

УДК 591.8:330

Е. А. МАКАРОВА

ФОРМИРОВАНИЕ СЦЕНАРИЕВ УПРАВЛЕНИЯ ПОВЕДЕНИЕМ СЕКТОРОВ ЭКОНОМИКИ НА ОСНОВЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ МАКРОЭКОНОМИЧЕСКОГО КРУГООБОРОТА

На основе разработанных ранее динамических моделей макроэкономического кругооборота и предложенного алгоритма корректировки темпов финансовых потоков проведен анализ особенностей функционирования макроэкономической системы (МЭС) на динамически неравновесном режиме. Представлены сценарии поведения МЭС в виде причинно-следственных цепочек событий и тенденций изменения потоков и запасов взаимодействующих секторов МЭС. По результатам анализа сценариев сформулированы закономерности неуправляемого и управляемого поведения МЭС. *Макроэкономический кругооборот; динамическая модель; финансовый поток; запас; сектор; неравновесный режим; сценарий*

Современные условия мирового финансового кризиса обостряют потребности в исследованиях закономерностей движения финансовых потоков на макроэкономическом уровне [1]. Одним из направлений этой области является анализ динамики формирования финансовых потоков секторами макроэкономической системы (МЭС) [2, 3].

В рамках решения этой проблемы активно ведутся разработки модельных комплексов, предназначенных для анализа и прогнозирования макроэкономических показателей, проигрывания различных сценариев реализации макроэкономической политики. Для этого привлекаются инструментарии моделей динамического межотраслевого баланса, системной динамики, SAM-матриц (Social Accounting Matrix), моделей равновесной экономической динамики, CGE-моделей (computable general equilibrium models), SFC-моделей (stock-flow consistent models) [4–12]. Однако вопросы анализа динамики неравновесных процессов взаимосвязанного формирования потоков доходов и расходов секторами МЭС в рамках макроэкономического кругооборота с учетом накопления финансовых запасов остаются недостаточно изученными.

С целью обеспечения поддержки процедур анализа и принятия решений при формировании сценариев управления МЭС ведется разработка информационно-аналитической системы имитационного моделирования (ИАСИМ) процессов функционирования МЭС на основе разработанных ранее концепции системного моделирования и динамических моделей макроэкономического кругооборота финансовых потоков, формирующих воспроизводственный процесс МЭС [13,14]. В данной статье решается задача формирования и анализа сценариев поведения МЭС на динамически неравновесных режимах на базе динамических моделей макроэкономического кругооборота. По результатам анализа формулируются закономерности неуправляемого и управляемого поведения МЭС, которые могут быть использованы для последующей разработки подсистемы поддержки принятия решений в составе ИАСИМ. Для целостности изложения материала в разделе 1 помещено краткое описание функциональной схемы динамической модели макроэкономического кругооборота.

1. ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СХЕМА ДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ МАКРОЭКОНОМИЧЕСКОГО КРУГООБОРОТА

Комплекс динамических моделей макроэкономического кругооборота, функциональная схема которого представлена на рис. 1, включает четыре динамические модели функционирования секторов экономики: производственного

Контактная информация: (347) 273-82-80

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 07-08-00538-а «Поддержка принятия решений по управлению сложными динамическими объектами в критических ситуациях на основе инженерии знаний».

(реального) сектора, сектора домашних хозяйств (населения), сектора финансовых учреждений и государственного сектора [13, 14]. Модели взаимосвязаны двумя типами связей – потоковыми и информационными. Взаимосвязь моделей функционирования секторов по финансовым потокам (сплошные линии) позволяет обеспечить моделирование всех стадий воспроизводственного процесса (производства, распределения, обмена и потребления) в их взаимосвязи, а также замыкание воспроизводственного цикла для обеспечения кругооборота финансовых потоков. Информационные связи (штриховые линии) используются для формирования управляющих воздействий по корректировке планов расхода финансовых ресурсов секторами МЭС.

Динамические модели секторов МЭС построены на основе единых системных принципов, при этом в рамках модели каждого сектора выполняется: вычисление суммарного темпа формирования дохода (на основе входных потоков); формирование и корректировка плановых темпов расхода финансовых ресурсов; формирование фактических темпов расхода ресурсов (выходных потоков) в соответствии с выполняемыми сектором функциональными процессами; вычисление сальдо темпов доходов и расходов сектора и расчет накопленных запасов финансовых ресурсов [13, 14].

Функционирование МЭС на динамически равновесном режиме предполагает выполнение условий равенства суммарного темпа потоков доходов $\dot{In}_i^\Sigma(t)$ (притоков) суммарному темпу потоков расходов $\dot{Out}_i^\Sigma(t)$ (оттоков) для каждого i -го сектора одновременно: $\forall i \dot{In}_i^\Sigma(t) = \dot{Out}_i^\Sigma(t)$.

Для реального сектора темп выпуска валового внутреннего продукта (ВВП) $\dot{Y}(t)$ (отток) должен быть равен суммарному темпу притоков: $\dot{Y}(t) = \dot{C}(t) + \dot{I}_g(t) + \dot{G}(t)$, где $\dot{C}(t)$, $\dot{G}(t)$ и $\dot{I}_g(t)$ – темпы формирования потребления, государственных закупок и валовых инвестиций соответственно. Отметим, что $\dot{I}_g(t) = \dot{I}(t) + \dot{Pg}_2(t)$, где $\dot{I}(t)$ – темп формирования инвестиций сектором финансовых учреждений, а $\dot{Pg}_2(t)$ – темп формирования реальным сектором нераспределенной валовой прибыли.

С учетом распределения произведенного ВВП получим, что $\dot{Y}(t) = \dot{Pg}(t) + \dot{Rl}(t) + \dot{Tp}_1(t)$, где $\dot{Pg}(t), \dot{Rl}(t), \dot{Tp}_1(t)$ – темпы формирования валовой прибыли, оплаты труда и налогов на производство и импорт соответственно, вычисленные с помощью коэффициентов K_{pg}, K_{rl}, K_{tp} , сумма которых равна единице.

