственно, среднегодовые темпы прироста в 2016-2025 гг. и средние значения в 2015-2025 гг. Для каждого показателя была вычислена разность указанных параметров для обычной и динамической макромоделей, а затем в

Табл. 6

Среднегодовые темпы прироста в 2016-2025 гг. некоторых показателей экономики России при прогнозировании по 2-му сценарию с применением двух макромоделей (%)

Показатель	Среднегод. темп прироста	
	Обычная макро- модель	Динамическая макро-модель
ОТР по производству кожи, изделий из кожи и производству обуви	4,1	2,6
Среднемесячные потребительские расходы на душу населения	6,7	5,8
ОТР по целлюлозно-бумажному производству, издательской и полиграфической деятельности	5,8	5,0
Среднемесячная номинальная зарплата одного работника	6,4	5,8
Оборот общественного питания	6,3	6,3
Импорт	0,23	0,26
Доходы бюджетов субъектов федерации	3,6	3,7
Потребность работодателей в работниках	3,3	3,7
ОТР по производству транспортных средств и оборудования	5,9	6,6
Курс евро	6,2	7,2

каждой группе показатели ранжировались в порядке убывания такой разности. Далее представлены параметры показателей, оказавшихся в своих группах на позициях с первой до последней с шагом, равным шести.

Среднегодовые темпы прироста в 2016-2025 гг. некоторых показателей экономики России, измеряемых не в процентах, при прогнозировании по 2-му сценарию с применением двух макромоделей представлены в табл. 6.

Средние значения в 2015-2025 гг. некоторых показателей экономики России, измеряемых в процентах, при прогнозировании по 2-му сценарию с применением двух макромоделей представлены в табл. 7.

Табл. 7

Средние значения в 2015-2025 гг. некоторых показателей экономики России при прогнозировании по 2-му сценарию с применением двух макромоделей (%)

Показатель	Среднее значение	
	Обычная макро- модель	Динамическая макро- модель
Индекс цен производителей промышленных товаров	113,4	109,7
Индекс цен производителей сельскохозяйственной продукции	105,1	108,4
Индекс по производству и распределению электроэнергии, газа и воды	96,5	101,5

Таким образом, среднегодовые темпы прироста и средние значения показателей при прогно-

зировании по одному сценарию с применением обычной и динамической макромоделей весьма различны: у одних показателей данные параметры больше в обычной макромоделе, у других – в динамической. Средние значения в 2015-2025 гг. почти всех показателей, измеряемых в процентах, в динамической макромоделе больше, чем в обычной. В частности, у всех индексов производства в обычной макромоделе они меньше 100%, а в динамической – больше 100%.

Для анализа прогнозов показателей были определены следующие типы их динамики в ППП: 1) монотонный рост; 2) почти монотонный рост с убыванием в одном или в двух годах ППП; 3) монотонное убывание; 4) почти монотонное убывание с ростом в одном или в двух годах ППП; 5) периодические колебания (с произвольной амплитудой); 6) колебания без определенного периода.

Нарушение монотонности роста или убывания показателя более чем в двух годах ППП рассматривалось как совершение колебаний. Изменения амплитуды колебаний и тенденции показателей, совершающих колебания, к росту или убыванию не учитывались.

Изменения динамики показателей экономики России при прогнозировании по 2-му сценарию с применением динамической макромоделли по сравнению с применением обычной представлены в табл. 8.

Таким образом, при применении динамической макромоделли вместо обычной у большинства показателей изменяется тип динамики: нарушается монотонность роста или убывания, либо по-

Табл. 8

Изменения динамики показателей экономики России при прогнозировании по 2-му сценарию с применением динамической макромоделли по сравнению с применением обычной

Обычная макромоделль		Динамическая макромоделль		Примеры показателей
Тип динамики	Количество показателей	Тип динамики	Количество показателей	
1	50	1	3	ОТР по производству электрооборудования, электронного и оптического оборудования
		2	45	Валовой внутренний продукт
		6	2	Оборот общественного питания
2	1	6	1	Импорт
3	5	4	3	Рентабельность активов организаций
		6	2	Общая численность безработных
5	11	5	8	Индекс промышленного производства
		6	3	Индекс цен производителей промышленных товаров
6	1	6	1	Численность занятых в экономике

являются колебания без определенного периода. Однако с учетом динамики показателей в базовом периоде следует признать, что для многих показателей монотонный рост или монотонное убывание по всем ППП очень мало вероятны, а периодические колебания не намного более вероятны. Поэтому динамика показателей в ППП, полученная при применении динамической макромоделли, представляется более реалистичной, чем при применении обычной.

Графики динамики численности занятых в экономике в базовом периоде и ее прогнозов на перспективу по 2-му сценарию, как показателя двух макромоделлей (обычной и динамической), представлены на рис. 2.



