

УДК 519:330

Б. Г. ИЛЬЯСОВ, И. В. ДЕГТЯРЕВА, Е. А. МАКАРОВА, Э. Р. ГАБДУЛЛИНА**МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕРАВНОВЕСНЫХ ВОСПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ МАКРОЭКОНОМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ**

Предложен подход к решению проблемы исследования динамики неравновесных воспроизводственных процессов на макроэкономическом уровне. Разработаны когнитивная, функциональная и динамическая модели воспроизводственного процесса макроэкономической системы (МЭС), позволяющие анализировать динамику неравновесных воспроизводственных процессов МЭС с учетом накопления запасов финансовых ресурсов. Представлены сценарии развития неравновесных ситуаций и восстановления равновесия при различных вариантах управления. *Кругооборот финансовых потоков, воспроизводственный процесс; макроэкономическая система; динамическая модель; неравновесные процессы*

ВВЕДЕНИЕ

Происходящие в современной российской экономике преобразования, связанные с формированием новой социально-экономической системы с рыночными отношениями, вызывают настоятельную потребность в исследовании макроэкономических закономерностей функционирования экономики в целом. Одной из проблем, решаемых в этой области, является проблема анализа динамики воспроизводственных процессов на государственном и региональном уровнях с целью обеспечения сбалансированности обращающихся в экономике потоков благ на всех этапах своего движения [1].

В настоящее время для решения обозначенной проблемы ведутся работы по созданию экономико-математических моделей и программных инструментариев для решения целого спектра задач макроэкономического анализа воспроизводственных процессов. Для задач анализа пропорций воспроизводственного процесса и механизмов распределения финансовых потоков по отдельным периодам времени (например, годам) разрабатываются статические модели на основе моделей межотраслевого баланса (МОБ), общего экономического равновесия, при этом зачастую привлекается статистический инструментарий [2, 3]. Для задач анализа динамики воспроизводственных процессов разрабатываются динамические модели с использованием моделей системной динамики, моделей равновесной экономической динамики, дина-

мического МОБ [3, 4]. Однако в силу сложности исследуемого объекта и многогранности решаемой проблемы некоторые особенности динамики воспроизводственных процессов не нашли полного отражения в разрабатываемых модельных комплексах. В частности, недостаточное внимание уделяется вопросам исследования динамики неравновесных процессов взаимосвязанного формирования потоков доходов и расходов, накопления, потребления, сбережения, инвестиций в условиях стремления к восстановлению баланса потоков с учетом накопления финансовых запасов.

Для решения задачи обеспечения информационно-аналитической поддержки в исследовании динамики неравновесных воспроизводственных процессов и принятия решения по обеспечению сбалансированности финансовых потоков разрабатывается информационная система имитационного моделирования на базе динамических моделей воспроизводственного процесса макроэкономической системы (МЭС).

1. КОНЦЕПЦИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ И МОДЕЛИРОВАНИЯ ВОСПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА МЭС

Концепция исследования и системного моделирования воспроизводственного процесса МЭС формируется на основе системного, динамического и сценарного подходов.

Применение системного подхода предлагает описание закономерностей функцио-

нирования МЭС как результата взаимосвязанной деятельности ее элементов, подчиненной единой общесистемной цели. Особенность применения системного подхода заключается в том, что выполнение первоначальной структуризации МЭС включает следующие два этапа.

На первом этапе структура МЭС рассматривается как множество макроэкономических агентов (МЭА), взаимосвязанных с помощью циркулирующих между ними финансовых потоков [1]. Результатом первого этапа декомпозиции МЭС является когнитивная модель воспроизводственного процесса МЭС. Назначение когнитивной модели заключается в выявлении множества замкнутых контуров формирования доходов и расходов всех МЭА, образующих макроэкономический кругооборот финансовых потоков МЭС. Выделение взаимосвязанных контуров позволяет с системных позиций подойти, во-первых, к исследованию локальных путей (цепочек) распространения возмущений, порождающих различные мультипликативные макроэкономические эффекты; и, во-вторых, к исследованию параллельных путей распространения возмущений по нескольким контурам одновременно с целью выявления кумулятивного (синергетического) эффекта от их одновременного действия [4]. Отметим, что движение потоков материальных благ, противоположное по направлению движения финансовых потоков в макроэкономическом кругообороте, не рассматривается.

На втором этапе декомпозиции структуры МЭС для каждого макроэкономического агента определяется множество выполняемых функциональных процессов. Результатом этого этапа является множество иерархически упорядоченных функциональных схем, состоящих из взаимосвязанных элементов-процессов, образующих воспроизводственный процесс МЭС. Связи между процессами также представлены финансовыми потоками, причем каждый элементарный процесс выполняет некоторое преобразование входного потока в выходной. Назначение функциональных схем заключается в обеспечении перехода от структурно-функционального описания воспроизводственного процесса МЭС к системному описанию динамических особенностей кругооборота финансовых потоков, образующего воспроизводственный процесс МЭС.