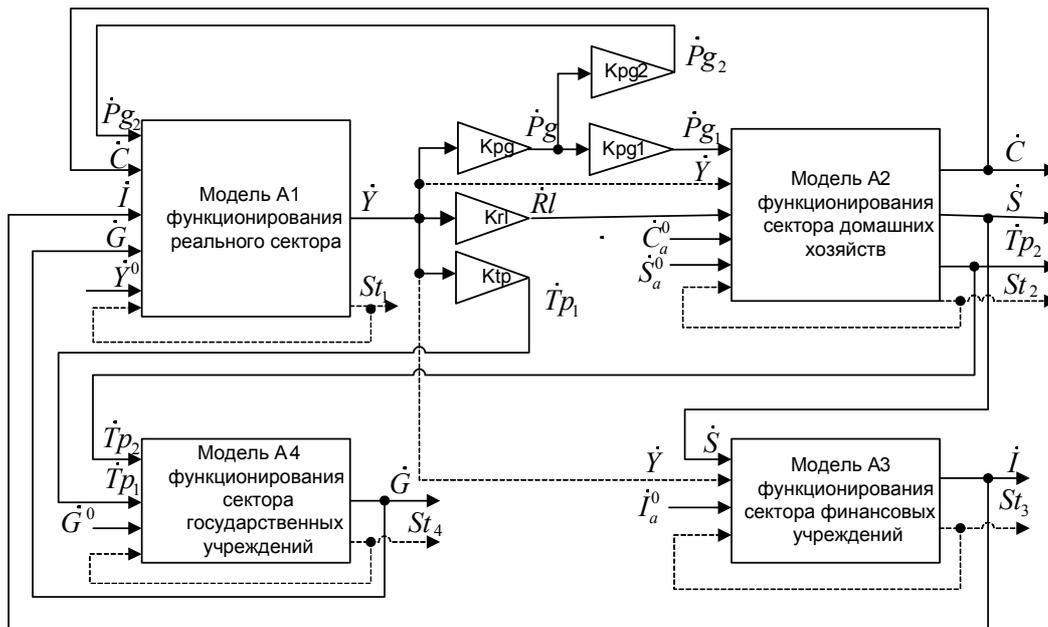


Рис. 1. Функциональная схема динамической модели макроэкономического кругооборота

Отметим, что темп формирования валовой прибыли $\dot{P}g(t)$ распределяется на два направления: $\dot{P}g(t) = \dot{P}g_1(t) + \dot{P}g_2(t)$, где $\dot{P}g_1(t)$ и $\dot{P}g_2(t)$ – темпы формирования валовой прибыли, передаваемой домохозяйствам и нераспределенной валовой прибыли соответственно. Их вычисление ведется с помощью коэффициентов K_{pg1} , K_{pg2} , в сумме равных единице.

На основе приведенных выше формул формируется равенство темпа выпуска ВВП, вычисленного по доходам, темпу выпуска ВВП, вычисленному по расходам.

Для сектора домашних хозяйств условие существования динамически равновесного режима запишется в виде: $\dot{C}(t) + \dot{S}(t) + \dot{T}p_2(t) = \dot{P}g_1(t) + \dot{R}l(t)$, где $\dot{S}(t)$, $\dot{T}p_2(t)$ – темпы формирования сбережений и налогов домохозяйствами. Для сектора финансовых учреждений условие равновесия имеет вид: $\dot{I}(t) = \dot{S}(t)$, соответствующий известному тождеству инвестиций и сбережений. Для сектора государственных учреждений условие равновесия запишется следующим образом: $\dot{G}(t) = \dot{T}p_1(t) + \dot{T}p_2(t)$.

Отметим, что каждый сектор имеет планы по расходу ресурсов. Реальный сектор формирует плановый темп выпуска ВВП $\dot{Y}(t)$, сектор домашних хозяйств – плановые темпы автономного потребления $\dot{C}_a^0(t)$ и автономных сбережений $\dot{S}_a^0(t)$; секторы финансовых и государственных учреждений – плановые темпы формирования автономных инвестиций $\dot{I}_a^0(t)$ и государственных закупок $\dot{G}^0(t)$ соответственно. Формирование планов осуществляется исходя из условий соблюдения баланса темпов потоков доходов и расходов по всем секторам МЭС. Только при соблюдении условий равновесия для всех секторов МЭС одновременно вся МЭС в целом функционирует на динамически равновесном режиме.

При моделировании различных сценариев поведения МЭС плановые темпы расхода ресурсов каждого i -го сектора подвергаются изменениям, которые обусловлены влиянием на поведение i -го сектора, во-первых, информации о состоянии других секторов МЭС, и, во-вторых, информации об объеме накопленных i -м сектором запасов финансовых ресурсов. Если в первом случае влияние учитывается с помощью использования кейнсианских поведенческих функций, то второй случай предполагает разработку алгоритма управления тем-

пами расхода ресурсов i -м сектором на основе информации о запасах этого сектора.

2. АЛГОРИТМ КОРРЕКТИРОВКИ ПЛАНОВЫХ ТЕМПОВ РАСХОДА СЕКТОРАМИ МЭС НА ОСНОВЕ ИНФОРМАЦИИ О ЗАПАСАХ

Особенности алгоритма заключаются в том, что, во-первых, алгоритм выполняется на каждом шаге моделирования с текущими значениями анализируемых переменных; и, во-вторых, алгоритм поддерживает не только автоматический, но и автоматизированный режим работы. Алгоритм (рис. 2) применяется в моделях функционирования всех секторов и предполагает возможность настройки параметров для каждого сектора в отдельности.

Алгоритм работает для двух групп ситуаций и предполагает выполнение следующих шагов.

Шаг 1. Проверяется условие достаточности объема $St_i(t)$ накопленных запасов для обеспечения выполнения i -м сектором всех процессов с требуемым темпом $\dot{R}_i^0(t)$ расхода ресурсов на заданный интервал времени Δt_i^0 :

$$St_i(t) - \delta_i(t) > \dot{R}_i^0(t) \cdot \Delta t_i^0, \quad (1)$$

где $\delta_i(t)$ – необходимый минимальный уровень запасов.

Шаг 2. Для первой группы ситуаций условие (1) не выполняется, то есть текущего объема запасов $St_i(t)$ недостаточно для обеспечения желаемого темпа функционирования i -го сектора. Такие ситуации функционирования МЭС относятся к группе неблагоприятных и могут возникать либо при недостаточном начальном объеме финансовых ресурсов, либо вследствие неблагоприятных возмущений длительного действия.

В этих ситуациях включается алгоритм «на уменьшение» и выполняется корректировка суммарного планового темпа расхода ресурсов в сторону уменьшения путем умножения на коэффициент k_{ci} , который вычисляется по формуле:

$$k_{ci} = \frac{\dot{R}_{cor\ i}^0(t)}{\dot{R}_i^0(t)}, \quad (2)$$

где $\dot{R}_{cor\ i}^0(t) = \frac{St_i(t) - \delta_i(t)}{\Delta t_i^0}$, то есть скорректиро-

ванный суммарный плановый темп расхода ресурсов $\dot{R}_{cor\ i}^0(t)$ принимается равным темпу, вычисляемому как отношение текущего объема запасов ресурсов с учетом неприкосновенной

части $\delta_i(t)$ к заданному интервалу времени Δt_i^0 . Отметим, что если объем уменьшающихся запасов приближается к объему неприкосновенной части и превышает последний не более, чем на ν процентов, то МЭС переходит в область критических ситуаций (значение ν задается экспертным путем).

Реализация алгоритма корректировки в виде уменьшения планового темпа расхода ресурсов выполняется в автоматическом режиме.

