Макромодель российской экономики с учетом взаимного влияния различных видов экономической деятельности и информационных технологий

Д. М. Галин, И. В. Сумарокова

Аннотация. Рассматривается формирование и тестирование макромодели экономики России с учетом взаимного влияния различных видов экономической деятельности и информационных технологий, в которой максимально подробно представлены экономические показатели (прежде всего – объемы отгруженных товаров, выполненных работ и услуг) по видам деятельности, соответствующим промышленному производству.

Ключевые слова: макромодель, модели переменных, оценивание параметров, комбинация уравнений регрессии, тестирование, прогнозирование на перспективу.

Введение

В нестабильных экономических условиях современной России актуальна разработка макроэкономической модели страны с учетом взаимодействий различных видов экономической деятельности, обладающей достаточно высокой точностью при краткосрочном прогнозировании экономической динамики страны, а также пригодной для ее долгосрочного прогнозирования. Оба типа прогнозирования необходимы для корректного предвидения последствий воздействия государства на хозяйство.

Далее вместо термина «макроэкономическая модель» применяется сокращение «макромодель», а ее составные части называются максимоделями. В любой максимодели участвуют свойственные ей эндогенные и экзогенные переменные, причем для каждой эндогенной имеется отдельная модель из одного уравнения.

В ходе исследований, выполненных авторами ранее, были построены два варианта макромодели экономики России. Первый вариант был сформирован в 2012–2013 гг. и представлен в [2] и [3]. В эту макромодель входят максимодели экономики России в целом, ее федеральных округов и субъектов федерации. При построении макромодели использовалась информация, сформированная на основе отчетности Росстата [7] и Банка России [6] за 2006–2010 гг., а все показатели рассматривались в поквартальном исчислении. Макромодель тестировалась применительно к краткосрочному (на два квартала) прогнозированию экономической динамики России и ее регионов.

Второй вариант был сформирован в 2013–2014 гг. и представлен в [1]. Эта макромодель состоит из двух максимоделей: единой максимодели экономики России в целом, заменяющей все максимодели, входившие в первый вариант макромодели, и максимодели показателей по информационным и коммуникационным технологиям (ИКТ). При построении макромодели использовалась информация из тех же источников что и для первого варианта, но за другой период (2004–2011 гг.); при этом все показатели рассматривались в годовом исчислении. Макромодель тестировалась применительно к краткосрочному (на один год) прогнозированию экономической динамики России в целом и показателей по ИКТ. Кроме того, выполнялось прогнозирование всех показателей макромодели на перспективу до 2020 г.

Настоящее исследование является продолжением исследований, результаты которых кратко описаны выше. Его основная цель — модернизация макромодели российской экономики путем более полного учета различных видов экономической деятельности, с использованием того факта, что в Общероссийском классификаторе видов экономической деятельности (ОКВЭД) [7] каждый из разделов по двум видам деятельности (добыче полезных ископаемых и обрабатывающим производствам) включает в себя ряд подразделов, соответствующих различным отраслям производства.

Далее, ввиду частого употребления термина «объем отгруженных товаров, выполненных работ и услуг», вместо него всюду, где возможно, применя-

ется его сильно сокращенная аббревиатура ОТР (объем товаров и работ).

В настоящем исследовании вместо двух показателей, использовавшихся в ранее выполненных исследованиях (ОТР по добыче полезных ископаемых и по обрабатывающим производствам), используются 16 аналогичных показателей по различным отраслям производства (при этом в добыче полезных ископаемых выделяются две отрасли, а в обрабатывающих производствах — 14 отраслей). Кроме того, добавлено еще несколько показателей, не учитывавшихся в ранее выполненных исследованиях.

После завершения формирования макромоделей, представленной в [1], на сайтах Росстата [7] и Банка России [6] по всем ее показателям стала доступна информация 2012 г., а по показателям экономики России в целом — также и информация 2013 г.; однако информация 2013 г. по показателям по ИКТ может стать доступной лишь в начале 2015 г. Поэтому авторы приняли решение о формировании в ходе настоящего исследования только макромоделей экономики России в целом с использованием доступной информации 2004–2013 гг., но без учета показателей по ИКТ, имея в виду, что в 2015 г. максимум этих показателей, при необходимости, можно построить так же, как в [1].

1. Обозначения, используемые в макромоделях

В настоящем исследовании используется информация, сформированная на основе отчетности Росстата [7] и Банка России [6] за 2004–2013 гг. Этот период условно разделяется на три периода: предбазовый (2004 г.), базовый (2005–2012 гг.) и прогнозный (2013 г.), необходимые, соответственно, для учета лаговых значений показателей, для моделирования зависимостей между показателями и для оценки качества построенных моделей по результатам прогнозирования показателей. Используется также расчетный период (2005–2013 гг.), включающий базовый и прогнозный периоды. Помимо периода, за который известна информация по показателям, используется также период прогнозирования на перспективу — 2013–2020 гг. (в него входит и прогнозный период).

Все показатели рассматриваются в годовом исчислении. Номер года на условной шкале времени обозначается как t . Значение $t = 0$ соответствует 2000 г. Таким образом, информация за первый учитываемый год (2004 г.) начинается с $t = 4$. Соответственно, $X(t)$ — значение показателя X в году t , $X(t - 1)$ — значение с лагом в 1 год относительно t -го, т. е. в году $(t - 1)$.

Экономические показатели, являющиеся эндогенными переменными макромоделей, обозначаются так:

ВВП — валовой внутренний продукт;
 ИНОК — инвестиции в основной капитал;
 ОТРТПИ и ОТРППИ — ОТР по добыче топливно-энергетических и прочих (кроме топливно-энергетических) полезных ископаемых;
 ОТРПИЩ — ОТР по производству пищевых продуктов, включая напитки, и табака;
 ОТРТЕК — ОТР по текстильному и швейному производству;
 ОТРКОЖ — ОТР по производству кожи, изделий из кожи и производству обуви;
 ОТРДЕР — ОТР по обработке древесины и производству изделий из дерева;
 ОТРБУМ — ОТР по целлюлозно-бумажному производству, издательской и полиграфической деятельности;
 ОТРКНП и ОТРХИМ — ОТР по производству кокса и нефтепродуктов и по химическому производству;
 ОТРРЕЗ и ОТРПМП — ОТР по производству резиновых и пластмассовых изделий и по производству прочих неметаллических минеральных продуктов;
 ОТРМЕТ — ОТР по металлургическому производству и производству готовых металлических изделий;
 ОТРМАШ и ОТРЭЛО — ОТР по производству машин и оборудования и по производству электрооборудования, электронного и оптического оборудования;
 ОТРТРС и ОТРПОБ — ОТР по производству транспортных средств и оборудования и по прочим обрабатывающим производствам;
 ОТРЭГВ — ОТР по производству и распределению электроэнергии, газа и воды;
 ПСХ — продукция сельского хозяйства;
 ОРС — объем работ по строительству;
 ОРТ — оборот розничной торговли;
 ООП — оборот общественного питания;
 ОПУ — объем платных услуг населению;
 ООТ и ООТО — оборот оптовой торговли (полный и лишь организаций оптовой торговли);
 ДФБ и ДБС — доходы бюджетов (федерального и субъектов федерации);
 НСПФЕД и НСПСУБ — налоги, сборы и иные обязательные платежи в бюджетах (федеральном и субъектах федерации);
 НПОФЕД и НПОСУБ — налог на прибыль организаций в тех же бюджетах;
 РПРУБО — разность (сальдо) прибылей и убытков организаций;
 ДМ — денежная масса;
 ДМНАЛ — наличные деньги вне банковской системы;

КРОКР и КРОДЛ — краткосрочные (на срок до 1 года) и долгосрочные (на срок свыше 1 года) кредиты, предоставленные организациям;
 КРФЛ — кредиты, предоставленные физическим лицам;
 КЗО и ДЗО — кредиторская и дебиторская задолженность организаций;
 ДДН и ДРН — денежные доходы и расходы населения;
 ЭКС и ИМ — экспорт и импорт;
 КУРДОЛ и КУРЕВР — курсы доллара США и евро (среднегодовые);
 НЗР — среднемесячная номинальная зарплата одного работника;
 ДДД и ПРД — среднемесячные денежные доходы и потребительские расходы на душу населения;
 ЧЗЭ — численность занятых в экономике;
 ЧБР и ЧБРРЕГ — численность безработных (полная и лишь зарегистрированных в службе занятости);
 ПРР — потребность работодателей в работниках;
 ГОТ — грузооборот транспорта;
 ВЖД — ввод в действие жилых домов;
 ОТЭКСИМ и ОТКУРДЕ — отношения экспорта к импорту и курса доллара США к курсу евро;
 РЕНТР и РЕНАКО — рентабельность проданных товаров, продукции, работ, услуг и рентабельность активов организаций;
 СТКРОКР и СТКРОДЛ — процентные ставки по краткосрочным и долгосрочным кредитам, предоставленным организациям;
 ИПП — индекс промышленного производства;
 ИПДОБ, ИПОБР и ИПЭГВ — индексы производства по добыче полезных ископаемых, по обрабатывающим производствам и по производству и распределению электроэнергии, газа и воды;
 ИЦПТ и ИЦСХ — индексы цен производителей промышленных товаров и сельскохозяйственной продукции;
 ИЦСП — сводный индекс цен строительной продукции;
 ИТГП — индекс тарифов на грузовые перевозки;
 ИПЦ — индекс потребительских цен.

В настоящем исследовании показатели ОТРДОБ и ОТРОБР (ОТР по добыче полезных ископаемых и по обрабатывающим производствам) из [1–3] заменены новыми. Вместо ОТРДОБ используются показатели ОТРТПИ и ОТРППИ, а вместо ОТРОБР — 14 показателей, начиная с ОТРПИЩ и заканчивая ОТРПОБ. Кроме того, добавлены отсутствовавшие в [1–3] показатели ПСХ, ООП, ЧЗЭ, ИПДОБ, ИПОБР, ИПЭГВ.

Экономические показатели, являющиеся экзогенными переменными макромоделей (в [1–3] они

называются глобально-экзогенными показателями), обозначаются так:

МЦНЕФЮ и МЦГАЗ — мировые цены нефти Юралс и природного газа (среднегодовые);
 УЦЗОЛ — учетная цена золота (среднегодовая);
 СТРЕФ — ставка рефинансирования Банка России;
 НОРИОЛ — норматив обязательных резервов по обязательствам кредитных организаций перед юридическими лицами — нерезидентами.

2. Методика формирования макромоделей

В настоящем исследовании предполагается, что эндогенные и экзогенные переменные макромоделей могут использоваться либо в натуральной, либо в логарифмической форме, а коэффициенты уравнений моделей эндогенных переменных постоянны. Таким образом, уравнение модели эндогенной переменной (фактора-функции) $Z(t)$, зависящей от факторов-аргументов $x_j(t)$ и времени (t) , имеет общий вид

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

где $F_Z(Z(t))$ — значение $Z(t)$ в его форме представления, т. е. 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.

Макромодель представляет собой систему одновременных уравнений, связывающих эндогенные и экзогенные переменные и позволяющих вычислять расчетные значения эндогенных переменных, которые в точках базового и прогнозного периодов были бы как можно более близки к фактическим, причем особенно важно достижение такой близости для прогнозного периода. Для построения такой системы используется подход, описанный в [5] и успешно примененный в [1–3].

В данном подходе, принципы применения которого подробно описаны в [2], предполагается, что все уравнения системы имеют вид (1), среди переменных имеются эндогенные и предопределенные (экзогенные и эндогенные с лаговыми значениями), переменные «единица» и t рассматриваются как экзогенные. Для оценивания параметров зависимостей одних эндогенных переменных от других и от предопределенных переменных используется двухшаговый метод наименьших квадратов (МНК).