Применение динамического подхода предполагает описание динамических свойств функционирования МЭС с учетом изменя-

ющихся во времени управляющих и возмущающих воздействий. Отметим, что описание динамики воспроизводственного процесса МЭС ведется в соответствии с основными макроэкономическими тождествами и имеет ряд особенностей [1, 2].

1) Исследуются динамически неравновесные режимы протекания воспроизводственных процессов МЭС в условиях предположения о существовании динамически равновесного состояния.

Динамически равновесный, или установившийся, режим соответствует такому функционированию МЭС, при котором процессы производства, обмена, распределения и потребления, образующие воспроизводственный процесс МЭС, протекают с установившимися темпами потоков, которые сбалансированы по расходам и доходам всех макроэкономических агентов. Для динамически равновесного режима МЭС справедливы известные макроэкономические тождества, определяющие соотношения между темпами потоков расхода и дохода, инвестирования и сбережения и т. д. [3].

Динамически равновесный режим функционирования МЭС является некоторой идеализацией состояния МЭС и в реальности может возникать лишь кратковременно как точка перехода при движении МЭС на множестве неравновесных состояний вследствие постоянно возникающих изменений разнообразных факторов (условий производства, состояния рынков). Реальное равновесие МЭС — это динамическое равновесие в некоторой области, определяемой постоянными колебаниями вокруг некоторого идеального состояния равновесия.

Динамически неравновесный режим соответствует процессу перехода МЭС из одного динамически равновесного состояния, нарушенного действием различных факторов, к другому динамически равновесному состоянию. Поведение системы на неравновесных режимах функционирования определяется динамическими свойствами ее элементов и связей между ними и, как следствие, оказывает влияние как на формирование нового равновесного состояния, так и на форму и время перехода к этому состоянию.

Отметим, что знания о состояниях равновесия МЭС используются для исследования тенденций движения системы на множестве неравновесных состояний, при этом они служат ориентиром как при выявлении причин нарушения равновесия в прошлом, так

и при формировании управляющих воздействий при движении к новому равновесному состоянию в будущем.

2) Динамика макроэкономического кругооборота финансовых потоков описывается с помощью взаимосвязанного изменения во времени *показателей* потоков и запасов. В качестве показателей потоков рассматриваются темпы (скорости) движения потоков, показателями запасов являются объемы накопленных финансовых ресурсов.

Анализ взаимообусловленности изменения во времени *финансовых потоков* и запасов предполагает, что необходимо учитывать не только влияние потоков на изменение запасов, но и обратное воздействие размера накопленных запасов ресурсов на формирование потоков. Отметим, что если прямое влияние потоков на запасы отражается при моделировании потоковыми связями, то обратное влияние запасов на потоки носит информационный характер и служит основой для принятия решений МЭА о корректировке темпов расходования накопленных запасов ресурсов.

Вследствие неравновесности процессов кругооборота МЭС запасы макроэкономических агентов могут подвергнуться таким существенным изменениям, что не учитывать их влияние было бы ошибочным. Возможны ситуации, когда запасы настолько уменьшились, что не позволяют поддерживать прежние темпы расходов МЭА. Либо, наоборот, запасы значительно возросли, поэтому возможен переход МЭА на новый более высокий уровень расходования финансовых ресурсов.

В качестве обобщения двух выделенных особенностей применения динамического подхода отметим, что *изменение запасов* возможно только на *динамически неравновесных режимах*, когда нарушается равновесие между темпами финансовых потоков. Именно в эти периоды макроэкономический агент имеет либо шанс «разбогатеть» при удачном управлении потоками, либо риск «обеднеть» – в случае неудач. Поэтому управление именно неравновесными процессами с учетом динамических особенностей перехода к новому состоянию равновесия определяет не только темпы кругооборота потоков МЭС, но и запасы макроэкономических агентов, которые, в свою очередь, также влияют на темпы потоков в рамках макроэкономического кругооборота.

Таким образом, исследование динамики неравновесных воспроизводственных процессов МЭС связано с исследованием вза-

имосвязанного изменения во времени трех системных факторов: темпов потоков, объемов запасов финансовых ресурсов и принятия решений по управлению каждым макроэкономическим агентом в отдельности, влияющих на динамику всего кругооборота потоков МЭС в целом. Взаимосвязь между перечисленными системными факторами целесообразно проиллюстрировать в виде триады (рис. 1).