Рис.2. Динамика численности занятых в экономике в базовом периоде и ее прогнозы на перспективу по 2-му сценарию как показателя двух макромоделлей

Заключение

В результате исследования сформирована динамическая макромоделль России. С ее приме-

нением получены прогнозы показателей экономики России на 2015-2025 гг. по двум сценариям. Определен сценарий, предпочтительный для развития экономики России. Выполнено сравнение результатов, полученных при прогнозировании с применением обычной макромоделли, построенной авторами ранее, и динамической, сформированной в ходе настоящего исследования.

Литература

1. Дубовский С.В., Осипов С.Н. Инструментарий для прогнозирования динамики темпов прироста ВВП. // Труды ИСА РАН. 2018. Т.68. Вып.4. С.26-31.
2. Баранов А.О., Квактун М.И. Прогнозирование ускоренного обновления основного капитала в России с использованием динамической межотраслевой модели. // Проблемы прогнозирования, 2020. №2. С.48-59.
3. Галин Д.М., Сумарокова И.В. Динамическая макромоделль российской экономики с учетом информационных технологий. // Труды ИСА РАН. 2015. Т. 65. Вып.3. С.27-42.
4. Галин Д.М., Сумарокова И.В. Применение макроэкономических моделей России и ее регионов для прогнозирования их экономической динамики // Труды ИСА РАН. 2019. Т.69. Вып.1. С.37-49.
5. rosstat.gov.ru
6. www.cbr.ru
7. 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. Федеральное государственное учреждение «Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук», г. Москва, Россия. Старший научный сотрудник. Кандидат экономических наук. Количество печатных работ: 37. Область научных интересов: математические и инструментальные методы экономики, моделирование экономической динамики. E-mail: zavelsky@isa.ru (Ответственный за переписку).

Сумарокова Ирина Владимировна. Федеральное государственное учреждение «Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук», г. Москва, Россия. Техник 1-й категории. Количество печатных работ: 16. Область научных интересов: математические и инструментальные методы экономики. E-mail: zavelsky@isa.ru.

Using dynamic macromodel of Russia for forecasting development of its economy

D.M. Galin¹, I.V. Sumarokova¹

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

Abstract. The methodology and process of forming dynamic macromodel of Russia are described in the article. Long-term forecasting indicators of its economy is executed with using this macromodel. Results of such forecasting for the prospect until 2025 year by two scenarios are presented. Comparison of results, received on forecasting development of economy of Russia with using ordinary and dynamic macromodels, is executed.

Keywords: *models of variables, dynamic macromodel, endogenous and exogenous variables, forecasting for prospect, combination of regression equations, system of ordinary models of an endogenous variable, models of dependencies of coefficients of equations on time, estimate of quality of forecast, dynamics of an indicator.*

DOI: 10.14357/20790279210302

References

1. *Dubovsky S.V., Osipov S.N.* Instrumentariy dlya prognozirovaniya dinamiki tempov prirosta VVP [Tools to predict the dynamics of GDP growth]. // Trudy ISA RAN [Proceedings of Institute for Systems Analysis], 2018, 68(4):26-31.
2. *Baranov A.O., Kvaktun M.I.* Prognozirovanie uskorenogo obnovleniya osnovnogo kapitala v Rossii s ispolzovaniem dinamicheskoy mezhotraslevoy modeli [Forecasting accelerated renovation of fixed capital assets in Russia using a dynamic input-output model]. // Problemy prognozirovaniya [Problems of forecasting], 2020, 2:48-59.
3. *Galina D.M., Sumarokova I.V.* Dinamicheskaya makromodel rossiyskoy ekonomiki s uchotom informatsionnykh tekhnologiy [Dynamic macro-model of Russian economy with taking information technologies into account]. // Trudy ISA RAN [Proceedings of Institute for Systems Analysis], 2015, 65(3):27-42.
4. *Galina D.M., Sumarokova I.V.* Primenenie makroekonomicheskikh modeley Rossii i eyo regionov dlya prognozirovaniya ikh ekonomicheskoy dinamiki [Using macroeconomic models of Russia and its regions for forecasting their economic dynamics]. // Trudy ISA RAN [Proceedings of Institute for Systems Analysis], 2019, 69(1):37-49.
5. rosstat.gov.ru
6. www.cbr.ru
7. *Johnston J.* Econometric methods. 2nd ed. Tokyo: McGraw-Hill, Kogakusha Ltd, 1972. 448 p.

Galina D.M. Senior research assistant, Kandidat of economic sciences. Federal State Institution «Federal Research Center «Computer Science and Control» of Russian Academy of Sciences», 44/2 Vavilova street, Moscow, 119333, Russia. E-mail: zavelsky@isa.ru.

Sumarokova I.V. Technician of the 1st category. Federal State Institution «Federal Research Center «Computer Science and Control» of Russian Academy of Sciences», 44/2 Vavilova street, Moscow, 119333, Russia. E-mail: zavelsky@isa.ru.