

CORRELATIVE FEATURES OF QUEUE SIZE IN QUEUE SYSTEMS WITH GENERAL FLOWS

Likhtzinder B.Y.

Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics, Samara. Russian Federation
E-mail: lixt@psati.ru

This work describes queue systems with request train flows being typical for modern multiservice networks. Influence of correlation features of flows on queue sizes is shown. Here the expression for correlation was derived. It generalizes a well known Pollaczek-Khinchin formula and it is correct for any stationary and ordinary request flows. Therefore average queue size is defined by dispersion and sum of correlative parameters of requests over service cycle. Flow parameters are easy determined by experiment. They can be used further for computing of average queue size in multiservice communication systems.

Keywords: queue systems, train flows, queue sizes, multiservice networks, load factor.

DOI: 10.18469/ikt.2015.13.3.07.

Likhtzinder Boris Yakovlevich, Doctor of Technical Science, Professor of Department of Multiservice Networks and Information Security, Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics, Samara, Russian Federation. Tel.: +7 8463334769. E-mail: lixt@psati.ru.

References

1. L. Kleinrock. *Queueing Systems: Volume 2: Computer Applications*. New York, John Wiley, 1976. 576 p. (Russ. ed. Klejnrok L. Vychislitel'nye sistemy s ocheredjami. Moscow, Mir Publ., 1979. 600 p.)
2. E.S. Ventzel. *Issledovanie operacij* [Operations analysis]. Moscow, Nauka Publ., 1980. 208 p.
3. B.Y. Likhtzinder. Interval'nyj metod analiza trafika mul'tiservisnyh setej [Interval method of traffic analysis in multiservice communication systems]. *Prilozhenie k zhurnalu «Infokommunikacionnye tehnologii»*, 2012, pp. 101-152.

Received 08.07.2015]

НОВЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 681.5

ДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СЛОЖНОГО МНОГООТРАСЛЕВОГО ПРОИЗВОДСТВЕННОГО КОМПЛЕКСА С УЧЕТОМ ЗАПАСОВ КАПИТАЛА И ВОСПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ВЗАИМОСВЯЗЕЙ

Димов Э.М.¹, Ильясов Б.Г.², Макарова Е.А.², Ефтонова Т.А.²

¹Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, Самара, РФ

²Уфимский государственный авиационный технический университет Уфа, РФ

Рассмотрены особенности динамического моделирования процессов функционирования сложного многопрофильного производственного комплекса, рассматриваемого в единстве с воспроизводственным процессом на макроуровне. Приведены сценарии реализации мер в области кредитно-денежной политики, полученные на основе имитационного моделирования.

Ключевые слова: многоотраслевой производственный комплекс, динамическая модель, поток, запас, инвестиционные расходы, уровень цен, имитационный эксперимент.

Введение

К важным чертам развития мировой экономики необходимо отнести динамизм, нелинейность процессов, существенные ресурсные ограничения, присущие социально-экономическим систе-

мам (СЭС), рассматриваемым на разных уровнях, в том числе на уровне национальных экономик в целом (макроуровне), либо на уровне секторов экономики или кластеров предприятий и производственных комплексов (мезоуровне). Про-

блема, связанная с обеспечением эффективного функционирования предприятий и производственных комплексов реального сектора экономики, заслуживает серьезного внимания, особенно в настоящее время – время укрупнения субъектов рыночных отношений и необходимости обеспечения инновационного развития. Эффективность управления производственными комплексами на макро- и мезоэкономическом уровне требует проведения различных политик государственного регулирования с учетом рыночных механизмов, что позволит обеспечить рост производства валового внутреннего продукта (ВВП).