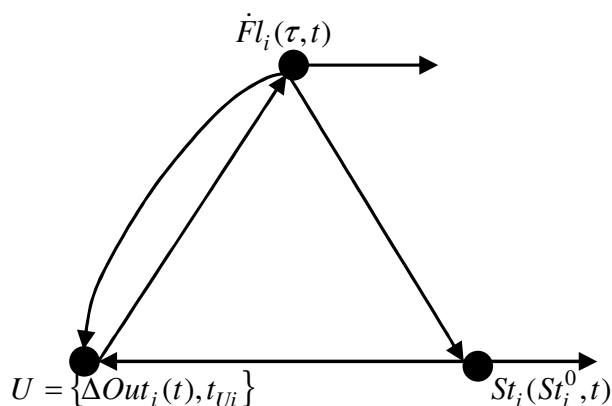


Рис. 1. Триада системных факторов, важных для исследования динамики неравновесных воспроизводственных процессов МЭС

Координатами, характеризующими состояние сложной динамической системы (*i*-го макроэкономического агента), являются объем запаса $St_i(t)$ и алгебраическая сумма темпов движения потоков (сальдо) $\dot{Fl}_i(t)$, которая вычисляется по формуле: $\dot{Fl}_i(t) = \dot{In}_i(t) - \dot{Out}_i(t)$, где $\dot{In}_i(t)$ и $\dot{Out}_i(t)$ – темпы суммарного входного потока (дохода) и выходного потока (расхода) *i*-го МЭА соответственно.

Объем запаса $St_i(t)$ является функцией времени и зависит от значения запаса $St_i^0(t)$ на начало периода исследования, а также от сальдо потоков $\dot{Fl}_i(t)$. Если сальдо положительное, то есть $\dot{Fl}_i(t) > 0$, то запас $St_i(t)$ растет, иначе – запас уменьшается. Сальдо потоков $\dot{Fl}_i(t)$, в свою очередь, зависит от динамических свойств МЭА τ , таких, например, как инерционность, чистое запаздывание в принятии решений, которые приводят к рассинхронизации темпов движения потоков и способствуют отдалению системы от состояния равновесия.

Обратное воздействие объема запаса на темп потоков представлено с помощью управления U . Формирование управляющих воздействий U основано на анализе потоков и запасов финансовых ресурсов, а также соотношения между ними. Управляющие воздействия заключаются, во-первых, в определе-

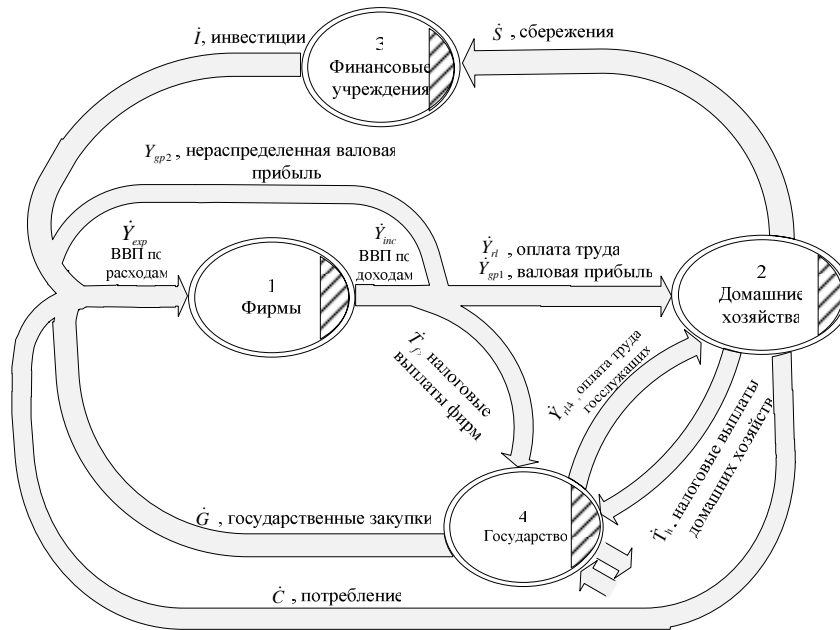


Рис. 2. Когнитивная модель воспроизводственного процесса МЭС

нии корректировок темпов движения выходных потоков $\{\Delta \dot{Out}_{ij}(t)\}$ по расходу ресурсов и, во-вторых, в выборе времени принятия решения t_{U_i} по их корректировке. Опережающее реагирование «умного» агента на изменяющуюся ситуацию позволяет сэкономить время и раньше скорректировать темп в нужном направлении. Своевременность принятия решения способствует тем самым либо компенсации потерь в ухудшающихся условиях, либо повышению доходов в благоприятных условиях.

Применение сценарного подхода предполагает генерацию с помощью когнитивной модели различных сценариев развития неравновесных ситуаций функционирования МЭС и проигрывание их на динамической модели с целью выявления закономерностей восстановления и поддержания равновесия при различных вариантах управления воспроизводственным процессом МЭС.

Перечисленные подходы к исследованию воспроизводственных процессов МЭС положены в основу построения когнитивной и динамической моделей воспроизводственного процесса МЭС.