На первом шаге строятся уравнения зависимостей эндогенных переменных от predetermined так, чтобы вычисленные по ним значения эндогенных оказались достаточно близкими к фактическим. На втором шаге в правой части каждого уравнения фактические значения эндогенных переменных заменяются вычисленными и с применением обыкновенного МНК строится уравнение регрессии эндогенной переменной (функции) по вычисленным значениям других и по predetermined переменным, которое распространяется и на прогнозный период.

Для построения моделей переменных с возможно большим количеством аргументов используется специальная методика, подробно описанная в [2] и [3], сокращенно обозначаемая КУР (комбинация уравнений регрессии). Для модели сначала строится основное уравнение регрессии, затем, после подстановки в него значений факторов-аргументов, вычисляются значения фактора-функции (в ее форме представления) и дополнительной функции (разности ее фактических и вычисленных величин), а потом строится дополнительное уравнение регрессии, выражающее зависимость дополнительной функции от факторов-аргументов, не вошедших в основное уравнение.

Окончательное уравнение модели (комбинация основного и дополнительного уравнений) выражает зависимость фактора-функции от факторов-аргументов обоих уравнений, а его правая часть является суммой правых частей этих уравнений. Можно построить и несколько дополнительных уравнений; при этом правая часть окончательного уравнения является суммой правых частей всех построенных уравнений.

По методике КУР можно формировать и модели зависимостей факторов только от времени, а, точнее, от функций времени $g_j(t)$ из заданного множества G . Уравнение такой модели строится как комбинация уравнений регрессии 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, $G_Z \subset G$.

Множество G функций времени, которые можно использовать в таких уравнениях, содержит следующие функции: 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 со степенными: $t^\alpha \cdot \sin((2\pi/q)t^\beta)$ и $t^\alpha \cdot \cos((2\pi/q)t^\beta)$, 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.

3. Процесс формирования макромоделей

Далее 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. Модель любого фактора должна быть статистически значимой (если не оговорено иное); ее уравнение строится по методике КУР в виде (1) или (2); любое уравнение регрессии формируется за несколько шагов; на каждом из них в модель включается, в зависимости от вида уравнения, либо один фактор-аргумент (вместе с ним может включаться и аргумент t), либо одна функция времени. Условие статистической значимости уравнения (если требуется) может не выполняться на нескольких первых шагах его формирования, но, будучи раз выполненным, затем должно соблюдаться. По построенной модели вычисляются расчетные значения фактора, а при моделировании зависимости только в базовом периоде — также и прогнозное (2013 г.).

В процессе формирования макромоделей сначала были построены модели зависимостей экзогенных переменных от времени в расчетном периоде. Уравнение такой модели строилось в виде (2) как комбинация основного и дополнительного уравнений, любое из которых могло содержать до семи функций времени. На каждом шаге в модель включалась, как правило, функция с наибольшим по модулю коэффициентом корреляции с разностью фактора-функции и результата его расчета по модели, полученной на предыдущем шаге, но при необходимости могла включаться и другая функция. При формировании моделей зависимостей эндогенных переменных от других факторов и времени фактические значения экзогенных факторов-аргументов заменялись их расчетными значениями, вычисленными по построенным моделям.

Затем формировались модели зависимостей эндогенных переменных от времени в базовом периоде. Уравнения этих моделей строились в виде (2) также, как и уравнения моделей зависимостей экзогенных переменных от времени в расчетном периоде; однако в любое уравнение регрессии могло входить до шести функций времени. Фактически при этом выполнялся первый шаг двухшагового МНК, поскольку любое уравнение вида (2) является уравнением зависимости фактора-функции $Z(t)$ от двух predetermined переменных — «единицы» и t . Расчетные значения эндогенных переменных в базовом периоде использовались при построении моделей зависимостей таких переменных от других факторов и времени.

Далее формировались модели зависимостей эндогенных переменных от других факторов и времени

в базовом периоде. Уравнение каждой модели строилось в виде (1) как комбинация основного и (при необходимости) дополнительных уравнений, в любом из которых могло содержаться до шести аргументов (включая t). Набор возможных факторов-аргументов для модели определялся, исходя из экономической теории. Факторы, измеряемые в процентах, использовались в натуральной форме, а остальные — в логарифмической. Желательным было присутствие в модели аргумента t и хотя бы одного фактора-аргумента, отличного от стандартных — курсов валют, их отношения и мировых цен, — которые могли входить в модель любой эндогенной переменной.

Каждый шаг формирования любого уравнения начинался с построения набора пар вспомогательных уравнений; каждая из них получалась путем включения в модель одного фактора-аргумента и содержала по одному уравнению с аргументом t и без него. Для каждого из этих уравнений вычислялись прогнозные значения фактора-функции, получаемое при включении уравнения в модель, и модуль его относительного отклонения от фактического в прогнозном году (ОО), считавшийся оценкой качества прогноза по модели, повышающегося (понижающегося) в γ раз при уменьшении (увеличении) ОО в γ раз, где $\gamma > 1$. Затем выбирался фактор-аргумент для включения в уравнение.

Если среди вспомогательных уравнений были статистически значимые, то отбиралось до четырех из них, имевших наибольшие коэффициенты множественной детерминации, а потом из их факторов-аргументов выбирался тот, при включении которого в модель достигалось наивысшее качество прогноза по ней. На первых двух шагах построения основного уравнения качество прогноза могло быть любым, а на каждом, начиная с третьего, шаге построения этого уравнения, на каждом шаге построения любого дополнительного уравнения и во всем процессе построения такого уравнения допускалось повышение качества прогноза, его сохранение или понижение, но не более чем вдвое. Если даже для лучшего фактора-аргумента эти условия нарушались, то при наличии уже построенного статистически значимого уравнения оно полагалось окончательным; иначе вся сформированная ранее модель полагалась окончательной.

Если статистически значимых вспомогательных уравнений не было, то при наличии уже построенного статистически значимого уравнения оно полагалось окончательным; иначе выбирался фактор-аргумент, уравнение с которым содержало наибольшее число статистически значимых коэффициентов, а при равенстве таких чисел для нескольких факторов имело наибольший коэффициент множественной детерминации.

При отсутствии в окончательном основном уравнении нестандартных факторов-аргументов в него принудительно включался тот из них, для которого качество прогноза по полученной модели оказывалось наиболее высоким. После этого построение уравнения могло продолжаться, но лишь при выполнении допустимых условий для качества прогноза по модели. Любое статистически значимое уравнение полагалось окончательным, если количество аргументов в нем достигало максимума (шести).

В настоящем исследовании был использован новый, не применявшийся ранее, критерий окончания формирования модели. Если после построения некоторого дополнительного уравнения оценка качества прогноза по модели, построенной после включения этого уравнения, была очень близка к аналогичной оценке для модели, полученной до его включения, а именно, четыре первые значащие цифры этих оценок совпадали (то есть, относительное отклонение одной из них от другой было менее 0,01 %), то сформированное уравнение включалось в модель, после чего она полагалась окончательной. Такой критерий позволяет прекратить построение модели, если качество прогноза крайне слабо изменяется при включении в нее новых факторов-аргументов.

После окончания построения уравнения для него выполнялся второй шаг двухшагового МНК, а затем (при необходимости) — переход к построению очередного уравнения. После завершения формирования модели ее уравнение приобретало вид (1). Если в множестве факторов-аргументов модели выделить множества эндогенных и predetermined, то ее уравнение можно представить в виде

$$F_Z(Z(t)) = b_1 + \sum_{x_j \in X_{Z1}} a_{xj} F_{xj}(x_j(t)) + \sum_{x_j \in X_{Z2}} b_{xj} F_{xj}(x_j(t)) + b_1 t, \quad (3)$$

где X_{Z1} и X_{Z2} — соответственно, множества эндогенных и predetermined факторов-аргументов (одно из них может быть пустым), в первой сумме коэффициенты при $F_{xj}(x_j(t))$ обозначены как a_{xj} для удобства описания совместного прогнозирования эндогенных переменных, которое приведено далее.

После завершения построения моделей эндогенных переменных формировались модели остаточных членов указанных моделей. Остаточный член модели переменной — это некоторый фактор, отражающий влияние на переменную всех факторов, не вошедших в уравнение вида (3), и обозначаемый как $r(F_Z(Z(t)))$. Для переменной $Z(t)$, уравнение модели которой имеет вид (3), его значение равно разности фактического и вычисленного с применением

этого уравнения значений $F_Z(Z(t))$. Поэтому расширенная модель такой переменной имеет вид

$$F_Z(Z(t)) = b_1 + \sum_{x_j \in X_{Z1}} a_{xj} F_{xj}(x_j(t)) + \sum_{x_j \in X_{Z2}} b_{xj} F_{xj}(x_j(t)) + b_{it} + [r(F_Z(Z(t)))]^p, \quad (4)$$

где $[r(F_Z(Z(t)))]^p$ — значение $r(F_Z(Z(t)))$, вычисленное по модели зависимости этого фактора от времени.

Модели остаточных членов моделей эндогенных переменных формировались в виде уравнений их зависимостей от времени в расчетном периоде. Уравнение такой модели строилось в виде (2). Каждое уравнение в комбинации содержало одну функцию времени и могло не быть статистически значимым. На каждом шаге вычислялась разность остаточного члена и результата его расчета по модели, полученной на предыдущем шаге, а включалась в модель та функция, для которой абсолютное отклонение (АО) расчетного значения такой разности от фактического в прогнозном году было наименьшим. Если на некотором шаге значение такого АО не уменьшалось по сравнению с полученным на предыдущем, то построенная модель полагалась окончательной. После подстановки величин $[r(F_Z(Z(t)))]^p$ в (4) заново вычислялись расчетные и прогнозные значения эндогенных переменных, в результате чего прогнозные значения существенно приближались к фактическим.

Тестирование макромоделей выполнялось путем совместного прогнозирования эндогенных переменных. Расширенное уравнение модели каждой эндогенной переменной $y_i(t)$ можно преобразовать к виду

$$F_{yi}(y_i(t)) = b_{i1} + \sum_{j \in J_y} a_{ij} F_{yj}(y_j(t)) + \sum_{j \in J_x} b_{ij} F_{xj}(x_j(t)) + b_{it} + [r(F_{yi}(y_i(t)))]^p, \quad (5)$$

где J_y и J_x — соответственно, множества номеров всех эндогенных и всех предопределенных переменных макромоделей. Систему уравнений (5) можно записать как

$$F_y(y(t)) = B_1 + A \times F_y(y(t)) + B_x \times F_x(x(t)) + B_{it} + [R(F_y(y(t)))]^p, \quad (6)$$

где A и B_x — матрицы; B_1 , B_{it} , $F_y(y(t))$ и $[R(F_y(y(t)))]^p$ — векторы с числом строк, равным числу эндогенных переменных; $F_x(x(t))$ — вектор с числом строк, равным числу предопределенных переменных. Элементы этих матриц и векторов определяются в результате

формирования моделей всех эндогенных переменных. Из (6) следует формула для определения вектора $F_y(y(t))$:

$$F_y(y(t)) = C_1 + C_x \times F_x(x(t)) + C_{it} + C_r(t), \quad (7)$$

где $C_1 = (E-A)^{-1}B_1$, $C_x = (E-A)^{-1}B_x$, $C_{it} = (E-A)^{-1}B_{it}$, $C_r(t) = (E-A)^{-1}[R(F_y(y(t)))]^p$.