Одним из путей обеспечения поддержки процедур анализа и оценки регулирующего воздействия является разработка программно-моделирующих комплексов, предназначенных для поддержки принятия решений при управлении процессом функционирования предприятий и производственных комплексов реального сектора экономики на макроэкономическом и региональных уровнях и основанных на применении когнитивных, динамических и имитационных моделей [1-7]. В работе под сложным многопрофильным производственным комплексом (МПК) понимается множество взаимосвязанных по ресурсным потокам (материальным, финансовым, трудовым) производственных комплексов, функционирование которых может рассматриваться на федеральном или региональном уровнях. Процесс функционирования сложного МПК рассматривается, во-первых, в тесной взаимосвязи с функционированием других секторов экономики, формирующих кругооборот финансовых и материальных потоков и образующих в целом воспроизводственный процесс, и, во-вторых, в аспекте поддержания желаемых воспроизводственных пропорций, характеризующих отраслевую структуру реального сектора экономики (его структурные пропорции).

Процессы управления функционированием МПК, относящимся к классу СЭС, характеризуются множественностью целей и критериев управления, их противоречивостью, недостатком информации для принятий решений или ее недостаточной достоверностью в силу причин социального, экономического и технического характера, неопределенностью и неоднозначностью всех этапов принятия решений по управлению МПК [3; 5]. Следствием перечисленных особенностей управления является слабоформализуемый характер задач принятия решений, который требует применения методов имитационного моделирования для снижения влияния неопределенностей

формирования управляющих воздействий. Согласно методу Димова-Маслова (МДМ), предложенному в работе [1], имитационная модель (ИМ), встроенная в контур управления реальной СЭС, должна позволять проводить сценарные эксперименты для достаточно широких границ изменения управляющих и возмущающих воздействий, значения которых заранее предсказать не представляется возможным. Согласно МДМ исследование процесса функционирования МПК ведется в два этапа: вначале разрабатывается динамическая модель процесса функционирования МПК на основе ранее разработанной методологии моделирования динамики функционирования макроэкономических систем [8-9], а затем разрабатываются алгоритмы управления МПК и проводятся сценарные исследования на основе ИМ функционирования МПК.

Особенности моделирования динамики управления инвестиционным процессом макроэкономической системы

При моделировании динамики управления процессом функционирования МПК необходимо учитывать следующие особенности.

Цели управления процессом функционирования МПК, который рассматривается в единстве с воспроизводственным процессом, должны формулироваться исходя из условия обеспечения достижения цели всей макроэкономической системы (МЭС) в целом [1; 8-9]. Цель функционирования МПК в многосекторной экономической системе состоит в обеспечении такого сбалансированного движения финансовых потоков сбережений и инвестиций и материальных потоков благ с учетом накопления запасов основного капитала, при котором обеспечивается поддержание плановых темпов роста ВВП при условии соблюдения требуемых воспроизводственных пропорций.

2. Алгоритмы управления выражаются в корректировке темпов финансовых потоков; цели управления процессом функционирования МПК также выражаются в терминах темпов потоков. При формировании управляющих решений необходимо учитывать ограниченность объемов основного капитала производственных секторов, объемов товарно-материальных запасов и запасов финансовых ресурсов секторов МЭС. Важным для формирования инвестиционного сценария управления процессом функционирования МПК считается учет соотношений между темпами финансовых и материальных потоков, которые выражаются в пропорциях ВВП, харак-

теризующих распределение инвестиционных средств между производственными секторами МЭС, и в пропорциях промежуточного продукта, характеризующих межотраслевые связи производственных секторов МЭС как дополнительный механизм распространения последствий принимаемых решений.

3. Необходимо учитывать временные характеристики процесса управления финансовыми потоками, в частности лаги принятия решений, как внутренние, так и внешние. Особое значение для исследования имеют лаги, которые обуславливают наличие двух последовательных этапов в распространении возмущений по замкнутым контурам инвестиционного процесса: этапа воздействия на совокупный спрос и этапа воздействия на совокупное предложение, отставание которого связано с запаздыванием реакции реального сектора на вложения инвестиций в виде роста темпов производства вследствие ввода в эксплуатацию основных фондов [5].

4. При разработке алгоритмов принятия решений необходимо учитывать характер текущего динамически неравновесного режима функционирования МЭС, диагностика которого выполняется на основе анализа характера нарушения балансовых тождеств [4-5].