2. КОГНИТИВНАЯ МОДЕЛЬ ВОСПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА МЭС

Цель функционирования МЭС, реализующей воспроизводственный процесс, состоит в обеспечении непрерывного сбалансированного движения благ и денег между макроэконо-

мическими агентами, обеспечивающего поддержание плановых темпов расходов и доходов для каждого из них и для всей системы в целом.

При построении когнитивной модели воспроизводственного процесса МЭС (рис. 2) в качестве концептов выделены следующие четыре макроэкономических агента: фирмы; домашние хозяйства; финансовые учреждения; государство [2, 4]. Взаимосвязи между названными секторами представлены финансовыми потоками, причем каждый сектор МЭС имеет входные потоки, образующие его доход, и выходные потоки, соответствующие расходам. Взаимосвязанная деятельность макроэкономических агентов в рамках МЭС, в процессе которой расходы одного агента становятся доходами одного или нескольких других агентов, охватывает все стадии воспроизводственного процесса (производства, распределения, обмена и потребления) и образует макроэкономический кругооборот финансовых потоков.

Рассматриваемые МЭА выполняют следующие функциональные процессы: фирмы выполняют процесс производства валового внутреннего продукта (ВВП) $\dot{Y}_{inc}(t)$; домохозяйства — процессы потребления полученных доходов $\dot{C}(t)$ и сбережения $\dot{S}(t)$ непоглощенной части дохода; финансовые учреждения — процесс формирования чистых инвестиций $\dot{I}_n(t)$; а государство — процессы формирования доходов государственного бюджета на основе налоговых и неналоговых поступлений $\dot{T}_f(t)$

от реального сектора и $\dot{T}_h(t)$ от сектора домохозяйств, а также формирования расходов $\dot{G}(t)$ в виде государственных закупок.

Необходимо отметить, что каждый макроэкономический агент является активным и интеллектуальным, и это определяется тем, что МЭА в каждый момент времени: имеет запас финансовых ресурсов (заштрихованная область концепта); планирует темпы своих расходов и их распределение в соответствии со своими целями; анализирует информацию о размере текущих запасов и темпах поступающих доходов, а также информацию о состоянии других МЭА и всей МЭС в целом; принимает решения по корректировке темпов расхода финансовых ресурсов на основе результатов анализа.

Отметим, что информационные связи, обеспечивающие своевременный обмен информацией между агентами при выполнении ими аналитических функций, представлены на функциональных схемах и динамических моделях воспроизводственного процесса МЭС; на когнитивной модели эти связи не показаны.

На динамически равновесном режиме функционирования МЭС для каждого i -го сектора должно соблюдаться равенство сумм темпов формирования доходов $\dot{In}_i(t)$ и расходов $\dot{Out}_i(t)$: $\dot{In}_i(t) = \dot{Out}_i(t)$. Из этого балансового тождества темпов движения потоков вытекают основные макроэкономические тождества: темпов совокупных доходов и расходов, инвестиций и сбережений, утечек и инъекций [2, 4].

Необходимо особо отметить эффект, получаемый при формировании балансового тождества для концепта «Фирмы». Сумма темпов доходов реального сектора запишется в виде: $\dot{In}_1(t) = \dot{C}(t) + \dot{I}_g(t) + \dot{G}(t)$, где темп формирования валовых инвестиций $\dot{I}_g(t)$ определяется по формуле: $\dot{I}_g(t) = \dot{I}(t) + \dot{Y}_{gp2}(t)$, а $\dot{Y}_{gp2}(t)$ представляет собой нераспределенную валовую прибыль фирм. Полученное выражение соответствует формуле расчета ВВП $\dot{Y}(t)$ по расходам и представляет собой совокупные расходы (относительно потребителей ВВП), составляющие конечный спрос. Сумма темпов расходов реального сектора представляется в виде: $\dot{Out}_1(t) = \dot{Y}_{rl}(t) + \dot{Y}_{gp1}(t) + \dot{T}_f(t) + \dot{Y}_{gp2}(t)$, где $\dot{Y}_{rl}(t)$ и $\dot{Y}_{gp1}(t)$ – темпы формирования заработной платы и валовой прибыли, передаваемых домохозяйствам соответственно. Эта формула соответствует расчету ВВП $\dot{Y}_{exp}(t)$ по распределе-

нию и определяет темпы совокупных доходов (также относительно потребителей ВВП). Из баланса темпов движения входных и выходных потоков и следует известное тождество совокупных расходов и совокупных доходов.

В целом балансовые тождества темпов движения потоков по всем элементам МЭС составляют основу статического расчета для разрабатываемой динамической модели воспроизводственного процесса МЭС.