В настоящем исследовании для обращения матрицы $(E-A)$, порядок которой больше максимально допустимого для функции МОБР из Excel, была применена формула Фробениуса [4] для обращения блочной матрицы, имеющей общий вид

$$D = \begin{pmatrix} D_{11} & D_{12} \\ D_{21} & D_{22} \end{pmatrix}, \quad (8)$$

где D_{11} , D_{12} , D_{21} , D_{22} — матрицы (D_{11} и D_{22} — квадратные).

При использовании формулы Фробениуса сначала определяется матрица $H_2 = D_{22}^{-1}$, а затем — матрица $H_1 = (D_{11} - D_{12}H_2D_{21})^{-1}$. Наконец, получается матрица D^{-1} , имеющая общий вид

$$D^{-1} = \begin{pmatrix} H_1^{-1} & -H_1D_{12}H_2 \\ -H_2D_{21}H_1 & H_2 + H_2D_{21}H_1D_{12}H_2 \end{pmatrix}. \quad (9)$$

Для обращения матрицы $(E-A)$ она была представлена в виде

$$(E-A) = \begin{pmatrix} E_1 - A_{11} & -A_{12} \\ -A_{21} & E_2 - A_{22} \end{pmatrix}, \quad (10)$$

где A_{11} , A_{12} , A_{21} , A_{22} — матрицы (A_{11} и A_{22} — квадратные), E_1 и E_2 — единичные матрицы. В результате применения формулы Фробениуса была определена матрица $(E-A)^{-1}$.

Из (7) получаются формулы для прогнозных значений переменных, в которых c_{ij} , c_{i1} , c_{it} , $c_{ir}(t)$ — соответственно, элементы i -й строки матрицы C_x и векторов C_1 , C_{it} , $C_r(t)$:

$$y_i(t) = c_{i1} + \sum_{j \in J_2} c_{ij} F_{xj}(x_j(t)) + c_{it} + c_{ir}(t) \quad (11)$$

при $F_{yi}(y_i(t)) = y_i(t)$,

$$y_i(t) = \exp \left[c_{i1} + \sum_{j \in J_2} c_{ij} F_{xj}(x_j(t)) + c_{it} + c_{ir}(t) \right] \quad (12)$$

при $F_{yi}(y_i(t)) = \ln y_i(t)$.

После совместного прогнозирования эндогенных переменных для каждой из них вычислялось ОО ее прогнозного значения от фактического в прогнозном году, а затем — среднее квадратическое значение таких ОО по всем эндогенным переменным, которое можно рассматривать как оценку качества макромоделей.

4. Сформированная макромодель российской экономики

Макромодель российской экономики (с 70 эндогенными переменными) представляет собой следующую систему уравнений:

$$\ln ВВП(t) = 3,295968 + 0,810712 \ln НСПСУБ(t) + 0,298317 \ln ОТЭКСИМ(t) + 0,049256t;$$

$$\begin{aligned} \ln ИНОК(t) = & -13,8113 + 2,618868 \ln ВВП(t) - 0,45415 \ln МЦНЕФЮ(t) - 0,00859 \ln ИПЭГВ(t) - 0,12882 \ln ДМ(t) + \\ & + 0,000281 \ln ИЦСХ(t) - 0,19833 \ln ЭКС(t-1) + 0,251319 \ln ОТКУРДЕ(t) + 0,039805 \ln НСПФЕД(t) + 0,236469 \ln ИМ(t-1) + \\ & + 0,000525 \ln ИЦПТ(t) + 0,000317 \ln КРФЛ(t) + 0,00000466 \ln ИТГП(t) - 0,00287 \ln ЭКС(t) + 0,0000327 \ln ИЦСП(t) + \\ & + 0,001325 \ln МЦГАЗ(t) + 0,0000183 \ln ИПОБР(t) + 0,000126 \ln КРОДЛ(t) - 0,15179t; \end{aligned}$$

$$\ln ОТРТПИ(t) = 7,542706 + 0,228655 \ln ОТРТРС(t) - 0,50021 \ln КУРДОЛ(t) - 0,00105 \ln ИТГП(t) + 0,120465t;$$

$$\begin{aligned} \ln ОТРПИИ(t) = & 5,411074 + 1,007247 \ln МЦНЕФЮ(t) - 0,27103 \ln МЦГАЗ(t) - 0,27906 \ln ПРР(t) + 0,001606 \ln ИЦСХ(t) - \\ & - 0,10438 \ln КРОКР(t) - 0,00032 \ln ИЦЦ(t) + 0,008865 \ln ИНОК(t) - 0,00879 \ln КУРЕВР(t) + 0,013939 \ln КУРДОЛ(t) + \\ & + 0,001515 \ln ОТРКНП(t) + 0,000118 \ln ИМ(t-1) - 0,000068 \ln ИНОК(t-1) - 0,000015 \ln ОТЭКСИМ(t) - \\ & - 0,000072 \ln ЭКС(t-1) - 0,00002 \ln ОРС(t) + 0,092784t; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \ln ОТРПИЩ(t) = & 2,534013 + 0,119748 \ln КРОДЛ(t) + 0,331581 \ln ОТРМАШ(t) - 0,13618 \ln КРОКР(t) + 0,32947 \ln ДЗО(t) - \\ & - 0,01916 \ln МЦНЕФЮ(t) + 0,00095 \ln ПСХ(t) - 0,00074 \ln ОРС(t) + 0,000335 \ln ЭКС(t-1) + 0,00000194 \ln ИЦСХ(t) + \\ & + 0,000096 \ln ПРР(t) + 0,00000767 \ln ОТРЭГВ(t) - 0,0000037 \ln ИНОК(t-1) - 0,000000015 \ln ИТГП(t) + \\ & + 0,00000239 \ln МЦГАЗ(t) - 0,0000021 \ln ЭКС(t) + 0,014798t; \end{aligned}$$

$$\ln ОТРТЕК(t) = 6,750355 - 0,39384 \ln КРОКР(t-1) - 0,00402 \ln ИЦПТ(t) + 0,284789 \ln ОТРТПИ(t) - 0,00985 \ln ИЦЦ(t) + 0,078786t;$$

$$\begin{aligned} \ln ОТРКОЖ(t) = & 13,61894 + 1,96549 \ln ОТЭКСИМ(t-1) + \\ & + 0,699225 \ln МЦНЕФЮ(t) - 1,22294 \ln ГОТ(t) - 0,63306 \ln ОТРТПИ(t) + 0,021065 \ln КРОКР(t-1) - 0,0605 \ln НЗР(t) + \\ & + 0,003284 \ln ПСХ(t) + 0,005898 \ln ИНОК(t-1) + 0,01497 \ln ОТРМАШ(t) + 0,014177 \ln КРОДЛ(t-1) - \\ & - 0,00156 \ln ОТЭКСИМ(t) - 0,000024 \ln ИЦЦ(t) - 0,0002 \ln МЦГАЗ(t) + 0,198094t; \end{aligned}$$

$$\ln ОТРДЕР(t) = 1,483182 + 0,011877 \ln ИЦСП(t) + 0,223452 \ln КРОКР(t) + 0,08716t;$$

$$\begin{aligned} \ln ОТРБУМ(t) = & 1,331863 + 0,476154 \ln ОТРЭЛО(t) + 0,14353 \ln ИНОК(t-1) + 0,030728 \ln КРОКР(t-1) + \\ & + 0,017161 \ln ОТРКНП(t) - 0,00572 \ln ЭКС(t-1) - 0,000073 \ln ИЦСХ(t) - 0,01016 \ln КУРДОЛ(t) + 0,010358t; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \ln ОТРКНП(t) = & 12,26957 + 0,932608 \ln ОТРХИМ(t) - 2,95784 \ln ЧЗЭ(t) + 0,014077 \ln ИЦЦ(t) - 0,22864 \ln МЦГАЗ(t) - \\ & - 0,00138 \ln ИЦСХ(t) + 0,028686 \ln ДЗО(t) - 0,01091 \ln ОРС(t) + 0,141054t; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \ln ОТРХИМ(t) = & 11,28631 + 1,194883 \ln МЦНЕФЮ(t) - 1,18293 \ln ОТРТПИ(t) - 0,17942 \ln МЦГАЗ(t) - \\ & - 0,28691 \ln ОТЭКСИМ(t-1) + 0,203492t; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \ln ОТРРЕЗ(t) = & 0,221472 + 0,590155 \ln ИМ(t) + 0,002894 \ln ИЦПТ(t) + 0,000746 \ln ИЦСХ(t) - 0,02373 \ln ИЦЦ(t) + \\ & + 0,002661 \ln ИТГП(t) + 0,134229 \ln КРОКР(t-1) + 0,36074 \ln ОТРЭЛО(t) + 0,411495 \ln КУРДОЛ(t) - 0,08691 \ln КЗО(t) + \\ & + 0,054437 \ln ОТРМАШ(t) + 0,034732 \ln КРОДЛ(t-1) - 0,03349 \ln ОРС(t) + 0,000285 \ln ИМ(t-1) - 0,00844t; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \ln ОТРПМП(t) = & 12,30245 - 2,18749 \ln КУРДОЛ(t) + 0,275706 \ln ЭКС(t-1) - 0,60947 \ln КУРЕВР(t) + \\ & + 0,011006 \ln ИЦЦ(t) - 0,06817 \ln МЦНЕФЮ(t) + 0,030706 \ln ОТРЭГВ(t) - 0,04268 \ln ДЗО(t) + 0,033473 \ln КЗО(t) + \\ & + 0,001916 \ln ИМ(t-1) + 0,002019 \ln ОТРЭЛО(t) - 0,0001 \ln ОТРПИИ(t) + 0,0000054 \ln ИЦСХ(t) - 0,00048 \ln ОТРКНП(t) - \\ & - 0,00324 \ln ЧЗЭ(t) + 0,000108 \ln МЦГАЗ(t) + 0,0000157 \ln КРОДЛ(t-1) + 0,000000401 \ln ИЦПТ(t) + \\ & + 0,0000381 \ln ОТРХИМ(t) - 0,0000013 \ln ИЦСП(t) + 0,0000348 \ln ОТРМЕТ(t) - 0,0000043 \ln КРОКР(t-1) + \\ & + 0,00000672 \ln НЗР(t) - 0,000023 \ln ОТРТРС(t) + 0,0000778 \ln ГОТ(t) + 0,00000241 \ln ИМ(t) - 0,000000001 \ln ИТГП(t) + \\ & + 0,14371t; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \ln ОТРМЕТ(t) = & 9,012795 - 1,27592 \ln КУРДОЛ(t) - 0,27252 \ln КРОКР(t-1) + 0,920107 \ln ОТРЭЛО(t) - \\ & - 0,00692 \ln ИЦСП(t) + 0,00031 \ln ИТГП(t) - 0,0032 \ln ОТРЭГВ(t) - 0,00015 \ln ИЦПТ(t) - 0,01324 \ln ОТРКНП(t) - \\ & - 0,00212 \ln ЭКС(t-1) - 0,00254 \ln КРОДЛ(t-1) - 0,00025 \ln ОТРМАШ(t) + 0,000084 \ln МЦГАЗ(t) - 0,00000047 \ln ИЦСХ(t) + \\ & + 0,000176 \ln ОТРТПИ(t) - 0,000053 \ln ЭКС(t) + 0,00027 \ln КУРЕВР(t) - 0,000043 \ln ИМ(t-1) + 0,000108 \ln ПРР(t) + \\ & + 0,000000122 \ln ИЦЦ(t) - 0,0000046 \ln МЦНЕФЮ(t) - 0,0000068 \ln ИНОК(t-1) + 0,0000031 \ln ИНОК(t) + \\ & + 0,0000095 \ln НЗР(t) + 0,016958t; \end{aligned}$$