Шаг 3. Для второй группы ситуаций условие (1) выполняется, алгоритм «на уменьшение» отключен. Эти ситуации относятся к благоприятным и объясняются таким перераспределением средств между секторами в динамике, которое сопровождается ростом его запасов. В этом случае проверяется значение параметра a , которое соответствует ответу пользователя на вопрос о включении дополнительной части алгоритма, корректирующего темпы в сторону увеличения. Если пользователь не желает включить дополнительный алгоритм, то работа алгоритма завершается выполнением операции: $\dot{R}_{cor\ i}^0(t) = \dot{R}_i^0(t)$, что соответствует равенству

$k_{ci} = 1$, т. е. отсутствием изменений плановых темпов. Если же дается команда включить алгоритм «на увеличение», то выполняется проверка еще одного условия. Это условие введено для того, чтобы желаемые темпы ресурсов увеличивались не сразу, то есть при возникновении незначительного превышения запасов, а только в случае, когда объемы запасов превышают в q_i раз требуемые для обеспечения расхода ресурсов с суммарным плановым темпом, где $q_i > 1$:

Поэтому, если выполняется условие $S_{t_i}(t) - \delta_i(t) > \dot{R}_i^0(t) \cdot q_i \cdot \Delta t_i^0$, то скорректированный темп расхода ресурсов принимается равным: $\dot{R}_{cor\ i}^0(t) = \frac{S_{t_i}(t) - \delta_i(t)}{q_i \cdot \Delta t_i^0}$, и коэффициент

k_{ci} также вычисляется по формуле (2). В противном случае, если последнее условие не выполняется, темпы не корректируются. Тогда скорректированный плановый темп расхода ресурсов принимается равным плановому: $\dot{R}_{cor\ i}^0(t) = \dot{R}_i^0(t)$ и $k_{ci} = 1$.

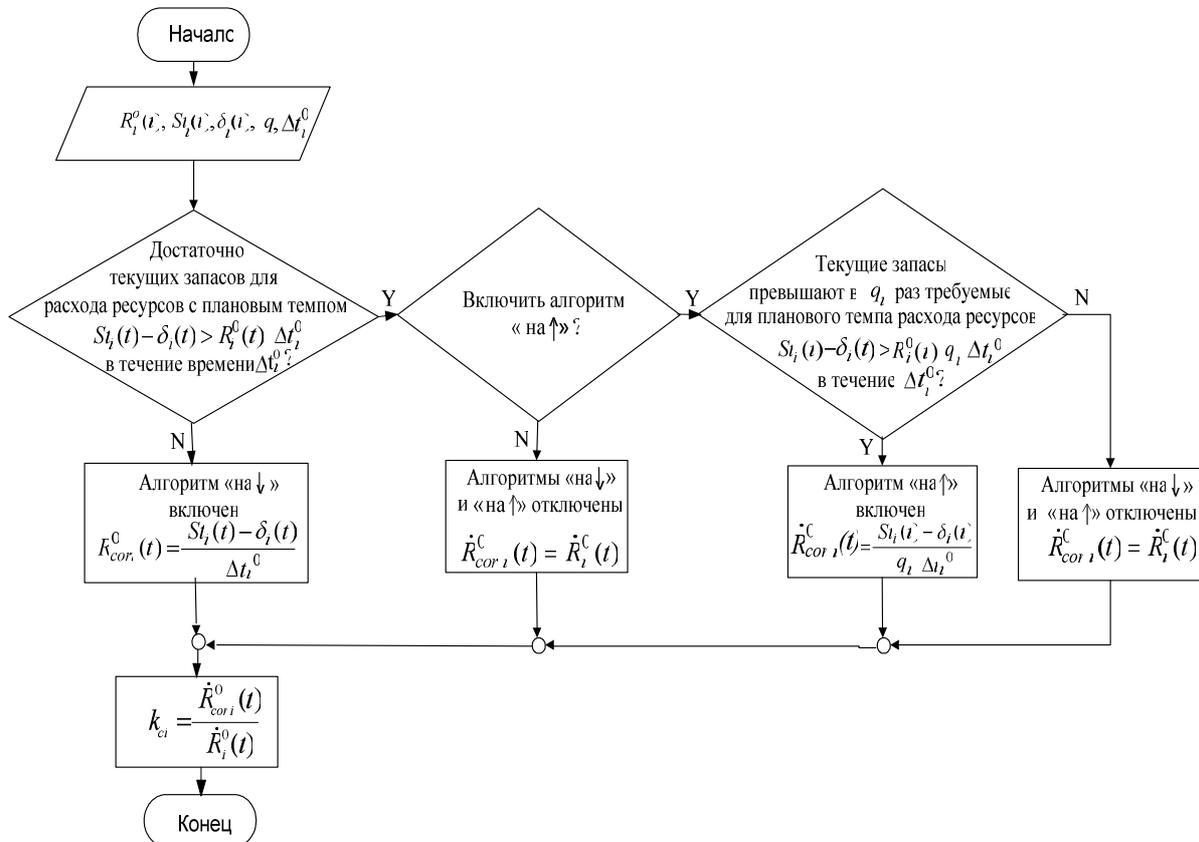


Рис. 2. Схема алгоритма корректировки плановых темпов расхода ресурсов для i -го сектора МЭС

Необходимо отметить, что открытым остается вопрос, в каких же ситуациях пользователю желательно включать алгоритм «на увеличение» при выдаче соответствующего диагностического сообщения. Ответ на этот вопрос зависит от реализуемой стратегии управления воспроизводственным процессом МЭС и осуществляется при разработке подсистемы поддержки принятия решений (ППР). В силу этого включение алгоритма корректировки по увеличению плановых темпов расхода финансовых ресурсов реализовано в автоматизированном режиме.

3. ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ МЭС НА ДИНАМИЧЕСКИ НЕРАВНОВЕСНЫХ РЕЖИМАХ

Динамически неравновесные режимы функционирования МЭС моделируются путем формирования внешних воздействий в виде корректировки плановых темпов расхода ресурсов, требуемых для выполнения секторами основных функциональных процессов (например, снижение потребления населением, уменьшение темпа формирования инвестиций).

Возмущение в виде отклонения по плановому темпу выполнения хотя бы одного функционального процесса в одном секторе МЭС приводит сначала к нарушению условий равновесия этого сектора, а затем распространяется в соответствии с логикой кругооборота по всем контурам одновременно, вызывая череду событий в виде нарушения равновесия в других секторах МЭС. Последовательность возникновения таких событий во времени определяется взаимным влиянием многих факторов, характеризующих как поведение отдельных секторов, так всей системы в целом.

Рассмотрим следующие особенности механизма распространения возмущения в модели макроэкономического кругооборота.

Во-первых, возмущения распространяются согласно структуре макроэкономического кругооборота по следующим трем контурам одновременно: «производство – потребление»; «сбережения – инвестиции»; «налоги – госзакупки».

Во-вторых, степень влияния возмущения зависит как от коэффициентов потоковых связей между элементами (секторами) модели, определяемых пропорциями в распределении валового внутреннего продукта $\dot{Y}(t)$, так и от коэффициентов информационных связей, формирующих поведенческие функции элементов (секторов).