Анализ структуры взаимосвязей концептов когнитивной модели позволяет выделить три замкнутых контура относительно начального концепта 1 «Фирмы», который является ключевым для исследования взаимовлияния контуров. Первый контур (цепочка концептов 1, 2, 1) соответствует процессу получения населением доходов и осуществления расходов с целью потребления произведенных благ. Этот контур является основным и охватывает взаимосвязанную деятельность двух системообразующих секторов МЭС. Два других контура являются корректирующими и формируют утечки и инъекции финансовых потоков относительно основного контура. Второй контур (цепочка концептов 1, 2, 3, 1) отражает процессы формирования сбережений (утечек) через сектор финансовых учреждений, осуществляющий расходы на инвестиции (инъекции). Третий контур (цепочка концептов 1, 2, 4, 1) соответствует вмешательству государства в распределение произведенного ВВП путем формирования налогов (утечек) и государственных расходов (инъекций).

Особенности динамики взаимодействия перечисленных контуров в рамках кругооборота потоков МЭС обусловлены созданием во втором и третьем контурах резервуаров накопленных финансовых ресурсов, служащих дополнительными источниками для обеспечения стабильного функционирования первого контура. При этом роль первого источника (сектора финансовых учреждений) состоит в обеспечении своевременной «подпитки» фирм инвестиционными средствами за счет накопленных сбережений; а роль второго источника (государственного бюджета) заключается в обеспечении «демпфирования» неблагоприятных макроэкономических ситуаций за счет перераспределения финансовых средств между секторами МЭС.

На основе когнитивной модели строится функциональная схема модели воспроизводственного процесса МЭС, на которой выделены пять динамических моделей: модель А1

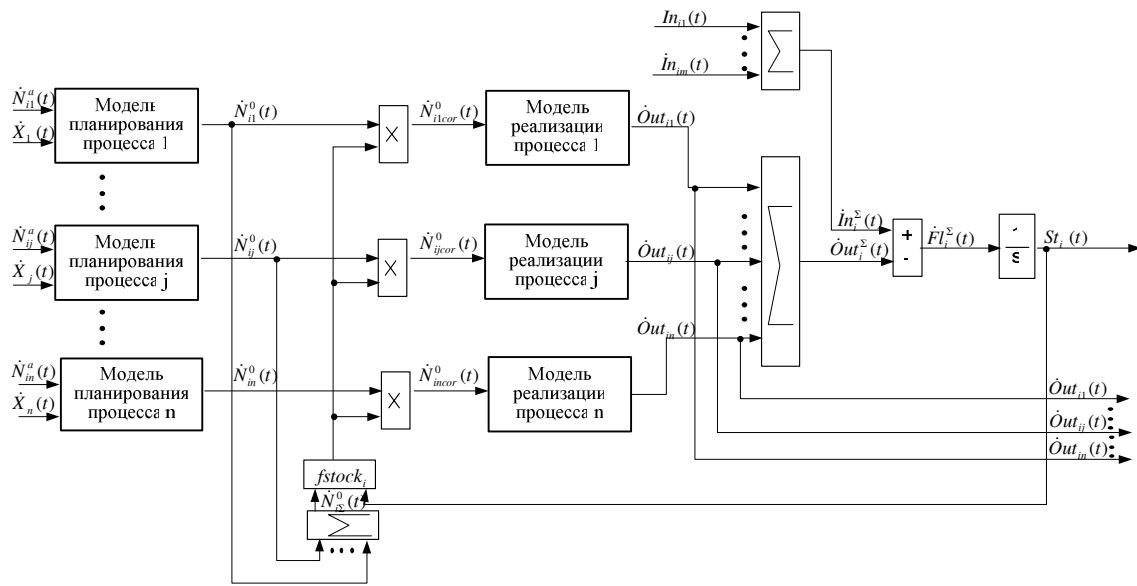


Рис. 3. Обобщенная функциональная схема модели деятельности макроэкономического агента

функционирования реального сектора МЭС; модель А2 функционирования домохозяйств; модель А3 функционирования сектора финансовых учреждений; модель А4 функционирования сектора государственных учреждений; модель А5 формирования совокупных расходов и макроэкономических показателей. Разработка перечисленных моделей ведется в классе дискретно-непрерывных нелинейных моделей с логическими элементами и базируется на принципах системного моделирования динамики, сформулированных в соответствии с предложенной концепцией.

3. ПРИНЦИПЫ СИСТЕМОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДИНАМИКИ ВОСПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА МЭС

Сформулированы следующие системные принципы, на основе которых строится динамическая модель воспроизводственного процесса МЭС.

1. Деятельность каждого макроэкономического агента (сектора) предполагает: получение доходов от других МЭА; выполнение в соответствии со своими целями (планами) некоторых функциональных процессов, требующих формирования расходов; накопление запасов и их использование в условиях разнотемповости потоков расходов и доходов на динамически неравновесных режимах; корректировка планов по расходу ресурсов в зависимости от запасов, а также от состояния других МЭА и всей МЭС в целом.