$$\ln ОТРМАШ(t) = 1,964763 + 0,657808 \ln ИМ(t) + 0,106788 \ln КРОКР(t-1) + 0,033328t;$$

$$\begin{aligned} \ln ОТРЭЛО(t) = & -49,6241 + 13,43675 \ln ЧЗЭ(t) + 0,660905 \ln ОТРЭГВ(t) - 0,64156 \ln КУРЕВР(t) - 0,30631 \ln ПРР(t) - \\ & - 0,22211 \ln КРОКР(t) - 0,00084 \ln КРОДЛ(t-1) + 0,0000148 \ln ИЦПТ(t) - 0,000021 \ln ИТГП(t) + 0,005236 \ln ДЗО(t) + \\ & + 0,007084 \ln ОТЭКСИМ(t) + 0,002206 \ln ОТРПИИ(t) - 0,001 \ln ОТРКНП(t) + 0,0000644 \ln МЦГАЗ(t) - \\ & - 0,000029 \ln ОТРПМП(t) + 0,0000355 \ln ОТЭКСИМ(t-1) + 0,0000679 \ln ОТРМАШ(t) + 0,000125 \ln КУРДОЛ(t) + \\ & + 0,00000777 \ln ОТРХИМ(t) - 0,000053 \ln КЗО(t) + 0,0000315 \ln ИНОК(t) - 0,000064 \ln ГОТ(t) - 0,000005 \ln ИНОК(t-1) + \\ & + 0,00000018 \ln ИЦСП(t) - 0,0000000049 \ln ИЦСХ(t) + 0,042972t; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \ln \text{ОТРТРС}(t) = & 2,672984 - 1,38316 \ln \text{КУРЕВР}(t) + 0,636031 \ln \text{ППР}(t) + 0,232046 \ln \text{ОТРКНП}(t) - 0,29546 \ln \text{ИНОК}(t-1) - \\ & - 0,00231 \ln \text{ИТГП}(t) + 0,671597 \ln \text{КЗО}(t) - 0,1374 \ln \text{КРОКР}(t) + 0,072764 \ln \text{МЦНЕФЮ}(t) + 0,014845 \ln \text{ОТРЭГВ}(t) - \\ & - 0,00175 \ln \text{КРОДЛ}(t) + 0,00422 \ln \text{ОТЭККСИМ}(t-1) - 0,000013 \ln \text{ИЦСХ}(t) + 0,074127 \ln \text{ЧЗЭ}(t) - \\ & - 0,00635 \ln \text{ОТРМАШ}(t) - 0,000013 \ln \text{ИЦПТ}(t) - 0,00095 \ln \text{ОТЭККСИМ}(t) + 0,00000594 \ln \text{ИЦСП}(t) - 0,000038 \ln \text{ДЗО}(t) + \\ & + 0,000001 \ln \text{ИПЦ}(t) - 0,00002 \ln \text{ОТРХИМ}(t) - 0,000045 \ln \text{КУРДОЛ}(t) - 0,000022 \ln \text{ОТРПТИ}(t) + \\ & + 0,000000133 \ln \text{МЦГАЗ}(t) - 0,0000005 \ln \text{ГОТ}(t) + 0,000000458 \ln \text{ИНОК}(t) - 0,00000046 \ln \text{ОРС}(t) + 0,031668t; \end{aligned}$$

$$\ln \text{ОТРПОБ}(t) = 3,352275 + 0,425145 \ln \text{ИМ}(t) + 0,056473 \ln \text{ИМ}(t-1) + 0,070976t;$$

$$\begin{aligned} \ln \text{ОТРЭГВ}(t) = & 8,419599 + 1,935973 \ln \text{ДЗО}(t) - 2,31999 \ln \text{КЗО}(t) + 0,001642 \ln \text{ИТГП}(t) + 0,116624 \ln \text{КРОДЛ}(t-1) + \\ & + 0,061099 \ln \text{ОТРЭЛО}(t) - 0,000056 \ln \text{МЦГАЗ}(t) + 0,00000206 \ln \text{ИЦСХ}(t) - 0,00023 \ln \text{ППР}(t) + 0,002254 \ln \text{ЧЗЭ}(t) + \\ & + 0,0000652 \ln \text{ОТКУРДЕ}(t) + 0,000000292 \ln \text{ИМ}(t-1) + 0,173182t; \end{aligned}$$

$$\ln \text{ПСХ}(t) = 6,012956 + 0,307355 \ln \text{МЦГАЗ}(t) - 0,00299 \ln \text{ИЦСХ}(t) - 0,69261 \ln \text{ОТЭККСИМ}(t) + 0,075202t;$$

$$\begin{aligned} \ln \text{ОРС}(t) = & -6,46428 + 0,542146 \ln \text{ИНОК}(t) + 1,010536 \ln \text{НЗР}(t) + 0,104417 \ln \text{МЦНЕФЮ}(t) + 0,009582 \ln \text{НПОСУБ}(t-1) - \\ & - 0,00169 \ln \text{ИПЦ}(t) + 0,010338 \ln \text{МЦГАЗ}(t) + 0,042866 \ln \text{ОТКУРДЕ}(t) + 0,012921 \ln \text{ИНОК}(t-1) + 0,008482 \ln \text{ОТРДЕР}(t) + \\ & + 0,0000448 \ln \text{ИЦСХ}(t) + 0,0000613 \ln \text{ИТГП}(t) - 0,00293 \ln \text{НПОСУБ}(t) + 0,002324 \ln \text{НСПФЕД}(t-1) - \\ & - 0,01477 \ln \text{НСПФЕД}(t) + 0,061816 \ln \text{ГОТ}(t) - 0,1096t; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \ln \text{ОРТ}(t) = & 1,853509 + 0,748682 \ln \text{ДДД}(t) + 0,149061 \ln \text{МЦНЕФЮ}(t) - 0,00292 \ln \text{ИПДОБ}(t) - 0,17384 \ln \text{ОТЭККСИМ}(t-1) + \\ & + 0,086964 \ln \text{ОТКУРДЕ}(t) + 0,000864 \ln \text{ОТРЭГВ}(t) + 0,001206 \ln \text{ОТЭККСИМ}(t) + 0,00054 \ln \text{ОТРКОЖ}(t) + \\ & + 0,00062 \ln \text{ДРН}(t) - 0,00015 \ln \text{ОТРТЕК}(t) - 0,0000045 \ln \text{ПСХ}(t) + 0,00000736 \ln \text{ООТО}(t) - 0,0000098 \ln \text{ОТРБУМ}(t) + \\ & + 0,00000508 \ln \text{ОТРМАШ}(t) - 0,0000031 \ln \text{ОТРПМП}(t) - 0,00000025 \ln \text{МЦГАЗ}(t) + 0,000000145 \ln \text{ОТРРЕЗ}(t) - \\ & - 0,00000017 \ln \text{КРФЛ}(t) - 0,00000024 \ln \text{ОТРДЕР}(t) + 0,000000416 \ln \text{ОТРЭЛО}(t) - 0,0000000021 \ln \text{ИПЦ}(t) + \\ & + 0,000000056 \ln \text{ОТРПИЩ}(t) + 0,0000000365 \ln \text{ОТРХИМ}(t) - 0,0000000044 \ln \text{ЧБРРЕГ}(t) - \\ & - 0,0000000094 \ln \text{ОТРПОБ}(t) + 0,024t; \end{aligned}$$

$$\ln \text{ООП}(t) = -4,53497 + 1,046261 \ln \text{НЗР}(t) + 0,163839 \ln \text{ОТРПМП}(t) - 0,02894t;$$

$$\ln \text{ОПУ}(t) = -1,78024 + 1,043122 \ln \text{ДДН}(t) - 0,04488 \ln \text{ЧБРРЕГ}(t) - 0,06415 \ln \text{ОТКУРДЕ}(t) - 0,02292t;$$

$$\begin{aligned} \ln \text{ООТ}(t) = & 1,407239 + 0,68447 \ln \text{ОТРПОБ}(t) + 0,438514 \ln \text{ООТО}(t) + 0,233004 \ln \text{ОТРХИМ}(t) - 0,03313 \ln \text{ОТРМЕТ}(t) - \\ & - 0,00178 \ln \text{ИПЦ}(t) - 0,10848 \ln \text{ОТРПИИ}(t) - 0,03695 \ln \text{ОТРМАШ}(t) + 0,003174 \ln \text{ПСХ}(t) - 0,00103 \ln \text{МЦГАЗ}(t) + \\ & + 0,001621 \ln \text{ОТЭККСИМ}(t-1) - 0,00068 \ln \text{ОТРТЕК}(t) + 0,000027 \ln \text{ИПЭГВ}(t) - 0,000085 \ln \text{ОТРЭЛО}(t) - \\ & - 0,00039 \ln \text{ОТРТРС}(t) + 0,000394 \ln \text{ОТРТПИ}(t) - 0,00061 \ln \text{ОТРПИЩ}(t) - 0,00041 \ln \text{КУРДОЛ}(t) + \\ & + 0,000115 \ln \text{ОТРПМП}(t) - 0,0000035 \ln \text{ОТРКНП}(t) + 0,00000681 \ln \text{ОТРРЕЗ}(t) - 0,0000097 \ln \text{ОТРБУМ}(t) - \\ & - 0,0000017 \ln \text{ОТРКОЖ}(t) + 0,00000244 \ln \text{КУРЕВР}(t) - 0,000000053 \ln \text{ОРТ}(t) - 0,000000066 \ln \text{ОТЭККСИМ}(t) - 0,03335t; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \ln \text{ООТО}(t) = & -19,2541 + 2,32039 \ln \text{ОРТ}(t) + 1,115764 \ln \text{ОТРТПИ}(t) + 0,847836 \ln \text{КУРДОЛ}(t) + 0,356749 \ln \text{ОТЭККСИМ}(t-1) - \\ & - 0,35784 \ln \text{ОТРБУМ}(t) + 0,008956 \ln \text{МЦГАЗ}(t) - 0,00984 \ln \text{ОТРЭГВ}(t) - 0,00644 \ln \text{ОТРМАШ}(t) - \\ & - 0,00553 \ln \text{ПСХ}(t) - 0,0014 \ln \text{ОТРКОЖ}(t) - 0,000045 \ln \text{ОТРПИИ}(t) + 0,000045 \ln \text{ОТРДЕР}(t) - 0,0000015 \ln \text{ИПЦ}(t) - \\ & - 0,000071 \ln \text{ОТЭККСИМ}(t) - 0,000024 \ln \text{ОТРРЕЗ}(t) + 0,0000107 \ln \text{МЦНЕФЮ}(t) + 0,0000214 \ln \text{КУРЕВР}(t) - \\ & - 0,0000079 \ln \text{ОТРХИМ}(t) - 0,0000054 \ln \text{ОТРПИЩ}(t) + 0,00000227 \ln \text{ОТРТРС}(t) + 0,000000241 \ln \text{ОТРМЕТ}(t) - \\ & - 0,00000034 \ln \text{ГОТ}(t) - 0,00000022 \ln \text{ОТРЭЛО}(t) - 0,000000051 \ln \text{ОТРКНП}(t) - 0,33798t; \end{aligned}$$

$$\ln \text{ДФБ}(t) = 6,552446 + 0,837364 \ln \text{ЭКС}(t) - 0,48695 \ln \text{ОТРКНП}(t) + 0,147808t;$$