Третья особенность обусловлена взаимным влиянием друг на друга темпов потоков и объемов запасов секторов МЭС и требует более подробного изложения. На динамически равновесном режиме функционирования МЭС, когда суммарные темпы формирования доходов $\dot{In}_i^\Sigma(t)$ и расходов $\dot{Out}_i^\Sigma(t)$ равны для каждого i -го сектора, запасы $\dot{St}_i(t)$ не изменяются: $\forall i \dot{St}_i(t) = \text{const}$, при этом сальдо темпов потоков равно нулю: $\forall i \dot{Fl}_i(t) = 0$.

При возникновении динамически неравновесного режима для i -го сектора сальдо $\dot{Fl}_i(t)$ становится отличным от нуля. Если доходы превышают расходы сектора, то есть сальдо положительно $\dot{Fl}_i(t) > 0$, запасы сектора растут. В противном случае, когда расходы сектора превышают его доходы, то есть сальдо отрицательно $\dot{Fl}_i(t) < 0$, запасы уменьшаются. В этом заключается влияние темпов потоков на объемы запасов в прямом направлении.

Обратное воздействие объема запаса на темп потоков представлено управляющими воздействиями U , формирование которого основано на анализе потоков и запасов финансовых ресурсов, а также соотношения между ними. Управляющие воздействия состоят в определении корректировки планового темпа формирования расхода ресурсов как в направлении уменьшения в случае недостаточности запасов, так и в направлении увеличения в случае роста объема накопленных запасов.

Цель *управляющего алгоритма «на уменьшение»* заключается в стремлении приблизить суммарный темп формирования *расходов* сектора к текущему суммарному темпу формирования его *доходов*, если последний колеблется в рамках первоначального плана. Отметим, что в этом случае обеспечивается не только снижение темпов расхода ресурсов относительно первоначального плана, а также последующее за снижением возможное (в случае роста запасов) увеличение темпов также в рамках первоначального плана.

Важно заметить, что момент начала снижения *темпов расхода* ресурсов зависит от накопленного к текущему времени *объема запасов*. Согласно логике управления в ситуации, когда текущие расходы превышают текущие расходы, допускается функционирование сектора на плановом режиме, если имеются достаточно большие запасы. Поддержание плановых темпов идет в этом случае за счет «проедания» запасов. И лишь при снижении запасов до мини-

мально допустимого уровня, который регулируется размером неприкосновенных запасов $\delta_i(t)$, начинается снижение темпов расхода ресурсов.

Снижение темпов расхода ресурсов, связанное с уменьшением запасов, является вынужденным. Поэтому для алгоритма управления «на уменьшение» применяется автоматический режим, при этом контроль условия достаточности запаса ресурсов осуществляется на каждом шаге моделирования в течение всего периода моделирования.

Подключение *управляющего алгоритма «на увеличение»* становится возможным в ситуации роста объема накопленных запасов. Такое принятие решения об увеличении плановых темпов расхода ресурсов должно основываться на анализе большого количества данных о состоянии МЭС, поэтому алгоритм корректировки «на увеличение» реализован в автоматизированном режиме. Поэтому предложены два режима работы алгоритма управления: режим корректировки темпов расхода ресурсов как «на уменьшение», так и «на увеличение» (флаг $\text{reg}U_i = 1$) и режим корректировки темпов расхода ресурсов только «на уменьшение» (флаг $\text{reg}U_i = 2$).

Резюмируя особенности работы алгоритма «на уменьшение» и «на увеличение», необходимо отметить, что алгоритм обеспечивает *самовыравнивание темпов потоков доходов и расходов* сектора, причем *темпы расхода* стремятся приблизиться к *темпам текущих доходов* сектора, изменение которых определяется взаимодействием секторов в составе МЭС.

Таким образом, формулировка третьей особенности механизма распространения возмущений, обусловленной взаимовлиянием темпов и запасов, связана с временными и информационными аспектами взаимосвязанного изменения темпов потоков и объемов запасов. Влияние изменяющихся темпов потоков, вызывающее неравновесное состояние сектора, *незамедлительно* сказывается на динамике изменения объема запасов. Обратное влияние объема уменьшающихся запасов сказывается на значениях темпов потоков не сразу, а *через некоторый промежуток времени*, длительность которого определяется текущим объемом накопленных запасов. Чем больше значение объема запасов сектора, тем дольше сектор может поддерживать прежние (плановые) темпы функционирования при отрицательном сальдо потоков, то есть тем дольше период резистентности сектора к внешним возмущениям. И наоборот, чем меньше текущие запасы, тем быстрее сек-

тор снизит темпы своих расходов, приблизив их к темпам своих доходов.

4. АНАЛИЗ СЦЕНАРИЕВ И ФОРМИРОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ НЕУПРАВЛЯЕМОГО ПОВЕДЕНИЯ МЭС НА ДИНАМИЧЕСКИ НЕРАВНОВЕСНЫХ РЕЖИМАХ

Для анализа сценариев и формирования закономерностей неуправляемого поведения МЭС на динамически неравновесных режимах выделены восемь групп неравновесных состояний МЭС. Первые четыре группы составляют ситуации с отрицательным сальдо потоков доходов и расходов для i -го сектора $\dot{F}l_i(t) < 0$, $i = \overline{1,4}$, остальные четыре – с положительным сальдо $\dot{F}l_i(t) > 0$. В рамках каждой группы проведены экспериментальные исследования.

При проведении экспериментов необходимо определить вектор режимов работы управляющих алгоритмов для секторов МЭС $\text{Reg}U = \{\text{reg}U_i\}$, $i = \overline{1,4}$, i – номер сектора. Считается, что поведение МЭС является неуправляемым, во-первых, если не принимаются решения об увеличении темпов, то есть $\text{Reg}U = \{2,2,2,2\}$, и, во-вторых, если решения об увеличении темпов принимают только домохозяйства, то есть $\text{Reg}U = \{2,1,2,2\}$, где $\text{reg}U_2 = 1$. Это объясняется объективной реакцией поведения населения на изменения его запасов.

Сформулируем закономерности неуправляемого функционирования МЭС на неравновесном режиме на примере. Рассмотрим сценарий 1, которому соответствует создание неравновесной ситуации с положительным сальдо $\dot{F}l_2(t) > 0$ для сектора домохозяйств. Отметим, что за единицу времени моделирования принят месяц. Период моделирования принимается равным 150 месяцам. Установлены следующие начальные значения плановых темпов расхода ресурсов, для производства ВВП $\dot{Y}^0(t) = 10$; формирования автономного потребления $\dot{C}_a(t) = 2$; для автономного сбережения $\dot{S}_a(t) = 1,5$; для автономных инвестиций $\dot{I}_a(t) = 0,5$; для формирования госзакупок $\dot{G}^0(t) = 3$. При распределении ВВП приняты следующие значения коэффициентов формирования: оплаты труда $K_{rl} = 0,4$, валовой прибыли $K_{pg} = 0,4$; налогов $K_i = 0,2$. Вектор режимов управления для секторов МЭС $\text{Reg}U = \{2,1,2,2\}$.