Согласно перечисленным процессам разработана обобщенная функциональная схема деятельности i -го макроэкономического аген-

та (рис. 3). На схеме деятельность МЭА представлена n параллельными процессами, формирующими n параллельных каналов расхода ресурсов с темпами $\dot{Out}_{i1}, \dots, \dot{Out}_{in}$. Модель каждого j -го процесса представлена последовательным соединением модели планирования и модели реализации j -го процесса с учетом корректировки плана, выполняемой нелинейной функцией f_{stock_i} , на основе анализа имеющихся на текущий момент времени запасов $St_i(t)$. Отметим, что доходы поступают от других МЭА по m параллельным каналам с темпами $\dot{In}_{i1}, \dots, \dot{In}_{im}$. Далее отметим общие принципы реализации некоторых компонентов представленной схемы.

2. Построение модели планирования j -го процесса ведется, исходя из следующих соображений.

Формирование планов по расходу финансовых ресурсов МЭА осуществляется на основании функциональных зависимостей кейнсианской модели макроэкономического равновесия [2–4]. Примером такой зависимости является функция потребления, согласно которой желания (план) домохозяйств потреблять $\dot{C}(t)$, т.е. формировать темпы своих расходов, зависят от информации о темпе поступающих доходов, однако при этом выделяется некоторая не зависящая от дохода часть, называемая автономным потреблением $\dot{C}_a(t)$. Аналогичные функциональные зависимости описывают формирование сбережений и инвестиций. Поэтому в общем случае в качестве входной информации для модели планирования принимаются, во-первых, плановый темп формирования автономного

расхода ресурсов $\dot{N}_{ij}^a(t)$, не зависящий от информации о функционировании других МЭА; и, во-вторых, фактор $\dot{X}_j(t)$, являющийся информацией о состоянии какого-либо МЭА и аргументом при формировании плана $\dot{N}_{ij}^o(t)$ по расходу ресурсов для реализации j -го процесса i -м макроэкономическим агентом.

В частном случае, когда поведение МЭА не может быть описано какими-либо функциональными зависимостями в качестве входной информации, используется только задающее воздействие $\dot{N}_{ij}^a(t)$, логика изменения которого должна определяться в ходе формирования сценариев принятия решений по управлению МЭС в целом. Это рассуждение справедливо в первую очередь для государственного сектора.

3. Сформированный план должен проверяться на обеспеченность текущими запасами ресурсов $St_i(t)$. Для этого используется алгоритм корректировки плановых темпов расхода финансовых ресурсов, реализуемый нелинейной функцией f_{stock_i} .

Выделено две группы ситуаций, в которых необходима такая корректировка. Возникновение первой группы ситуаций связано с недостаточностью объема запасов $St_i(t)$ для обеспечения требуемого суммарного темпа расхода ресурсов $\dot{N}_{i\Sigma}^0(t)$, что предполагает его уменьшение. Такие ситуации в функционировании МЭС могут возникать либо при недостаточном начальном объеме денежных ресурсов, либо вследствие неблагоприятных возмущений длительного действия. Реализация алгоритма корректировки в виде уменьшения планового темпа расхода ресурсов выполняется в автоматическом режиме. При этом контроль условия достаточности запаса ресурсов осуществляется на каждом шаге моделирования в течение всего периода моделирования.

Другая группа ситуаций связана с благоприятным для какого-либо МЭА перераспределением денежных потоков, которое сопровождается ростом его накоплений. При превышении запаса некоторой пороговой величины пользователю выдается диагностическое сообщение о возможности увеличения темпов расходования ресурсов. В зависимости от реализуемой стратегии управления воспроизводственным процессом макроэкономический агент может принять решение об увеличении планового темпа расхода ресурсов на какую-либо величину в определенный момент времени. Такое принятие решения об увеличении плановых темпов рас-

хода ресурсов должно основываться на анализе большого количества данных о состоянии МЭС, поэтому алгоритм корректировки по увеличению плановых темпов расхода финансовых ресурсов реализован в автоматизированном режиме.

4. В качестве динамической модели реализации j -го процесса может быть использовано в простейшем случае инерционное звено либо разработанные ранее модели [5].

5. Запасы макроэкономических агентов на начало моделирования задаются в виде начальных значений интегратора. Минимальное значение запаса для каждого МЭА, необходимого для выхода МЭС на плановый динамически равновесный режим, определяется значением суммарного темпа расхода финансовых ресурсов $\dot{N}_{i\Sigma}^0(t)$, требуемого на интервале Δt времени моделирования.

6. Объединение динамических моделей МЭА, разработанных в соответствии с изложенными принципами, осуществляется по правилу, согласно которому фактические темпы формирования расходов i -го макроэкономического агента $\{\dot{Out}_{ij}(t)\}$ становятся темпами формирования доходов $\{\dot{In}_{lj}(t)\}$ для другого l -го МАЭ, или нескольких других агентов. В последнем случае выполняется деление потока на составляющие с помощью нормированных коэффициентов. Такая процедура справедлива для построения модели А5 формирования совокупных расходов и макроэкономических показателей.