$$\begin{aligned} \ln \text{ДБС}(t) = & -1,61847 + 0,834739 \ln \text{ОТРПИЩ}(t) + 0,195405 \ln \text{МЦГАЗ}(t) + 0,537651 \ln \text{ОТРЭГВ}(t) - 0,23373 \ln \text{ОТЭККСИМ}(t) - \\ & - 0,1005 \ln \text{ДДН}(t) - 0,00035 \ln \text{ПСХ}(t) - 0,00296 \ln \text{КУРДОЛ}(t) - 0,00167 \ln \text{ОТРЭЛО}(t) - 0,00061 \ln \text{ОТРХИМ}(t) + \\ & + 0,000133 \ln \text{МЦНЕФЮ}(t) - 0,000000042 \ln \text{ИПЦ}(t) + 0,000000973 \ln \text{ООП}(t) - 0,0000017 \ln \text{ОТРБУМ}(t) + \\ & + 0,000000638 \ln \text{ОТРРЕЗ}(t) - 0,0000004 \ln \text{ОТРКОЖ}(t) - 0,06172t; \end{aligned}$$

$$\ln \text{НСПФЕД}(t) = 1,149879 + 1,073422 \ln \text{ОТРТРС}(t) - 0,00181 \ln \text{ИТГП}(t) - 0,07432t;$$

$$\ln \text{НСПСУБ}(t) = -3,87041 + 1,213853 \ln \text{ВВП}(t) - 0,38431 \ln \text{ОТЭККСИМ}(t) - 0,05834t;$$

$$\begin{aligned} \ln \text{НПОФЕД}(t) = & -8,59423 + 4,831908 \ln \text{ОТРДЕР}(t) - 0,71941 \ln \text{РПУБО}(t) - 0,01083 \ln \text{ИПЭГВ}(t) + 0,119757 \ln \text{ОТЭККСИМ}(t) + \\ & + 0,060999 \ln \text{ОТРТПИ}(t) - 0,37628 \ln \text{ОПУ}(t) - 0,03345 \ln \text{ОТЭККСИМ}(t-1) - 0,00022 \ln \text{ИТГП}(t) + 0,336518 \ln \text{ОТРПИЩ}(t) - \\ & - 0,06462 \ln \text{ГОТ}(t) + 0,000336 \ln \text{ОТРПИИ}(t) - 0,00024 \ln \text{ОТРТРС}(t) + 0,000208 \ln \text{ПСХ}(t) + 0,000215 \ln \text{ОТРКОЖ}(t) + \\ & + 0,00000072 \ln \text{ИЦСХ}(t) - 0,000012 \ln \text{МЦГАЗ}(t) + 0,000174 \ln \text{ОТРМАШ}(t) - 0,00014 \ln \text{ОТРПМП}(t) - \\ & - 0,000026 \ln \text{ОТКУРДЕ}(t) - 0,00019 \ln \text{ОРТ}(t) + 0,000159 \ln \text{ООТО}(t) - 0,0000000035 \ln \text{ИЦПТ}(t) - 0,0000000084 \ln \text{ИЦСП}(t) + \\ & + 0,000000166 \ln \text{МЦНЕФЮ}(t) + 0,0000000896 \ln \text{ОТРТЕК}(t) - 0,44378t; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \ln \text{НПОСУБ}(t) = & -4,1337 + 0,960906 \ln \text{ОТРМЕТ}(t) + 0,352057 \ln \text{ОТРМАШ}(t) + 0,377502 \ln \text{ОТРКНП}(t) + \\ & + 0,410366 \ln \text{ОТЭККСИМ}(t-1) - 0,00628 \ln \text{ИПДОБ}(t) - 0,12916t; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \ln \text{РПУБО}(t) = & 6,253614 + 0,02114 \ln \text{ИЦПТ}(t) + 1,346528 \ln \text{МЦНЕФЮ}(t) - 0,94954 \ln \text{ПСХ}(t) + 0,309387 \ln \text{ИМ}(t-1) - \\ & - 0,09807 \ln \text{ОТРПМП}(t) - 0,0206 \ln \text{ОТРЭГВ}(t) + 0,018154 \ln \text{ОТРКОЖ}(t) - 0,02585 \ln \text{ОТРТРС}(t) + 0,021688 \ln \text{ИМ}(t) - \\ & - 0,00361 \ln \text{НСПФЕД}(t-1) + 0,0000442 \ln \text{ОТРКНП}(t) + 0,000011 \ln \text{ЭКС}(t-1) - 0,00000022 \ln \text{ИТГП}(t) - \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & - 0,000067\ln\text{ВЖД}(t) + 0,0000432\ln\text{ОТО}(t) + 0,0000446\ln\text{ОТРДЕР}(t) - 0,00000056\ln\text{ИЦСП}(t) - 0,00042\ln\text{ЧЗЭ}(t) + \\
 & + 0,0000211\ln\text{ОТРМАШ}(t) + 0,00000159\ln\text{ДЗО}(t) - 0,0000000078\ln\text{ИЦСХ}(t) - 0,00000076\ln\text{ОТРТПИ}(t) + \\
 & + 0,00000063\ln\text{ОТРЭЛО}(t) - 0,00000026\ln\text{ОПУ}(t) - 0,000000054\ln\text{ООП}(t) + 0,077997t; \\
 \ln\text{ДМ}(t) & = 12,09213 + 0,707651\ln\text{КРОДЛ}(t) - 1,38918\ln\text{КУРЕВР}(t) - 0,42479\ln\text{МЦГАЗ}(t) - 0,02552\ln\text{ИПЦ}(t) + \\
 & + 0,200918\ln\text{КРФЛ}(t) - 0,0009\ln\text{ИПОБР}(t) + 0,007545t; \\
 \ln\text{ДМНАЛ}(t) & = 10,40527 - 1,27936\ln\text{КУРДОЛ}(t) + 0,263765\ln\text{ЧБРРЕГ}(t) + 0,385445\ln\text{ДМ}(t) - 0,14123\ln\text{МЦГАЗ}(t) - \\
 & - 0,24765\ln\text{ДРН}(t) + 0,164707\ln\text{КРФЛ}(t) - 0,01383\ln\text{ИПЦ}(t) - 0,10363\ln\text{МЦНЕФЮ}(t) - 0,17504\ln\text{КУРЕВР}(t) + 0,130046t; \\
 \ln\text{КРОКР}(t) & = 10,83114 - 1,83031\ln\text{КУРДОЛ}(t) - 0,00132\ln\text{ИТГП}(t) + 0,407765\ln\text{КРФЛ}(t) + 0,000886\ln\text{ИЦПТ}(t) + 0,040864t; \\
 \ln\text{КРОДЛ}(t) & = -9,09283 + 1,825056\ln\text{ДЗО}(t) + 0,191171\ln\text{МЦГАЗ}(t) - 0,07014t; \\
 \ln\text{КРФЛ}(t) & = 34,96524 - 4,61536\ln\text{КУРДОЛ}(t) - 2,26791\ln\text{ЭКС}(t) + 0,866798\ln\text{МЦГАЗ}(t) - 1,36941\ln\text{КУРЕВР}(t) - \\
 & - 0,01759\ln\text{ИПЦ}(t) - 0,01691\ln\text{ЧБР}(t) - 1,08375\ln\text{ДДН}(t) + 0,919899\ln\text{ДРН}(t) + 0,152852\ln\text{ДМ}(t) - 0,02324\ln\text{ИМ}(t) + \\
 & + 0,505588t; \\
 \ln\text{КЗО}(t) & = 5,686996 + 0,35536\ln\text{КРОДЛ}(t) + 0,205091\ln\text{ОТРКНП}(t) + 0,000902\ln\text{ИЦСХ}(t) - 0,00926\ln\text{ИПЭГВ}(t) - \\
 & - 0,05311\ln\text{КРОКР}(t - 1) + 0,04389t; \\
 \ln\text{ДЗО}(t) & = 7,749283 + 0,376374\ln\text{КРОДЛ}(t - 1) - 0,71764\ln\text{КУРДОЛ}(t) + 0,002743\ln\text{ИЦПТ}(t) + 0,078677t; \\
 \ln\text{ДДН}(t) & = -0,29689 + 1,702816\ln\text{ОПУ}(t) - 0,0842\ln\text{ПСХ}(t) - 0,03783\ln\text{ЧБРРЕГ}(t) - 0,40876\ln\text{ООП}(t) + \\
 & + 0,001567\ln\text{ОТРМЕТ}(t) - 0,01374\ln\text{ОТРБУМ}(t) + 0,004353\ln\text{ОРС}(t) - 0,00759t; \\
 \ln\text{ДРН}(t) & = 3,939207 + 0,920308\ln\text{ОПУ}(t) - 0,30331\ln\text{ОТРТПИ}(t) + 0,078075\ln\text{ОТРМАШ}(t) + 0,010001\ln\text{МЦНЕФЮ}(t) + \\
 & + 0,004588\ln\text{МЦГАЗ}(t) + 0,000171\ln\text{ПСХ}(t) - 0,00026\ln\text{ОТРПМП}(t) - 0,00022\ln\text{ЧБР}(t) + 0,000181\ln\text{ОТРПИЩ}(t) + \\
 & + 0,000152\ln\text{ОТО}(t) + 0,0000000659\ln\text{ОТРКОЖ}(t) + 0,0000000816\ln\text{ОТРЭГВ}(t) + 0,061028t; \\
 \ln\text{ЭКС}(t) & = -8,99382 + 2,19449\ln\text{ОТРПОБ}(t) + 0,429446\ln\text{ОТРТЕК}(t) + 0,446641\ln\text{ОТРКНП}(t) - 0,31344\ln\text{ОТРМАШ}(t) + \\
 & + 0,048399\ln\text{МЦГАЗ}(t) - 0,03729\ln\text{ПСХ}(t) - 0,000068\ln\text{ИЦПТ}(t) - 0,08755\ln\text{КУРДОЛ}(t) - 0,03511\ln\text{ОТРДЕР}(t) - \\
 & - 0,00872\ln\text{ОТРМЕТ}(t) + 0,000901\ln\text{ОТРЭГВ}(t) + 0,000761\ln\text{ОТРКОЖ}(t) + 0,000262\ln\text{ОТРХИМ}(t) - \\
 & - 0,00076\ln\text{ОТРТПИ}(t) - 0,00033\ln\text{УЦЗОЛ}(t) + 0,000000146\ln\text{ИЦСХ}(t) - 0,00014\ln\text{ОТРТПИ}(t) - 0,00011\ln\text{КУРЕВР}(t) + \\
 & + 0,0000091\ln\text{ОТРПМП}(t) + 0,0000348\ln\text{МЦНЕФЮ}(t) - 0,000026\ln\text{ОТРТРС}(t) - 0,0000017\ln\text{ОТРПИЩ}(t) + \\
 & + 0,000000618\ln\text{ОРС}(t) - 0,28576t; \\
 \ln\text{ИМ}(t) & = -5,25302 + 1,335321\ln\text{ОТРПОБ}(t) + 0,360328\ln\text{ЭКС}(t) + 0,011758\ln\text{ИПДОБ}(t) - 0,48927\ln\text{ОТКУРДЕ}(t) - \\
 & - 0,10904\ln\text{ОТРЭГВ}(t) - 0,01184\ln\text{ОТРКОЖ}(t) - 0,01127\ln\text{ПСХ}(t) + 0,013749\ln\text{ОТО}(t) - 0,01861\ln\text{ОТРБУМ}(t) + \\
 & + 0,001654\ln\text{МЦГАЗ}(t) + 0,001302\ln\text{ОТРТРС}(t) - 0,00184\ln\text{МЦНЕФЮ}(t) + 0,001498\ln\text{ОТРХИМ}(t) - 0,0014\ln\text{УЦЗОЛ}(t) - \\
 & - 0,00049\ln\text{ОТРМЕТ}(t) + 0,01956\ln\text{ИПРД}(t) + 0,0000343\ln\text{ИПЦ}(t) + 0,000629\ln\text{ОТРКНП}(t) - 0,01661\ln\text{ОРТ}(t) - \\
 & - 0,00163\ln\text{ОРС}(t) - 0,00024\ln\text{ОТРРЕЗ}(t) + 0,000353\ln\text{ОТРПМП}(t) + 0,000125\ln\text{КРОДЛ}(t) - 0,00065\ln\text{ОТРПИЩ}(t) - \\
 & - 0,00017\ln\text{КРОКР}(t) + 0,0000428\ln\text{ОТРТЕК}(t) - 0,0001\ln\text{ОТРДЕР}(t) + 0,000071\ln\text{ОТРЭЛО}(t) + \\
 & + 0,0000222\ln\text{ОТРМАШ}(t) - 0,0723t; \\
 \ln\text{КУРДОЛ}(t) & = 6,010162 - 0,57769\ln\text{КРОКР}(t) + 0,240913\ln\text{КРФЛ}(t) + 0,021377t; \\
 \ln\text{КУРЕВР}(t) & = 6,143681 - 0,00786\ln\text{ИПЦ}(t) - 0,25968\ln\text{КРФЛ}(t) - 0,42231\ln\text{ОТЭКСИМ}(t) + 0,074453t; \\
 \ln\text{НЗР}(t) & = 5,772281 + 0,466343\ln\text{ОТО}(t) - 0,34888\ln\text{ОТРТЕК}(t) + 0,08129\ln\text{ОТРКНП}(t) - 0,05992\ln\text{ПСХ}(t) + 0,104023t; \\
 \ln\text{ДДЛ}(t) & = -1,93243 + 1,210443\ln\text{ДДН}(t) - 0,08859\ln\text{РПРУБО}(t) + 0,148312\ln\text{ОТРМАШ}(t) - 0,07967\ln\text{МЦГАЗ}(t) - \\
 & - 0,00166\ln\text{ИПДОБ}(t) - 0,00197\ln\text{ОТРЭГВ}(t) - 0,00156\ln\text{ОТРКНП}(t) - 0,00269\ln\text{ПСХ}(t) - 0,00274\ln\text{ОТРКОЖ}(t) + \\
 & + 0,000738\ln\text{МЦНЕФЮ}(t) + 0,002654\ln\text{ОТО}(t) - 0,00388\ln\text{ОТРПИЩ}(t) - 0,00049\ln\text{ЧБРРЕГ}(t) - 0,00032\ln\text{ОТРТРС}(t) - \\
 & - 0,000056\ln\text{ОТРХИМ}(t) - 0,00045\ln\text{ОТЭКСИМ}(t) - 0,00262\ln\text{ЧЗЭ}(t) - 0,00013\ln\text{КУРЕВР}(t) - 0,0003\ln\text{ГОТ}(t) + \\
 & + 0,0000902\ln\text{ОТРПМП}(t) - 0,00013\ln\text{ОТРБУМ}(t) - 0,00009\ln\text{ОТРПОБ}(t) - 0,0000094\ln\text{ОТРТЕК}(t) - \\
 & - 0,0000092\ln\text{ВЖД}(t) - 0,000011\ln\text{КУРДОЛ}(t) - 0,0000065\ln\text{ОПУ}(t) + 0,0000153\ln\text{ОТРРЕЗ}(t) - 0,000015\ln\text{ОТРЭЛО}(t) - \\
 & - 0,0000064\ln\text{ОТРМЕТ}(t) + 0,00000775\ln\text{ОТРДЕР}(t) + 0,00000116\ln\text{ОРС}(t) - 0,0315t; \\
 \ln\text{ИПРД}(t) & = 0,767426 + 0,201866\ln\text{ОТО}(t) + 0,675513\ln\text{ОРТ}(t) - 0,02819\ln\text{МЦНЕФЮ}(t) - 0,00076\ln\text{ИПДОБ}(t) + \\
 & + 0,016021\ln\text{ОТРРЕЗ}(t) + 0,0000191\ln\text{ИПЭГВ}(t) - 0,00079\ln\text{ОТРТРС}(t) + 0,000552\ln\text{ОТРПМП}(t) - 0,00101\ln\text{НЗР}(t) + \\
 & + 0,000243\ln\text{ОТРМАШ}(t) - 0,0000072\ln\text{ПСХ}(t) - 0,000013\ln\text{ОРС}(t) + 0,0000126\ln\text{ОТРХИМ}(t) + \\
 & + 0,0000816\ln\text{ОТРБУМ}(t) - 0,00004\ln\text{ОТРПОБ}(t) - 0,000000021\ln\text{ИПЦ}(t) + 0,000000554\ln\text{ОТРПИЩ}(t) + 0,021052t; \\
 \ln\text{ЧЗЭ}(t) & = 4,50382 - 0,11514\ln\text{КУРДОЛ}(t) - 0,00027\ln\text{ИТГП}(t) + 0,000212\ln\text{ИЦСХ}(t) + 0,015378\ln\text{МЦГАЗ}(t) + 0,005936t; \\
 \ln\text{ЧБР}(t) & = 9,454578 - 1,49727\ln\text{ПРР}(t) - 0,50553\ln\text{ОТКУРДЕ}(t) - 0,00044\ln\text{ИЦПТ}(t) + 0,240226\ln\text{РПРУБО}(t - 1) + \\
 & + 0,104548\ln\text{МЦНЕФЮ}(t) + 0,000116\ln\text{ИПДОБ}(t) - 0,01295\ln\text{ОТРКОЖ}(t) + 0,000519\ln\text{ИПЭГВ}(t) - 0,000066\ln\text{ИТГП}(t) + \\
 & + 0,000869\ln\text{ОТРМЕТ}(t) + 0,00000118\ln\text{ЧБРРЕГ}(t) + 0,0000281\ln\text{ОТРПОБ}(t) - 0,000016\ln\text{ОТРМАШ}(t) - \\
 & - 0,0000013\ln\text{ОТРХИМ}(t) + 0,00000072\ln\text{ПСХ}(t) + 0,018941t;
 \end{aligned}$$