Ситуация моделируется путем подачи возмущений в момент времени $t = 14$ в виде сни-

жения темпов формирования автономного потребления $\Delta \dot{C}_a(t) = -1$ и повышения темпов формирования автономного сбережения $\Delta \dot{S}_a(t) = 0,5$. Сальдо потоков становится равным $\dot{Fl}_2(t) = 0,5$, что соответствует росту накоплений у населения, и, следовательно, изъятию из оборота части ресурсов.

Рассматриваемый вариант сценария неуправляемого поведения МЭС в виде причинно-следственной цепочки событий во времени представлен на рис. 3. Графики переходных процессов, соответствующих сценарию 1 неуправляемого поведения МЭС и сценариям 2 и 3 управляемого поведения МЭС, представлены на рис. 4 и 5.

На рис. 3 представлен сценарий 1 неуправляемого поведения МЭС в виде цепочки событий, после которых указаны тенденции изменения потоков и запасов по каждому из четырех секторов МЭС. В качестве события рассматривается ситуация на определенный момент времени, в который происходит смена направления изменения хотя бы одного из темпов формирования расходов ресурсов какого-либо сектора МЭС. После события указаны тенденции в виде направлений изменений сальдо потоков и объемов запасов по каждому сектору. Тенденции характеризуют итоговое изменение объемов запасов вследствие изменения темпов потоков i -го сектора: $St_i = f(\dot{Fl}_i)$. Событие же представляет собой изменение темпов расходов ресурсов вследствие изменения объема запасов $St_i = f(Fl_i)$, что происходит в результате работы управляющего алгоритма.

Начальным событием 1 является подача внешнего возмущения в момент $t = 14$, которое вызывает нарушение равновесия сразу в трех секторах. Секторы домохозяйств и кредитных организаций богатеют и только реальный сектор беднеет вследствие снижения потребления $\dot{C}(t)$ (сценарий 1 на рис. 4 и 5). Наметившиеся тенденции сохраняются до момента $t = 20$, в который происходит событие, являющееся следствием указанных тенденций. Это событие 2 вызвано ростом накоплений населения, что способствует возрастанию потребления (включился алгоритм «на увеличение») Тенденции изменились только для домохозяйств: сектор приближается к состоянию равновесия – с заниженным потреблением, возросшими сбережениями и запасами. В неравновесии теперь находятся два сектора: реальный и сектор финансовых учреждений. Критическим является положение реального сектора, в котором пока

(до момента $t = 30$) поддерживается прежний темп выпуска ВВП (рис. 3), однако ресурсы его истощаются. Поэтому неизбежно (при отсутствии управления) наступает первый «обвал» экономики: темп выпуска ВВП $\dot{Y}(t)$ стремительно падает (событие 3) на величину большую, чем снизилось ранее потребление, в соответствии с известным мультипликативным эффектом [1]. Тенденции изменились. В реальном секторе восстановлено равновесие, пусть на более низком уровне выпуска ВВП. Другие же сектора незамедлительно отреагировали на падение ВВП: домохозяйства резко снижают все свои расходы вследствие снижения оплаты труда $\dot{Rl}(t)$ и прибыли $\dot{Pg}(t)$, сектор беднеет; сектор государственных учреждений теряет доходы вследствие снижения налогов $\dot{Tp}_1(t)$ и $\dot{Tp}_2(t)$, сектор беднеет; и только банковский сектор продолжает находиться «в плюсе». Более критическим является положение беднеющего населения, запасы которого невелики по сравнению с государственным сектором (рис. 5). В момент $t = 82$ дополнительно снижаются расходы населения (событие 4), что сразу же сказывается на ВВП, вызывая его падение (событие 5). Тенденции характеризуются восстановлением равновесия в реальном секторе и секторе домохозяйств.

Банковский сектор продолжает наращивать запасы, а государственный сектор сохраняет неизменными госзакупки $\dot{G}(t)$, несмотря на снижение налогов, истощая тем самым свои запасы. Положение именно этого сектора и является критическим: именно от этого сектора нужно ждать изменений в поведении в первую очередь. Это подтверждается наступлением события 6, когда государственных фондов стало недостаточно для поддержания прежнего темпа формирования госзакупок $\dot{G}(t)$. Вслед за снижением госзакупок (элементом совокупного спроса $\dot{Ad}(t)$) незамедлительно наступает реакция в виде второго «обвала» экономики (событие 7). ВВП $\dot{Y}(t)$ снижается на величину, значительно превосходящую величину снижения госзакупок $\dot{G}(t)$ согласно мультипликативному эффекту. Вследствие этого происходят существенные снижения в доходах и, следовательно, в расходах всех секторов, в том числе и в банковском. Результатом является достижение состояния равновесия по всем секторам МЭС и переход на динамически равновесный режим функционирования в условиях экономического спада.

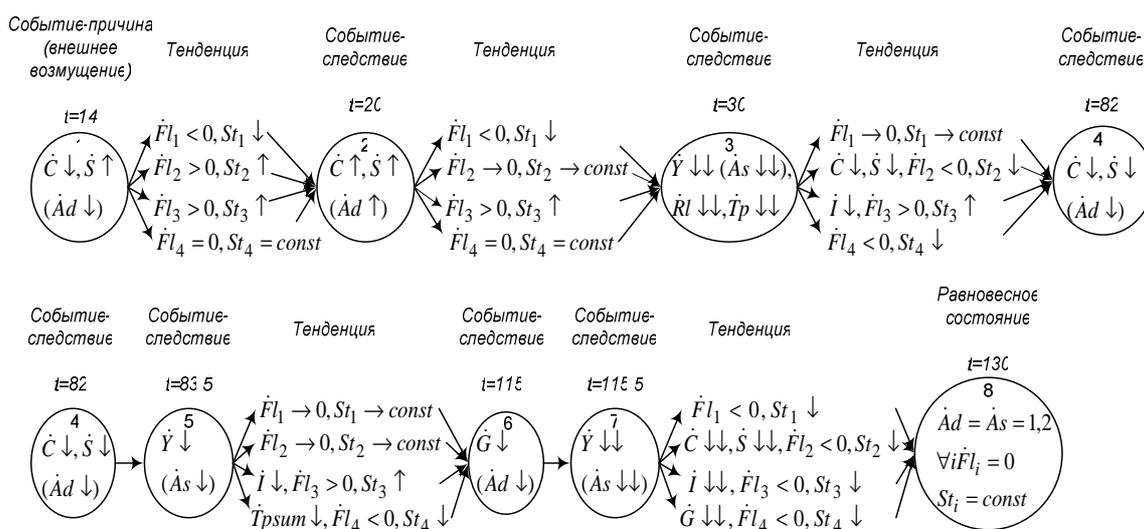


Рис. 3. Сценарий 1 неуправляемого поведения МЭС на динамически неравновесном режиме

Участие человека при моделировании неуправляемых сценариев сводится только к однократной остановке процесса моделирования для задания внешних воздействий как причины неравновесного режима (событие 1). Все последующие события происходят *автоматически, сценарий развивается без вмешательства человека.*

По результатам анализа множества аналогичных сценариев сформулированы следующие закономерности неуправляемого поведения МЭС на динамически неравновесных режимах.