5. Процесс функционирования МПК характеризуется высокой степенью неопределенности и риска. Инвестиционный спрос формируется в неопределенных условиях рыночных отношений в результате взаимодействия всех секторов МЭС на макроэкономических рынках благ и денег, взаимосвязанных друг с другом по финансовым потокам с учетом информационных регулирующих факторов рыночной среды. К неопределенным факторам относятся: политические факторы, государственное регулирование ставки рефинансирования, рост стоимости ресурсов на рынке капитала, повышение издержек производства, инфляционный рост цен, колебания цен на мировых рынках.

Структура динамической модели процесса функционирования МПК

Комплекс разработанных динамических моделей процесса функционирования МЭС включает в себя динамические модели энерго-сырьевого, фондосоздающего и потребительского секторов экономики и сектора финансовых учреждений. Модели взаимосвязаны в рамках макроэкономического кругооборота и содержат модели накопления и потребления основного капитала, а также модели формирования инвестиционных

расходов финансовым сектором с учетом динамики уровня цен и процентной ставки.

Динамическая модель процесса функционирования МПК в составе МЭС представляет собой систему непрерывных нелинейных дифференциальных уравнений, которые описывают динамику:

- процессов попеременного накопления и расходования запасов финансовых ресурсов на основе сбережений в одних секторах и материальных ресурсов в виде основного капитала в других секторах экономики;

- процессов согласованного формирования инвестиционных расходов различными секторами в неравновесных условиях рынков благ и денег с учетом динамики изменения процентной ставки.

На функциональной схеме (ФС) динамической модели процесса функционирования МПК ФС (см. рис. 1) выделено десять динамических моделей. Это три модели функционирования производственных секторов: модель AF1 энерго-сырьевого сектора, модель AF2 фондосоздающего сектора, модель AF3 потребительского сектора; а также три соответствующие им модели макроэкономических рынков продукции: модели AM1 рынка энерго-сырьевых товаров, модели AM2 рынка основного капитала (основных фондов) и модели AM3 рынка потребительских товаров и услуг; а также модель AN функционирования сектора домашних хозяйств; модель AB функционирования сектора финансовых учреждений; модель AG функционирования сектора государственных учреждений и модель АММ функционирования рынка денег. На ФС связи представлены в виде финансовых потоков (сплошные линии); информационных связей (штриховые линии) и материальных потоков (штрихпунктирные линии). Выделены контуры финансовых и материальных потоков: производство-потребление, инвестиции-сбережения, налоги-госзакупки.

Модели функционирования секторов (модели AF1, AF2, AF3, AN, AG, AB) содержат динамические модели реализации функциональных процессов, управляемых на основе обратной связи и объединенных контуром адаптации плановых темпов расхода ресурсов на основе информации о запасах.

Динамические модели секторов МЭС строятся на основе сформулированных ранее системных принципов моделирования управляемого поведения макроэкономических агентов. Деятельность каждого сектора является управляемой и предполагает выполнение функций в соответствии с его ролью в воспроизводственном процессе.

Модели AF1-AF3 описывают функционирование выделенных секторов экономики: энерго-сырьевого, фондосоздающего и потребительского, соответственно. Каждый производственный сектор выполняют следующие функциональные процессы: валовой выпуск продукции с темпами \dot{Y}_i на основе планируемых расходов \dot{Y}_i^0 ; накопление капитала K_i посредством освоения валовых инвестиций $\dot{I}b_i$ и получения инвестиционных товаров, приобретенных на рынке основного капитала; износ капитала K_i посредством осуществления амортизационных отчислений Am_i с нормой амортизации δ_i ; осуществление промежуточного потребления $\dot{I}c_i$ и предъявление промежуточного спроса $\dot{I}d_{ij}$ на продукцию j -го сектора; формирование валовой добавленной стоимости (ВДС) \dot{Y}_{gac_i} , распределение ВДС на потоки заработной платы $\dot{R}l_i$, формирования налогов $\dot{T}p_i$ на производство и импорт, формирования валовой прибыли $\dot{P}g_i$ (которая распадается на нераспределенную прибыль $\dot{P}g_{i1}$, служащую источником валовых накоплений капитала, и прибыль $\dot{P}g_{i2}$, выплачиваемую в виде доходов владельцам факторов производства); формирование совокупного предложения $\dot{A}s_i$ с учетом планируемых темпов использования товарно-материальных запасов $\dot{Y}_{inv_i}^0$; формирование текущих инвестиционных расходов $\dot{I}b_i$ на основе использования собственных инвестиционных средств с планируемыми темпами $\dot{I}b_{ii}^0$ и заемных средств с темпами \dot{I}_i ; получение доходов $\dot{R}ev_i$ по результатам реализации продукции на i -ом рынке благ и пополнения товарно-материальных запасов с темпом $\dot{A}s_{umi}$ в ситуациях избыточного предложения.