$$\ln\text{ЧБРРЕГ}(t) = 19,45238 - 2,24328\ln\text{ПРР}(t) + 0,853762\ln\text{ОТРПМП}(t) - 0,17757\ln\text{МЦГАЗ}(t) - 0,20668\ln\text{ОТРДЕР}(t) + \\ + 0,004341\ln\text{ПСХ}(t) + 0,000199\ln\text{ОТРКНП}(t) + 0,000000767\ln\text{ИЦСХ}(t) - 0,000047\ln\text{ОТРТРС}(t) - 0,00000046\ln\text{ИЦПТ}(t) + \\ + 0,0000212\ln\text{ОТКУРДЕ}(t) + 0,000000153\ln\text{ОТРЭГВ}(t) + 0,000000314\ln\text{ОТРКОЖ}(t) - 0,00000032\ln\text{ОТРППИ}(t) + \\ + 0,000000109\ln\text{ОТРХИМ}(t) + 0,000000254\ln\text{ОТРПИЩ}(t) + 0,025718t;$$

$$\ln\text{ПРР}(t) = 9,279124 + 0,663912\ln\text{ОТРТРС}(t) - 0,01197\ln\text{ИПДОБ}(t) + 1,024869\ln\text{ОТРПМП}(t) - 2,11516\ln\text{ОТРПОБ}(t) + \\ + 0,002872\ln\text{ИПЭГВ}(t) - 0,03391\ln\text{ОТРТЕК}(t) - 0,01645\ln\text{ОТРРЕЗ}(t) + 0,015902\ln\text{ОТРХИМ}(t) + 0,129412t;$$

$$\ln\text{ГОТ}(t) = 7,364133 + 0,237708\ln\text{ОТРТРС}(t) + 0,054356\ln\text{ОТКУРДЕ}(t) - 0,00053\ln\text{ИЦПТ}(t) - 0,04027\ln\text{ПСХ}(t) - \\ - 0,05161\ln\text{ОТЭКСИМ}(t) + 0,04568\ln\text{ОТРЭГВ}(t) - 0,06395\ln\text{ОТРПИЩ}(t) + 0,030599\ln\text{ООП}(t) + 0,000126\ln\text{ИПДОБ}(t) - \\ - 0,00302\ln\text{МЦГАЗ}(t) - 0,00021\ln\text{ОТРКНП}(t) + 0,0000927\ln\text{МЦНЕФЮ}(t) - 0,0000059\ln\text{ИЦПТ}(t) - 0,00000054\ln\text{ИТГП}(t) - \\ - 0,02907t;$$

$$\ln\text{ВЖД}(t) = -7,13916 + 1,648302\ln\text{КУРДОЛ}(t) + 0,967981\ln\text{ОТРПМП}(t) - 0,08908t;$$

$$\ln\text{ОТЭКСИМ}(t) = \ln\text{ЭКС}(t) - \ln\text{ИМ}(t);$$

$$\ln\text{ОТКУРДЕ}(t) = \ln\text{КУРДОЛ}(t) - \ln\text{КУРЕВР}(t);$$

$$\text{РЕНТР}(t) = -47,4039 - 3,3201\ln\text{ООТ}(t) + 5,149501\ln\text{ОТРППИ}(t) + 10,00813\ln\text{ОТРПИЩ}(t) - 0,0099\ln\text{ИТГП}(t) + \\ + 1,503051\ln\text{МЦГАЗ}(t) - 0,38145\ln\text{ОТРЭГВ}(t) + 0,11805\ln\text{ВЖД}(t) - 0,28345\ln\text{ПСХ}(t) - 0,55365\ln\text{ОТКУРДЕ}(t) + \\ + 0,084585\ln\text{ОТРТЕК}(t) + 0,002022\ln\text{РПРУБО}(t) + 0,008201\ln\text{ОТРМЕТ}(t) + 0,005239\ln\text{КЗО}(t) - 0,01305\ln\text{ОТРРЕЗ}(t) - \\ - 0,00205\ln\text{ОТРХИМ}(t) + 0,003302\ln\text{ЧЗЭ}(t) - 0,00023\ln\text{ОТРЭЛО}(t) - 0,00016\ln\text{ОТРМАШ}(t) + \\ + 0,0000533\ln\text{ОТРПМП}(t) + 0,00000879\ln\text{ОТРКНП}(t) + 0,000000182\ln\text{ИЦПТ}(t) - \\ - 0,00000012\ln\text{ИЦСХ}(t) + 0,0000107\ln\text{ОТРПОБ}(t) - 0,0000021\ln\text{ОТРКОЖ}(t) - 2,47682t;$$

$$\text{РЕНАКО}(t) = -175,947 + 20,87984\ln\text{ГОТ}(t) + 0,103493\ln\text{ИЦПТ}(t) + 4,97214\ln\text{ОТРКОЖ}(t) - 2,93442\ln\text{ОТРКНП}(t) + \\ + 0,792944\ln\text{ОТРРЕЗ}(t) - 0,09981\ln\text{ПСХ}(t) + 0,0003\ln\text{ИТГП}(t) - 0,16059\ln\text{ОТКУРДЕ}(t) - 0,07943\ln\text{КЗО}(t) + \\ + 0,014088\ln\text{ОРС}(t) - 0,00235\ln\text{ОТРЭГВ}(t) - 0,00066\ln\text{РПРУБО}(t) + 0,00091\ln\text{ДЗО}(t) + 0,0000035\ln\text{ИЦСХ}(t) - \\ - 0,0001\ln\text{ОТРБУМ}(t) - 0,0000024\ln\text{ОТРППИ}(t) + 0,000000661\ln\text{ОТРТРС}(t) - 0,40419t;$$