1. Согласно принятой при моделировании концепции неравновесные режимы функционирования возникают вследствие изменении *темпов потоков расходов* секторов МЭС.

2. Поскольку расходы одного сектора являются доходами одного или нескольких других секторов, то возникшая в одном секторе неравновесная ситуация распространяется на другие сектора по нескольким контурам макроэкономического кругооборота одновременно. Кроме того, распространению способствуют и информационные связи. Например, информация о снижении темпа выпуска ВВП вызывает снижение потребления населением (влияет коэффициент предельной склонности к потреблению) [1].

3. Индуцированное изменение темпов формирования и доходов, и расходов секторов приводит к определению тенденций изменения их запасов $St_i(t) = f(\dot{F}l_i(t))$. Одна часть секторов наращивает запасы, а другая снижает. Исключено такое сочетание тенденций изменения запасов по всей МЭС, когда имеет место только

рост запасов секторов. Какой-то сектор обязательно теряет свои запасы. Сумма сальдо потоков для всех секторов в течение времени моделирования равна нулю: $\forall t \sum_{i=1}^4 \dot{F}l_i(t) = 0$.

4. Наметившиеся тенденции изменения потоков и запасов не могут сохраняться бесконечно, неравновесие не может продолжаться неограниченное время. Нарушение сложившихся тенденций необходимо ожидать в первую очередь от секторов, чьи запасы снижаются. Наступление момента снижения темпов расходов сектора определяется текущими запасами секторов. Наступает момент обратного влияния запасов на темпы потоков: $\dot{F}l_i(t) = f(St_i(t))$. Кроме того, нарушение тенденций может быть вызвано сектором домохозяйств не только в случае снижения их запасов, но также и в случае их роста.

5. Завершающим событием в цепочке неблагоприятных событий, связанных с уменьшением темпов функционирования секторов является, как правило, «обвал» реального сектора вследствие падения какой-либо из составляющих совокупного спроса $\dot{A}d(t)$. Вследствие падения ВВП происходит дополнительное снижение темпов доходов и расходов всех секторов и переход к состоянию равновесия для всей МЭС в целом на более низком уровне по сравнению с вызвавшей его причиной.

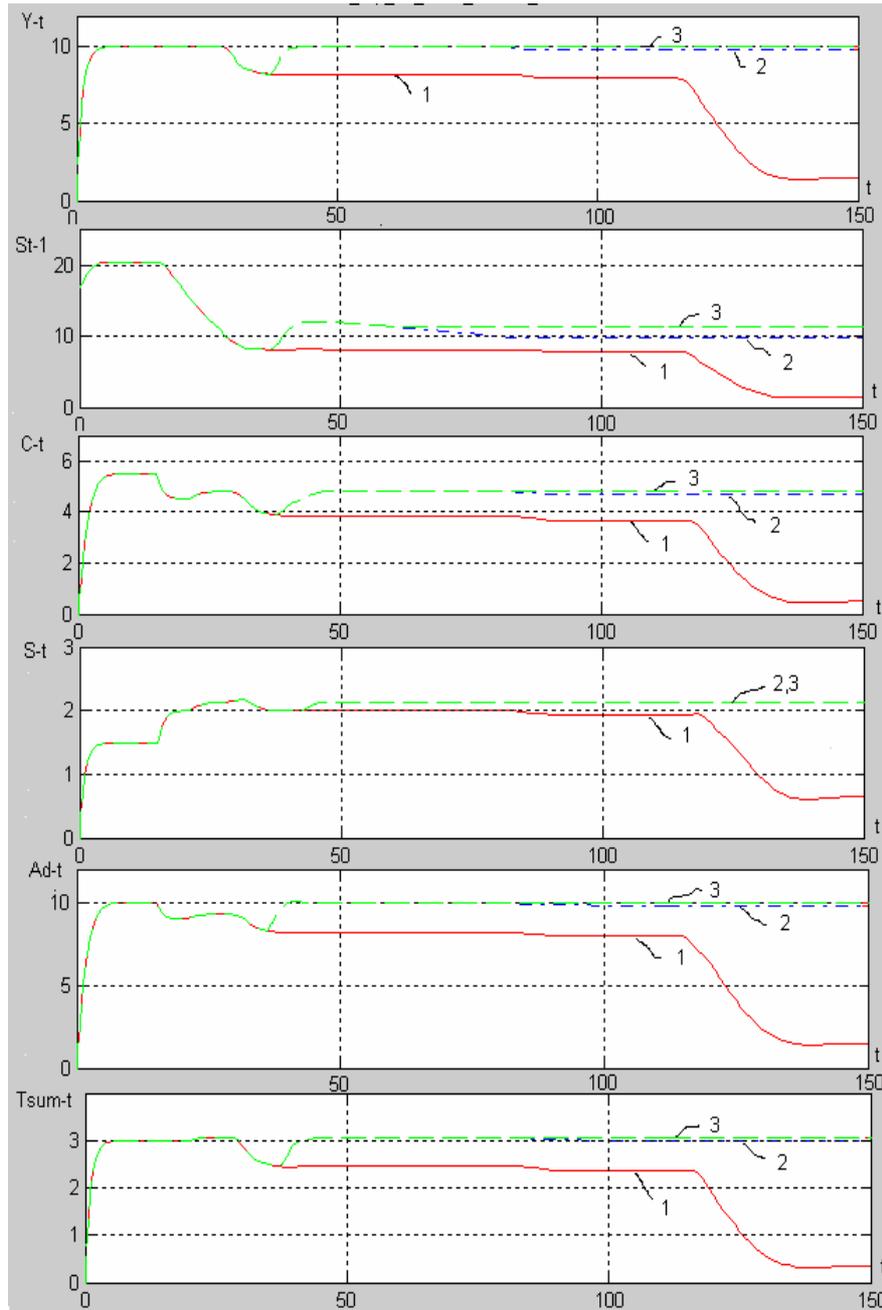


Рис. 4. Графики переходных процессов функционирования реального сектора и сектора домохозяйств

5. АНАЛИЗ СЦЕНАРИЕВ И ФОРМИРОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ УПРАВЛЯЕМОГО ПОВЕДЕНИЯ МЭС НА ДИНАМИЧЕСКИ НЕРАВНОВЕСНЫХ РЕЖИМАХ