Необходимо отметить, что формирование единой динамической модели воспроизводственного процесса МЭС на основе моделей ее элементов в соответствии с предложенной концепцией и принципами системного моделирования приводит к возникновению эффекта эмерджентности. Действие эффекта состоит, в частности, в том, что за счет обеспечения сбалансированного по потокам взаимодействия макроэкономических агентов в системе возможно достижение качественно нового уровня функционирования МЭС, соответствующего значительному увеличению темпа выпуска ВВП. И наоборот, разбалансированное, неуравновешенное функционирование МЭА в составе МЭС, порождающее нарушение баланса потоков по основным макроэкономическим тождествам, создает критические ситуации, в которых возможно значительное снижение эффективности функционирования МЭС.

4. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИКИ КРУГООБОРОТА ДЕНЕЖНЫХ ПОТОКОВ МЭС

На основе разработанной динамической модели воспроизводственного процесса МЭС проведены экспериментальные исследования. За единицу времени моделирования выбран месяц; период моделирования принимается равным 75 месяцам.

В базовом эксперименте, соответствующем динамически равновесному состоянию МЭС, устанавливаются следующие начальные значения темпов: темп формирования ВВП $\dot{Y}(t)=10$, темп оплаты труда $\dot{Y}_{rl}(t) = 4$, темп выплат налогов на производство $\dot{T}_f(t)=2$; темп формирования валовой прибыли $\dot{Y}_{gp}(t) = 4$. Отсюда темп формирования располагаемого дохода домашних хозяйств $\dot{Y}_d(t) = 8$. Примем, что темп потребительского спроса $\dot{C}(t) = 6$, темп сбережений $\dot{S}(t) = 2$. Единицей измерения представленных величин является условная денежная единица финансового объема, отнесенная к единице времени моделирования.

На рис. 4 представлены результаты экспериментальных исследований по трем сценариям, которые воспроизводят эффект, известный под названием «парадокс бережливости» [1]. Согласно этому эффекту попытка общества больше сберегать зачастую оборачивается либо таким же по величине, либо еще более значительным падением валового внутреннего продукта. Этот эффект возникает, когда в обществе отсутствуют эффективные механизмы трансформации сбережений в инвестиции, то есть имеет место неблагоприятный инвестиционный климат.

В сценарии 1 в момент $t = 15$, когда МЭС после запуска вышла на динамически равновесный режим функционирования, вносятся возмущения в контуры 1 и 2 потребления и сбережения в виде снижения автономного потребления $\Delta\dot{C}_a(t) = -1$ и роста сбережений $\Delta\dot{S}(t) = 0,5$. При этом изменение пропорций в расходах населения сопровождается нарушением баланса доходов и расходов в сторону увеличения сбережений в форме наличных денег, или так называемых накоплений «в чулке» $Fl_2(t) = 0,5$. Население будто бы богатеет и даже немного увеличивает потребление. Однако вследствие нарушения равновесия по инвестициям и сбережениям $\dot{I}(t) = \dot{S}(t)$, производство недополучает ресурсы и начинает расходовать свои запасы, поэтому к моменту $t = 27$ наступает кризис макроэконо-

мической системы: ВВП резко падает, что вызывает очередное снижение доходов и, следовательно, расходов населения (потребления, сбережения), что, в конечном счете, приводит к резкому обеднению населения.

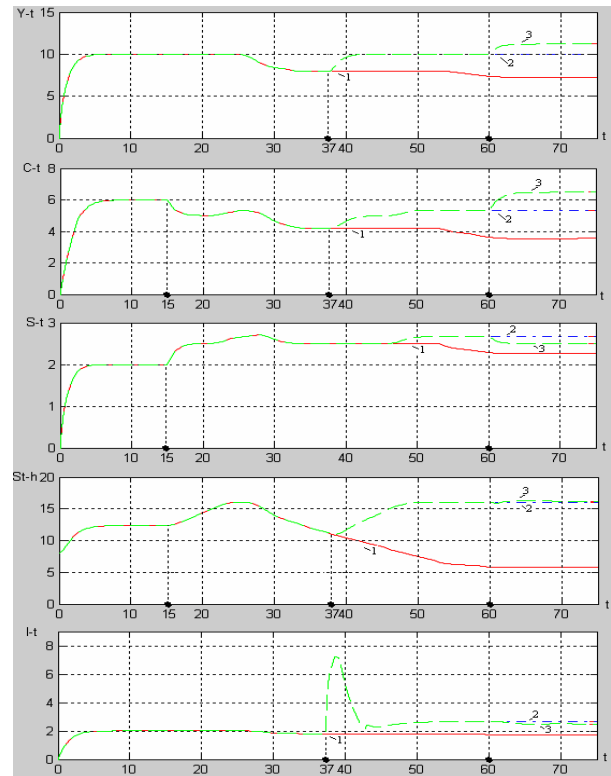


Рис. 4. Результаты экспериментальных исследований динамики изменений потребления и сбережений («парадокс бережливости»)

Итогом неуправляемого сценария 1 является новое динамически неравновесное состояние, не сбалансированное по потокам, с более низким темпом формирования ВВП ($\dot{Y}_{inc}(t) = 7,2$) и с нарушенными макроэкономическими пропорциями ($t = 50$).