Модели AM1-AM3 описывают процессы функционирования рынков продукции секторов экономики AF1-AF3: рынок энерго-сырьевых ресурсов, рынок основного капитала и рынок потребительских товаров и услуг. Основопологающей функцией i -го рынка является обеспечение взаимодействия во времени совокупного спроса (суммы промежуточного и конечного спроса): $\dot{A}d_i = \dot{I}d_i + \dot{F}d_i$ как входного финансового потока и совокупного предложения $\dot{A}s_i$ как входного материального потока. В результате такого взаимодействия формируется уровень цен P_i на i -ый вид продукции.

Промежуточный спрос предъявляется всеми секторами производственной подсистемы на про-

дукцию i -го вида для промежуточного потребления и вычисляется по формуле $\dot{I}d_i = \sum_j \dot{I}d_{ji}$.

Конечный спрос на продукцию i -го вида предъявляется со стороны населения в виде доли темпов потребления \dot{C} , государства в виде доли темпов госзакупок \dot{G} , иностранного сектора в виде доли темпов чистого экспорта $\dot{X}n$, а также со стороны производственных секторов в виде темпов формирования валового накопления в составе спроса на основной капитал рынка инвестиционных товаров. Таким образом, конечный спрос на продукцию первого и третьего секторов вычисляется по формуле:

$$\dot{F}d_i = k_{C_i} \cdot C + k_{G_i} \cdot G + k_{Xn_i} \cdot Xn,$$

а на продукцию второго сектора:

$$\dot{F}d_2 = k_{C_2} \cdot C + k_{G_2} \cdot G + k_{Xn_2} \cdot Xn + \sum_i \dot{I}b_i, \quad i = \overline{1;3}.$$

Особенностью моделей AM1-AM3 является связь с сектором «Внешний мир» в виде темпов поступления чистого экспорта $\dot{X}n_i$, который рассматривается как внешнее воздействие. Темпы чистого экспорта формируются как разность между темпами экспорта $\dot{E}x_i$ и импорта и могут быть отрицательными для секторов в случае превышения экспорта импортом: $\dot{X}n_i = \dot{E}x_i - \dot{I}m_i$.

Вспомогательной функцией i -го рынка является формирование доходов производителей $\dot{R}ev_i$, соответствующих удовлетворенному спросу как выходного финансового потока и нереализованной продукции $\dot{A}s_{umi}$, которая приобретает форму товарно-материальных запасов и служит дополнительной информацией о характере неравновесного состояния рынка как выходного материального потока.

Согласно предложенным моделям на i -ом рынке формируется текущий уровень цен P_i на продукцию i -го сектора, который состоит из статической составляющей P_i^0 и динамической составляющей P_{dyn_i} . Статическая составляющая соответствует цене базового года и принимается в качестве равновесной цены базового равновесного режима системы. Динамическая составляющая отражает отклонение текущей рыночной цены от базовой и может быть положительной или отрицательной. На динамически равновесном режиме $P_{dyn_i} = 0$. Вычисляется средний по экономике уровень цен $P_{average}$ и его динамическая составляющая $P_{dyn.average}$. Для этого складываются уровни цен (либо, соответственно,