Предложены два управляемых сценария для неравновесной ситуации, реализованной в сценарии 1. Сценарий 2 управляемого поведения МЭС предполагает принятие решения в момент $t = 36$ (после первого «обвала» экономики) в виде увеличения расходов сектора кредитных учреждений. Для этого включается режим $\text{Reg } U_3 = 1$ «на увеличение» для банковского сектора. Сценарий 2 в виде цепочки событий и тенденций представлен на рис. 6. Первые три события остались без изменения, четвертым

событием становится управление. Поддержка реального сектора со стороны банковского сектора в виде роста инвестиций позволила вначале восстановить прежний уровень выпуска ВВП (событие 5), и, как следствие, повысить доходы и расходы населения. Однако этот темп выпуска (совокупное предложение $\dot{A}_s(t)$) немного превышал доходы реального сектора (совокупный спрос $\dot{A}_d(t)$). Поддержание более высокого уровня выпуска ВВП приводит к незначительному снижению запасов реального сектора. В то же время государственный сектор получает больше доходов по причине возросших налогов от поправившего свое положение

населения, чем требуется для обеспечения прежнего темпа формирования госзакупок. Поэтому наблюдается тенденция незначительного роста запасов сектора государственных учреждений.

Следствием наметившихся тенденций является неизбежное снижение темпов расхода того сектора, чьи запасы снижаются. Это реальный сектор: ВВП незначительно падает, расходы

становятся равны доходам (событие 6). Снижение налогов восстановило равновесие и в секторе государственных учреждений. Вся МЭС в целом возвращается на равновесный режим функционирования к моменту $t = 104$ с незначительно уменьшенным темпом выпуска ВВП и с измененными пропорциями в расходах населения (рис. 4 и 5).

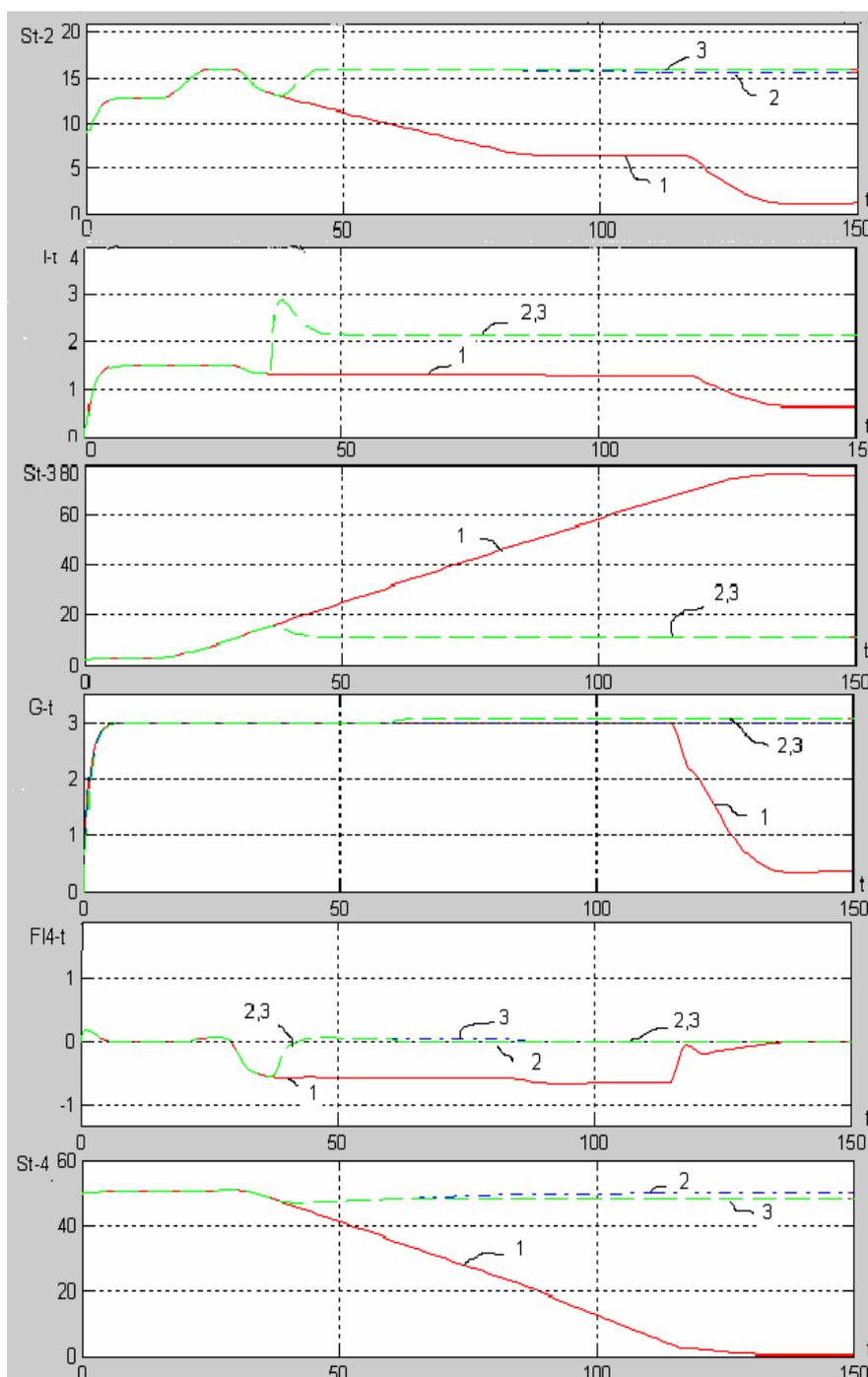


Рис. 5. Графики переходных процессов функционирования секторов кредитных и государственных учреждений

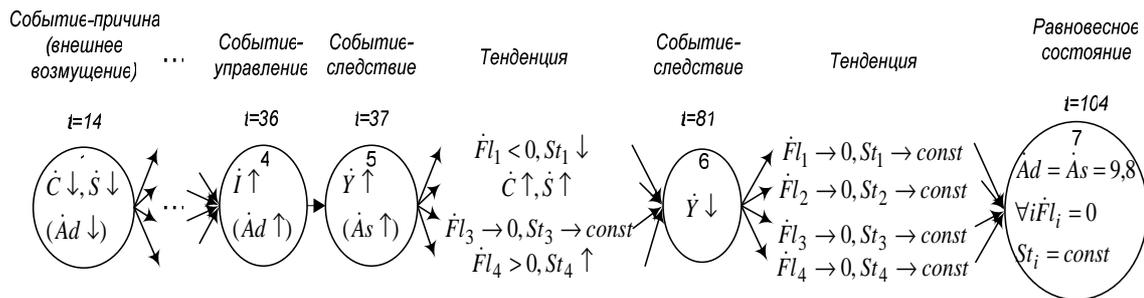


Рис. 6. Сценарий 2 управляемого поведения МЭС на динамически неравновесном режиме

Сценарий 3 управляемого поведения МЭС отличается от сценария 2 принятием дополнительного решения в момент $t = 59$. Решение представлено в виде увеличения госзакупок на величину, которая восстанавливает баланс доходов и расходов сектора. Следствием такого своевременного вмешательства является более быстрое восстановление равновесия не только в государственном секторе, но и во всей МЭС в целом, а также возможность поддержания темпа выпуска ВВП на прежнем уровне $\dot{Y}(t) = 10$ (рис. 4 и 5).