Сценарий 2 предполагает формирование управляющих воздействий в виде увеличения темпа формирования инвестиций, что соответствует мерам по обеспечению благоприятного инвестиционного климата. Для этого в момент времени $t = 37$ в модели включается алгоритм корректировки планового темпа расхода ресурсов на увеличение для сектора кредитных организаций. При этом накопленные сбережения начинают расходоваться на инвестиции, которые стимулируют функционирование реального (производственного) сектора. При таком сценарии развития ситуации система приходит к новому динамически равновесному состоянию с прежним темпом формирования ВВП ($\dot{Y}_{inc}(t) = 10,0$), од-

нако при этом с незначительно измененными пропорциями: пониженным темпом потребления ($\dot{C}(t) = 5,0$) и повышенным темпом сбережения ($\dot{S}(t) = 2,5$). В сценарии 3 считается целесообразным предпринять меры по государственному регулированию потребления населения как одного из важных факторов роста ВВП. В модели это решение реализуется в момент времени $t = 60$ в виде увеличения автономного потребления. Результатом таких решений является новое динамически равновесное состояние МЭС с более высоким темпом формирования ВВП и с восстановленными макроэкономическими пропорциями расходов населения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложенная концепция исследования и системного моделирования воспроизводственного процесса макроэкономической системы определяет важность исследования динамически неравновесных режимов функционирования МЭС в условиях взаимосвязанного изменения темпов потоков и объемов запасов по всем макроэкономическим агентам. Разработанная когнитивная модель воспроизводственного процесса МЭС позволяет сформулировать условия поддержания динамически равновесных режимов функционирования системы и выделить параллельно-последовательные цепочки распространения возмущений, нарушающих равновесие. Разработанные функциональные схемы определяют системные правила динамического моделирования взаимосвязанной по потокам доходов и расходов управляемой деятельности секторов с учетом накопления финансовых ресурсов. Результаты экспериментальных исследований показали принципиальную возможность перехода от динамически неравновесного состояния к динамически равновесному состоянию на прежнем или новом уровне равновесия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Грязнова, А. Г.** Макроэкономика. Теория и российская практика : учеб. / А. Г. Грязнова, Н. Н. Думная. М. : КНОРУС, 2006. 688 с.
2. **Тарасевич, Л. С.** Макроэкономика : учеб. / Л. С. Тарасевич, П. И. Гребенников, А. И. Лещинский. М. : Юрайт-Издат, 2004. 654 с.
3. **Колемаев, В. А.** Математическая экономика / В. А. Колемаев. М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2005. 399 с.
4. **Поспелов, И. Г.** Модели экономической динамики, основанные на равновесии прогнозов экономических агентов / И. Г. Поспелов. М. : ВЦ РАН, 2003. 200 с.
5. **Кусимов, С. Т.** Интеллектуальное управление производственными системами / С. Т. Кусимов, Б. Г. Ильясов, Л. А. Исмагилова, Р. Г. Валеева. М. : Машиностроение, 2001. 327 с.

ОБ АВТОРАХ



Ильясов Барый Галеевич, чл.-кор. АН РБ, проф., зав. каф. техн. кибернетики. Дипл. инж.-электромех. по авиац. электрооборуд. ЛА (МАИ, 1962). Д-р техн. наук по сист. анализу и авт. упр. (ЦИАМ, 1984). Иссл. в обл. сист. анализа, упр-я в техн. и соц.-экон. системах.



Дегтярева Ирина Викторовна, проф., зав. каф. эконом. теории. Дипл. инж.-эконом. по экономике и организация машиностр. промышленности (УАИ, 1981). Д-р экон. наук по эконом. теории (СПб., 2000). Иссл. в обл. эконом. теории и методологии экономической науки.



Макарова Елена Анатольевна, доц. каф. техн. кибернетики. Канд. техн. наук (УГАТУ, 1996). Иссл. в обл. системн. анализа и моделир. неравновесн. процессов функционирования и развития макроэконом. систем.



Габдуллина Эльвира Риятовна, ст. преп. той же каф. Иссл. в обл. системн. анализа и моделир. неравновесн. процессов функционирования и развития макроэконом. систем.