$$\text{СТКРОКР}(t) = -30,8777 + 18,20898\ln\text{КУРЕВР}(t) + 3,233982\ln\text{КРОКР}(t-1) - 4,21647\ln\text{РПРУБО}(t) - \\ - 1,47713\ln\text{МЦНЕФЮ}(t) - 0,20021\text{СТРЕФ}(t) - 0,75219t;$$

$$\text{СТКРОДЛ}(t) = -27,0315 + 14,90654\ln\text{КУРЕВР}(t) + 4,625656\ln\text{МЦГАЗ}(t) - 0,63402\ln\text{НОРЮЛ}(t) + 5,37856\ln\text{КЗО}(t-1) - \\ - 15,7491\ln\text{ДЗО}(t) + 6,05661\ln\text{КРОДЛ}(t) + 1,574457\ln\text{РПРУБО}(t) - 0,7513t;$$

$$\text{ИПП}(t) = 203,595 - 51,8443\ln\text{НСПСУБ}(t-1) + 26,88856\ln\text{ОТРРЕЗ}(t) + 15,92357\ln\text{НЗР}(t) - 1,86864\ln\text{ПСХ}(t) + \\ + 2,384718\ln\text{ВЖД}(t) + 1,409157\ln\text{КУРДОЛ}(t) + 0,719295t;$$

$$\text{ИПДОБ}(t) = 233,5436 - 33,5359\ln\text{НСПСУБ}(t-1) + 28,50591\ln\text{ООП}(t) + 0,011882\ln\text{ИЦПТ}(t) - 7,6126\ln\text{ОТРКНП}(t) - \\ - 1,17487\ln\text{НПОФЕД}(t) + 0,291652\ln\text{ОТРЭГВ}(t) - 0,01213\ln\text{ИЩ}(t) + 0,282503\ln\text{ОТРМАШ}(t) - 0,15273\ln\text{ОТРЭЛО}(t) + \\ + 0,146098\ln\text{КУРДОЛ}(t) + 0,00000041\ln\text{ИТГП}(t) + 2,100169t;$$

$$\text{ИПОБР}(t) = 221,3223 - 91,4756\ln\text{НСПСУБ}(t-1) + 102,7831\ln\text{ОТРБУМ}(t) - 3,03181\ln\text{НСПФЕД}(t) + 1,441073t;$$

$$\text{ИПЭГВ}(t) = 9,977734 - 1,14243\text{СТРЕФ}(t) - 0,13112\ln\text{ИЦПТ}(t) + 37,20311\ln\text{ОТКУРДЕ}(t) + 16,44419\ln\text{ОТРЭГВ}(t) + \\ + 3,2199\ln\text{НСПСУБ}(t) + 0,212746\ln\text{ОТРППИ}(t) - 0,04092\ln\text{НПОФЕД}(t) + 0,02483\ln\text{МЦГАЗ}(t) - 0,03331\ln\text{ДЗО}(t) + \\ + 0,019474\ln\text{ОТРЭЛО}(t) + 0,000876\ln\text{ОТРППИ}(t) - 0,00047\ln\text{ОТРТРС}(t) + 0,00000234\ln\text{ИТГП}(t) - 0,000096\ln\text{ИЩ}(t) + \\ + 0,00348\ln\text{ОРС}(t) - 0,00348\ln\text{ООТО}(t) + 0,00021\ln\text{ОТРХИМ}(t) + 0,0000606\ln\text{ОТРМАШ}(t) + \\ + 0,0000115\ln\text{НСПСУБ}(t-1) - 0,000016\ln\text{ВЖД}(t) + 0,00007\ln\text{ЧЗЭ}(t) + 0,0000000169\ln\text{ИЦСХ}(t) - \\ - 0,0000031\ln\text{ИНОК}(t-1) - 3,51893t;$$

$$\text{ИЦПТ}(t) = 536,9113 - 10,5188\text{СТРЕФ}(t) - 0,34569\ln\text{ИТГП}(t) - 33,2243\ln\text{МЦНЕФЮ}(t) - 1,46933\ln\text{ИПЭГВ}(t) + \\ + 7,089327\ln\text{ОТРКНП}(t) + 4,983105\ln\text{КУРДОЛ}(t) - 6,87181t;$$

$$\text{ИЦСХ}(t) = 86,63965 - 176,306\ln\text{ОТЭКСИМ}(t) + 1,089359\ln\text{ИПДОБ}(t) + 1,611083\ln\text{ИЦСП}(t) - 66,5603\ln\text{ПСХ}(t) + \\ + 89,81505\ln\text{КУРДОЛ}(t) + 0,802641\ln\text{РПРУБО}(t) - 0,00779\ln\text{ИТГП}(t) + 0,420471\ln\text{ОТРХИМ}(t) + 0,024293\ln\text{ИПЭГВ}(t) + \\ + 0,120695\text{СТРЕФ}(t) - 0,29391\ln\text{КРОКР}(t) + 0,27869\ln\text{КУРЕВР}(t) + 0,158982\ln\text{ОТРМАШ}(t) + \\ + 0,174446\ln\text{ОТРТРС}(t) + 0,177187\ln\text{ОТРЭЛО}(t) - 0,000063\ln\text{ОТРКНП}(t) + 2,883764t;$$

$$\text{ИЦСП}(t) = -83,9214 + 45,90012\ln\text{ОТРДЕР}(t) + 0,127522\ln\text{ИТГП}(t) - 4,19742\ln\text{МЦГАЗ}(t) - 5,12195t;$$

$$\text{ИТГП}(t) = 1349,167 - 20,419\text{СТРЕФ}(t) - 0,53786\ln\text{ИЦПТ}(t) - 75,7015\ln\text{РПРУБО}(t) - 26,5212\ln\text{ОТРТЕК}(t) - \\ - 24,2882\ln\text{КУРЕВР}(t) - 10,5969\ln\text{ПСХ}(t) - 1,98123t;$$

$$\text{ИЩ}(t) = -50,5839 + 12,92885\ln\text{ООП}(t) + 0,039664\ln\text{ИТГП}(t) - 9,23588\ln\text{ОТРКОЖ}(t) - 4,62289\ln\text{ЧБР}(t) - \\ - 2,5642\ln\text{МЦГАЗ}(t) + 0,451975\text{СТРЕФ}(t) + 0,026098\ln\text{ИЦСХ}(t) + 12,09915\ln\text{ОТРТРС}(t) + 29,06369\ln\text{КУРЕВР}(t) - \\ - 6,01986\ln\text{ПСХ}(t) - 0,02075\ln\text{ИЦПТ}(t) + 0,25191\ln\text{ОТРБУМ}(t) - 0,01576\ln\text{ОТРКНП}(t) + 0,007033\ln\text{ОТРТЕК}(t) - \\ - 0,01021\ln\text{РПРУБО}(t) + 0,00936\ln\text{КРФЛ}(t) - 0,14423\ln\text{НЗР}(t) + 0,07279\ln\text{ОТРПИЩ}(t) + 0,092148\ln\text{ДРН}(t) - 3,13456t.$$

ОО прогнозных значений от фактических изменяется от 0,004970 % для продукции сельского хозяйства до 0,496315 % для численности безработных, зарегистрированных в службе занятости, а в среднем по всем показателям составляет 0,137662 %.

Из сформированной макромоделю можно сделать некоторые выводы о развитии российского рынка ИКТ. Важнейшим фактором для ИКТ является производство средств вычислительной техники, которое, согласно [7], учитывается в составе показателя ОТРЭЛО. Рассмотрим показатели, взаимосвязанные с ОТРЭЛО, то есть, являющиеся факторами-аргументами его модели и факторами-функциями, в моделях которых он присутствует как фактор-аргумент.

Всего в модели ОТРЭЛО имеется 24 фактора-аргумента, из которых подробно рассмотрим первые семь (они вошли в основное уравнение и два первых дополнительных). Такими факторами являются следующие: ЧЗЭ, ОТРЭГВ, КУРЕВР, ПРР, КРОКР, КРОДЛ (с лагом в один год), ИЦПТ. Рост показателей ЧЗЭ, ОТРЭГВ и ИЦПТ положительно воздействует на ОТРЭЛО (например, рост ЧЗЭ на 1 % привел бы к росту ОТРЭЛО на 13,437 %, а такой же рост ОТРЭГВ — на 0,661 %), а четырех других — отрицательно (например, рост КУРЕВР на 1 % вызвал бы снижение ОТРЭЛО на 0,642 %).

Сам показатель ОТРЭЛО входит в модели 16 факторов-функций, из которых подробно рассмотрим восемь (в уравнениях этих моделей ОТРЭЛО находится на местах не ниже десятого). Такими факторами являются следующие: ОТРБУМ, ОТРМЕТ, ОТРЭГВ, ОТРРЕЗ, ДБС, ИПДОБ, ОТРПМП, ИПЭГВ. Рост ОТРЭЛО отрицательно влияет на ДБС и ИПДОБ и положительно — на шесть других факторов (например, рост ОТРЭЛО на 1 % привел бы к росту ОТРБУМ на 0,476 %, а ОТРМЕТ — на 0,920 %).

5. Прогнозирование показателей на перспективу до 2020 г.

При прогнозировании показателей на перспективу (2013–2020 гг.) множество экзогенных показателей было разделено на две группы: фиксированных (МЦНЕФЮ, МЦГАЗ, УЦЗОЛ) и свободных (СТРЕФ и НОРЮЛ). Для каждого показателя, кроме фиксированных экзогенных, была построена упрощенная модель его зависимости от времени в расчетном периоде, по которой были вычислены его средние, а также минимально и максимально допустимые значения в годах периода прогнозирования.

Уравнение упрощенной модели имело вид (2) и содержало одну функцию времени. Эти функции выбирались из множества G_p ($G_p \subset G$), полученного

из множества G путем сохранения только тех из функций вида $t^\alpha \cdot \sin((2\pi/q)t^\beta)$ и $t^\alpha \cdot \cos((2\pi/q)t^\beta)$, у которых значения параметров β и q таковы: $\beta = 1$; $q = 2$; 3; 4. Для включения в модель сначала выбиралась функция с наибольшим по модулю коэффициентом корреляции с моделируемым показателем. Если его вычисленные средние значения в 2013–2020 гг. были далеки от реально возможных, то в модель включалась другая функция. Минимально и максимально допустимые значения показателя в 2013–2020 гг. получались умножением средних значений на некоторые коэффициенты (например, в представленном далее варианте равные, соответственно, 0,95 и 1,05 для любого показателя).

В каждом варианте прогнозирования сначала задавались значения фиксированных экзогенных показателей в 2013–2020 гг., а затем, последовательно, по годам (на каждый год — в два этапа), выполнялось прогнозирование остальных показателей.

На первом этапе происходило раздельное прогнозирование эндогенных показателей. Сначала вычислялись их прогнозные значения по формулам с применением, в зависимости от форм их представления, одной из формул (11)–(12), в которых полагалось $c_{it}(t) = 0$, так как расчетные значения остаточных членов моделей для прогнозирования на перспективу использовать нецелесообразно. При расчетах по формулам в качестве прогнозных значений экзогенных показателей в данном году использовались заданные значения для фиксированных и средние значения для свободных.

Затем вычислялись предварительные прогнозные значения показателей. Если прогнозные значения по формуле было меньше минимально допустимого, больше максимально допустимого или находилось между этими значениями, то предварительное прогнозные значения полагались равным, соответственно, минимально допустимому, максимально допустимому или прогнозируемому значению по формуле.