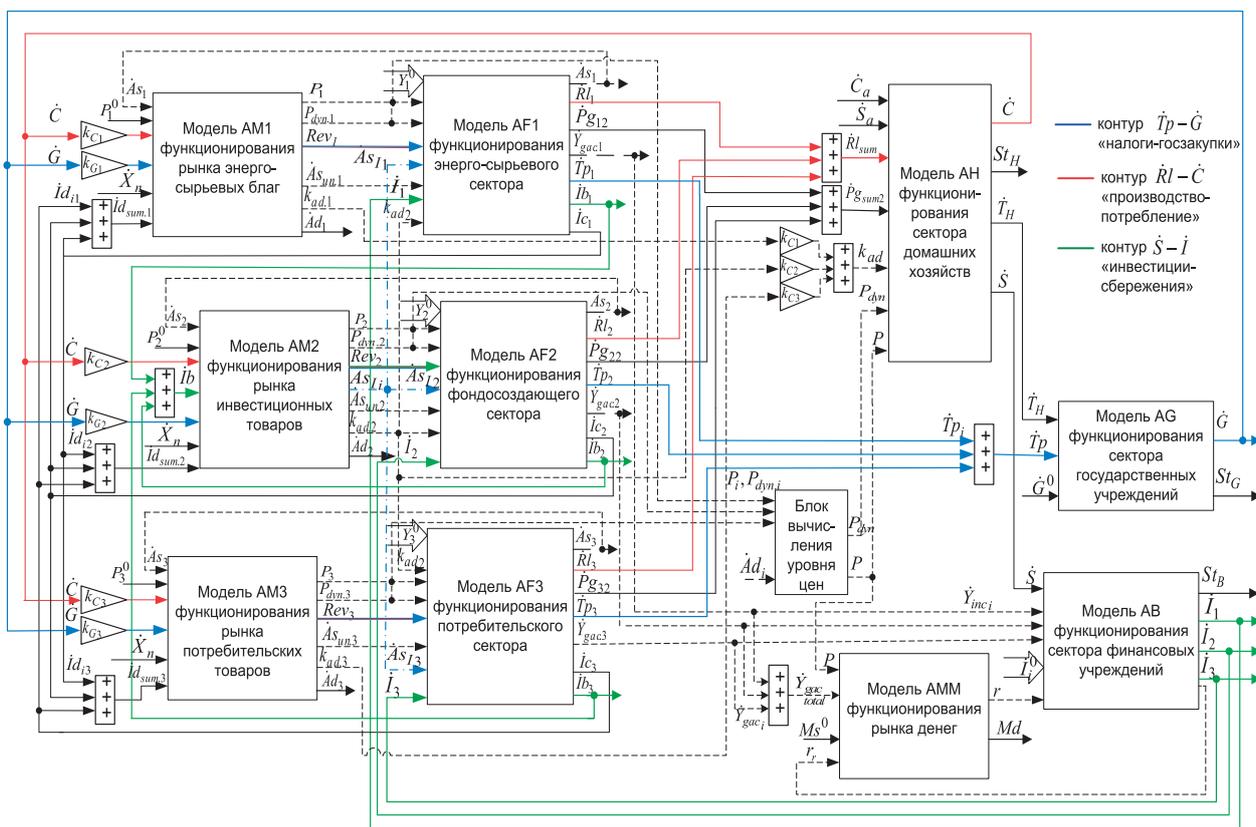


Рис. 1. Функциональная схема динамической модели процесса функционирования МПК с учетом воспроизводственных взаимосвязей

динамические составляющие) каждого рынка с соответствующими им весами w_i , обозначающими долю спроса на продукцию i -го рынка в суммарном спросе:

$$P_{average} = \sum_{i=1}^n w_i \cdot P_i, P_{dyn.average} = \sum_{i=1}^n w_i \cdot P_{dyn_i}, \quad (1)$$

где $w_i = \dot{A}d_i / (\sum_{i=1}^n \dot{A}d_i)$. Средняя динамическая составляющая цены $P_{dyn.average}$ относится к классу информационных связей и оказывает регулирующее воздействие на поведение потребителей, формирующих совокупный спрос $\dot{A}d_i$, и производителей, создающих совокупное предложение $\dot{A}s_i$. Корректировка плановых темпов осуществляется аддитивным способом.