По результатам анализа управляемых сценариев сформулированы следующие закономерности управляемого поведения МЭС на динамически неравновесных режимах.

Во-первых, решения, связанные с увеличением темпов расходов ресурсов необходимо принимать в тех случаях, когда формируется тенденция роста запасов сектора, что соответствует изъятию из оборота части ресурсов и всегда является нежелательным. Принятие таких решений способствует восстановлению равновесия в первую очередь в секторе, по которому было принято решение; и только затем последствия этого решения сказываются на функционировании других секторов с учетом механизма взаимовлияния потоков и запасов.

Во-вторых, важным является своевременность принятого решения, так как быстрое реагирование на неблагоприятные воздействия позволяет предотвратить усугубление ситуации и с меньшими потерями компенсировать снижение темпов доходов и расходов. Своевременно принятые решения препятствуют перераспределению запасов, которое не соответствует вкладам секторов в ВВП и изъятию из макроэкономического кругооборота части ресурсов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе разработанных ранее динамических моделей макроэкономического кругообо-

рота и предложенного алгоритма корректировки темпов финансовых потоков проведен анализ сценариев поведения макроэкономической системы.

По результатам анализа сформулированы закономерности *неуправляемого* поведения МЭС на динамически неравновесном режиме. Показано, что причиной возникновения неравновесия в МЭС является изменение *темпов расхода ресурсов в каком-либо секторе*. Неравновесный режим, возникший в одном секторе, распространяется по всем контурам макроэкономического кругооборота одновременно, оказывая влияние на функционирование других секторов МЭС. Характер тенденций поведения МЭС на неравновесном режиме определяется, во-первых, интенсивностью финансовых потоков, формирующихся при взаимодействии секторов; во-вторых, влиянием информации о состоянии одних секторов МЭС на поведение других секторов; и, в-третьих, взаимным влиянием темпов финансовых потоков сектора и объема накопленных им запасов. Закономерностью является *рост* запасов у одной части секторов МЭС *при одновременном снижении* запасов у другой части секторов МЭС. В условиях неуправляемого поведения МЭС рост запасов сектора может происходить бесконечно; а снижение запасов сектора обязательно приведет к уменьшению темпов расхода ресурсов сектором через некоторый промежуток времени, длительность которого определяется текущим объемом накопленных запасов. Чем больше значение объема запасов сектора, тем дольше сектор может поддерживать прежние (плановые) темпы функционирования при отрицательном сальдо потоков, то есть тем дольше период резистентности сектора к внешним возмущениям. Вследствие работы *механизма самовыравнивания*, который обеспечивается алгоритмом корректировки, *темпы расходов* сектора стремятся приблизиться к *темпам* снижающихся *доходов* сектора, изменяющихся под воздействием других секторов МЭС.

Сформированы закономерности *управляемого* поведения МЭС на динамически неравновесном режиме. Показано, что при формировании тенденций роста запасов сектора целесообразно принимать решения об увеличении расходов, что препятствует изъятию из оборота части ресурсов. Принятие таких решений способствует восстановлению равновесия в первую очередь в секторе, по которому было принято решение; и только затем последствия этого решения сказываются на функционировании других секторов с учетом механизма взаимовлияния потоков и запасов. Своевременно принятые решения, обеспечивающие быстрое реагирование на неблагоприятные воздействия, препятствуют нерациональному перераспределению запасов между секторами и позволяют восстановить равновесие во всей МЭС в целом за более короткий срок. Восстановление равновесия реализуется за счет *механизма самовыравнивания*, работающего теперь уже в условиях растущих запасов и стремящегося приблизиться *темпы расходов* сектора к *темпам* возросших *доходов* сектора.

Сформулированные закономерности являются основой для разработки подсистемы поддержки принятия решений в составе системы имитационного моделирования и управления функционированием МЭС, которая может использоваться как аналитический инструмент при исследовании макроэкономических проблем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тарасевич Л. С., Гребенников П. И., Леуский А. И. Макроэкономика: Учеб. М.: Высшее образование, Юрайт-Издат, 2009. 654 с.
2. Попков Ю. С. Макросистемные модели пространственной экономики. М.: Комкнига, 2008. 240 с.
3. Абрамова Е. А., Белоусов Д. Р., Михайленко К. Е. Экономические итоги развития российской экономики в 2006 г. и прогноз на 2008–2010 гг. // Проблемы прогнозирования. 2008. № 1. С. 55–72.
4. Петров А. А., Поспелов И. Г., Шанин Х. А. Опыт математического моделирования экономики. М.: Энергоатом издат., 1996. 558 с.
5. Поспелов И. Г. Модели экономической динамики, основанные на равновесии прогнозов эко-

номических агентов. М.: Изд-во ВЦ РАН, 2003. 200 с.

6. Узяков М. Н. Отрасль в системе межотраслевых связей: возможности анализа и прогнозирования. М.: ТЕИС, 2002. 224 с.

7. Макаров В. Л., Бахтизин А. Р., Сулакшин С. С. Применение вычислимых моделей в государственном управлении. М.: Научный эксперт, 2007. 304 с.

8. Бродский Б. Е. Модели макроэкономического обмена: рынки благ и ресурсов // Центр ситуационного анализа и прогнозирования ЦЭМИ РАН. Теория и методология. Институциональная экономика, 2008. [Электронный ресурс] (<http://www.semi.rssi.ru>).

9. Клоцвог Ф. Н., Костин В. А. Макроструктурные модели – инструмент народнохозяйственного прогнозирования // Проблемы прогнозирования. 2004. № 6. С. 17–27.

10. Суспицын С. А. Макроэкономические стратегии развития Сибири // Регион: экономика и социология. 2006. № 4. С. 3–14.

11. Dos Santos C. H., Zezza G. A Post-Keynesian Stock-flow Consistent Macroeconomic Growth Model Preliminary Results / The Levy Economics Institute. [Электронный ресурс] (<http://ideas.repec.org/p/lev/wrap/402.html>).

12. Shone R. Economic Dynamics: Phase Diagrams and Their Economic Application Cambridge University Press. [Электронный ресурс] (<http://www.cambridge.org>).

13. Моделирование неравновесных воспроизводственных процессов макроэкономической системы / Б. Г. Ильясов [и др.] // Вестник УГАТУ. 2008. Т. 11, № 1(28). С. 124–132.

14. Концепция системного моделирования процессов кругооборота денежных потоков / Б. Г. Ильясов [и др.] // Тр. X Междунар. конф. «Проблемы управления и моделирования в сложных системах». Самара: Изд-во Самарск. ИЦ РАН, 2008. С. 153–160.

ОБ АВТОРЕ



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.