Наконец, вычислялись окончательные прогнозные значения показателей. Каждое из них было линейной комбинацией прогнозного значения показателя по формуле и его среднего значения с коэффициентами, сумма которых равнялась единице. Коэффициент при прогножном значении по формуле получался так: сначала вычислялось его начальное значение, равное единице при совпадении прогнозного значения по формуле и среднего значения, а иначе — отношении разности предварительного прогнозного значения и среднего значения к разности прогнозного значения по формуле и среднего значения, затем — его окончательное значение, получавшееся возведением числа 2 в степень, равную целой части логарифма начального значения коэффициента по основанию 2. Итак, этот коэффициент мог принимать следующие значения: 1; 0,5; 0,25 и т. д.

На втором этапе эндогенные и свободные экзогенные показатели прогнозировались совместно, путем решения задачи максимизации суммы начальных значений коэффициентов при прогнозных значениях эндогенных показателей по формулам. Цель такого решения — максимально полный учет таких прогнозных значений. В процессе решения могли изменяться только прогнозные значения свободных экзогенных показателей, ограничениями задачи были минимально и максимально допустимые значения этих показателей, средние значения которых считались их начальными прогнозными значениями. В результате решения определялись прогнозные значения свободных экзогенных показателей и начальные значения коэффициентов при прогнозных значениях эндогенных показателей по формулам. Затем вычислялись окончательные значения этих коэффициентов и окончательные прогнозные значения эндогенных показателей.

Далее представлены результаты одного варианта прогнозирования показателей на перспективу. В нем для расчета значений фиксированных экзогенных показателей применялись упрощенные модели их зависимостей от времени, построенные так же, как и аналогичные модели для других показателей. Эти модели имеют следующий вид:

$$\text{МЦНЕФЮ}(t) = 16,35389 + 7,348333t;$$

$$\text{МЦГАЗ}(t) = 428,7273 - 5125,83/t^2;$$

$$\text{УЦЗОЛ}(t) = -1872,89 + 966,8034t^{0,5}.$$

Результаты прогнозирования экзогенных показателей макромоделей на четыре года периода прогнозирования на перспективу представлены в табл. 1.

Результаты прогнозирования эндогенных показателей макромоделей на те же четыре года представлены в табл. 2.

Таблица 1

Результаты прогнозирования на перспективу экзогенных показателей макромоделей

Обозначение показателя	Единица измерения	Прогнозы			
		2013 г.	2015 г.	2017 г.	2020 г.
МЦНЕФЮ	дол./бар.	111,8822	126,5789	141,2756	163,3206
МЦГАЗ	дол./т. куб. м	398,3970	405,9459	410,9909	415,9127
УЦЗОЛ	руб./г	1612,966	1871,520	2113,340	2450,783
СТРЕФ	%	7,407221	6,695098	6,072239	5,817535
НОРЮЛ	%	4,433906	4,822127	5,164562	6,203544

Таблица 2

Результаты прогнозирования на перспективу эндогенных показателей макромоделей

Обозначение показателя	Единица измерения	Прогнозы			
		2013 г.	2015 г.	2017 г.	2020 г.
ВВП	млрд руб.	69164,91	81212,41	91989,75	100405,7
ИНОК	млрд руб.	13652,96	15506,43	17359,31	18739,10
ОТРТПИ	млрд руб.	8585,702	10099,53	11640,00	14161,72
ОТРППИ	млрд руб.	1089,853	1300,567	1464,522	1656,507
ОТРПИЩ	млрд руб.	4325,807	5111,539	5733,129	6449,195
ОТРТЕК	млрд руб.	242,3317	273,4944	301,9253	326,3033
ОТРКОЖ	млрд руб.	53,03645	59,00630	65,42874	68,75248
ОТРДЕР	млрд руб.	338,5313	387,0682	429,2605	458,0933
ОТРБУМ	млрд руб.	775,1509	861,4124	932,2890	994,0736
ОТРКНП	млрд руб.	5341,421	6529,600	7814,210	10580,28
ОТРХИМ	млрд руб.	1884,058	2222,052	2509,776	3009,954
ОТРРЕЗ	млрд руб.	671,7559	785,8176	884,0275	992,3063
ОТРПМП	млрд руб.	1166,267	1248,193	1328,582	1351,513
ОТРМЕТ	млрд руб.	4120,763	4352,089	4681,663	4660,760
ОТРМАШ	млрд руб.	1303,344	1435,042	1602,915	1691,883
ОТРЭЛО	млрд руб.	1499,319	1751,673	2023,334	2220,248
ОТРТРС	млрд руб.	2623,394	3183,678	3949,004	4755,059
ОТРПОБ	млрд руб.	1195,637	1390,998	1602,377	1776,719
ОТРЭГВ	млрд руб.	4616,199	5297,341	6052,148	6718,104
ПСХ	млрд руб.	3724,381	4201,226	4603,351	5183,754

Обозначение показателя	Единица измерения	Прогнозы			
		2013 г.	2015 г.	2017 г.	2020 г.
ОРС	млрд руб.	6086,996	6745,603	7410,959	7537,112
ОРТ	млрд руб.	23971,09	28657,49	33160,45	36623,50
ООП	млрд руб.	1164,246	1355,944	1566,410	1737,097
ОПУ	млрд руб.	6797,850	7803,812	8911,702	9821,135
ООТ	млрд руб.	46089,03	51770,32	57535,27	61556,24
ООТО	млрд руб.	37427,22	41951,75	46561,78	49505,97
ДФБ	млрд руб.	12944,24	14556,85	16235,54	17056,30
ДБС	млрд руб.	8620,552	9399,938	10174,69	10456,62
НСПФЕД	млрд руб.	4813,022	5268,744	5799,989	6919,200
НСПСУБ	млрд руб.	6219,648	6853,427	7657,290	8047,127
НПОФЕД	млрд руб.	326,5249	271,7029	216,7394	124,7255
НПОСУБ	млрд руб.	1910,816	1953,983	2037,116	1967,114
РПРУБО	млрд руб.	7114,620	7954,939	8651,457	10476,07
ДМ	млрд руб.	31326,62	37716,07	44664,57	50331,60
ДМНАЛ	млрд руб.	7169,369	8473,941	9872,905	10882,98
КРОКР	млрд руб.	6027,852	6447,636	6857,550	7000,786
КРОДЛ	млрд руб.	16341,63	19431,38	22031,84	24506,50
КРФЛ	млрд руб.	8615,102	10601,81	12662,10	15616,01
КЗО	млрд руб.	27298,48	32820,72	37945,30	42839,05
ДЗО	млрд руб.	27038,39	32170,66	36933,06	41770,69
ДДН	млрд руб.	44714,19	53196,67	61245,43	67405,38
ДРН	млрд руб.	44305,99	52691,10	60729,80	67385,09
ЭКС	млрд дол.	552,9035	610,6831	656,3986	691,8177
ИМ	млрд дол.	359,9084	396,1282	442,1567	460,1893
КУРДОЛ	руб.	30,83264	33,91310	37,24071	47,14624
КУРЕВР	руб.	40,77004	42,01927	42,61045	47,23382
НЗР	руб.	30146,71	36013,28	41679,80	46308,99
ДДД	руб.	26370,84	30656,06	35284,00	38993,13
ПРД	руб.	19087,05	22807,77	26373,34	29166,56
ЧЗЭ	млн чел.	73,59602	73,41528	74,11165	69,44808
ЧБР	млн чел.	4,702325	4,474701	4,258533	3,635505
ЧБРРЕГ	тыс. чел.	1310,356	1169,600	1033,912	811,7240
ПРР	тыс. чел.	1559,625	1804,400	2101,119	2764,477
ГОТ	млрд ткм	4920,175	4977,626	5274,950	6208,693
ВЖД	млн кв. м	68,26305	69,40151	69,15973	64,79729
ОТЭКСИМ	отнош.	1,536234	1,541630	1,484538	1,503333
ОТКУРДЕ	отнош.	0,756257	0,807085	0,873981	0,998146
РЕНТР	%	9,622807	8,522076	7,159668	6,071536
РЕНАКО	%	5,843974	5,287771	4,848605	4,176308
СТКРОКР	%	9,504070	9,114781	8,653144	8,954148
СТКРОДЛ	%	10,92042	10,62231	10,46628	10,64964
ИПП	% к пред.	109,4097	102,7900	108,8422	101,3289
ИПДОБ	% к пред.	106,0096	102,8740	105,9395	97,62003
ИПОБР	% к пред.	109,0888	103,5549	108,6249	100,9312
ИПЭГВ	% к пред.	95,80316	94,46290	95,02782	102,9425
ИЦПТ	% к пред.	108,1937	106,1722	107,6478	112,5996
ИЦСХ	% к пред.	105,0173	101,7394	99,48818	123,5914
ИЦСП	% к пред.	108,0007	105,2813	103,6436	93,96912
ИТГП	% к пред.	109,1538	109,9853	107,2124	121,5937
ИПЦ	% к пред.	102,8253	101,0851	105,1722	106,2771

Из представленных результатов следует, что в 2014–2020 гг. из экзогенных показателей быстрее всего могут расти учетная цена золота (6,158 % в год) и мировая цена нефти Юралс (5,553 % в год), из эндогенных показателей подобным свойством обладают ОТР по производству кокса и нефтепродуктов (10,257 % в год) и кредиты, предоставленные физическим лицам (8,868 % в год), а быстрее всего из этих показателей может убывать налог на прибыль организаций в федеральном бюджете (–12,845 % в год).

Заключение

В результате исследования построена модернизированная макромоделю российской экономики. В ней полнее, чем ранее, учтены показатели по различным видам экономической деятельности, прежде всего, — промышленного производства. Выявлено, что на рост производства электрооборудования, электронного и оптического оборудования (основы аппаратных средств ИКТ) сильнее всего влияют рост численности занятых в экономике и рост ОТР по производству и распределению электроэнергии, газа и воды, а сам рост этого производства существенно важен для роста ОТР по целлюлозно-бумаж-

ному производству, издательской и полиграфической деятельности, а также ОТР по металлургическому производству и производству готовых металлических изделий. Макромодель успешно тестирована применительно к краткосрочному прогнозированию экономической динамики России. Также выполнено прогнозирование показателей макромоделю на перспективу с применением специально разработанной методики.

Литература

1. Галин Д. М., Сумарокова И. В. Макромодель экономики России, включающая блок информационных технологий // Труды ИСА РАН. 2014. Т. 64. Вып. 3.
2. Галин Д. М., Сумарокова И. В. Модели современной экономической динамики России и ее регионов // Труды ИСА РАН. 2012. Т. 62. Вып. 4.
3. Галин Д. М., Сумарокова И. В. Модели экономики федеральных округов и субъектов Российской Федерации // Труды ИСА РАН. 2013. Т. 63. Вып. 2.
4. Гантмахер Ф. Р. Теория матриц. М.: Наука, 1966.
5. Джонстон Дж. Эконометрические методы. М.: Статистика, 1980.
6. [Электронный ресурс] www.cbr.ru
7. [Электронный ресурс] www.gks.ru

Галин Дмитрий Михайлович. С. н. с. ИСА РАН. К. э. н. Окончил в 1973 г. МГУ. Количество печатных работ: 21. Область научных интересов: математические и инструментальные методы экономики, моделирование экономической динамики. E-mail: zavelsky@isa.ru

Сумарокова Ирина Владимировна. Техник 1-й категории ИСА РАН. Окончила Медицинское училище № 1 г. Москвы в 1984 г. и компьютерные курсы в 1998 г. Количество печатных работ: 4. Область научных интересов: математические и инструментальные методы экономики. E-mail: zavelsky@isa.ru