Кроме уровня цен, на каждом из трех рынков благ вычисляется корректирующий коэффициент k_{adi} . Общий коэффициент k_{ad} необходим для определения фактических расходов на потребление и вычисляется следующим образом: складываются коэффициенты k_{adi} каждого рынка с соответствующими им весами k_{Ci} : $k_{ad} = \sum_i k_{Ci} \cdot k_{adi}, i = \overline{1;3}$. Коэффициенты k_{Ci} ,

обозначают долю продукции i -го рынка в потреблении домохозяйств. Коэффициент k_{ad2} , формирующийся на рынке основных фондов, используется для корректировки темпов формирования собственных инвестиций $\dot{I}b_{ii}$ производственных секторов в моделях AFi и инвестиций финансового сектора \dot{I}_i в модели АВ.

Модель АН описывает функционирование сектора домохозяйств. Сектор выполняет следующие функциональные процессы: получает доходы в виде суммарных темпов формирования секторами $AF1$ - $AF3$ заработной платы $\sum_i \dot{R}l_i$ и части валовой прибыли $\sum_i \dot{P}g_{i2}$; осуществляет выплату налогов с темпом \dot{T}_H ; на основе суммарных доходов формирует желаемые темпы потребления \dot{C} и сбережений \dot{S} .

Планы по формированию расходов вычисляются согласно кейнсианской концепции на основе плановых темпов: автономного потребления \dot{C}^0 и автономных сбережений \dot{S}^0 . Планы по формированию расходов на потребление \dot{C}^0 дополнительно корректируются на основе информации о динамической составляющей цены $P_{dyn.average}$, а фактические темпы расходов на потребление

корректируются с помощью коэффициента k_{ad} , вычисление которого описано выше. Такая корректировка необходима в ситуациях дефицита.

Модель АВ описывает функционирование сектора финансовых учреждений. Сектор выполняют следующие функциональные процессы: аккумулирует сбережения \dot{S} секторов МЭС; трансформирует сбережения в средства для инвестиционных кредитов; устанавливает процентные ставки r_i по кредитам с учетом информации о денежной процентной ставке; формирует инвестиции \dot{I}_i с учетом информации о планируемых автономных инвестициях \dot{I}_i^0 по каждому виду кредита.

Особенностью модели АВ является учет влияния текущих значений валовой добавленной стоимости (ВДС) секторов \dot{Y}_{gac_i} и текущей ставки процента r при формировании кредитных ставок по инвестиционным кредитам \dot{I}_i , выдаваемым производственным секторам.

Модель АГ описывает функционирование сектора государственных учреждений, которые формируют доходы в виде суммы налоговых и неналоговых поступлений от производственных секторов $\sum_i \dot{T}p_i$ и домохозяйств \dot{T}_H и расходы в виде госзакупок \dot{G} с учетом инвестиционных расходов. Модель АММ описывает процесс функционирования рынка денег на основе информации о текущем предложении денег Ms , а также текущего уровня цен P и текущего дохода $\dot{Y}_{inc.total}$, определяющего спрос на деньги Md . Формирование текущей ставки процента r ориентировано на возможные изменения ставки рефинансирования r_0 и динамической составляющей r_{dyn} . На рынке денег определяется спрос на деньги Md со стороны всех секторов МЭС и интегрируется в единую зависимость. В этом заключается так называемая аккумулирующая функция рынка. Также на рынке денег формируется особая цена денег – рыночная ставка процента r на основе взаимодействия спроса на деньги Md и предложения денег Ms на динамически неравновесных режимах. Регулирующая функция рынка заключается в обратном влиянии ситуации на рынке денег на поведение секторов МЭС при формировании ими спроса на деньги и инвестиционного спроса.

Имитационные эксперименты для анализа сценариев управления функционированием МПК

Исследование эффективности предложенных алгоритмов принятия решений при управлении

инвестиционным процессом МЭС проводится на основе проведения имитационных экспериментов по различным сценариям управления МЭС.

Рассматривается ситуация роста износа основных фондов (сценарий №1). Далее приведены три сценария, которые являются управляемыми и предполагают применение мер денежно-кредитной политики для выхода системы из состояния рецессии.

Первый управляемый сценарий (сценарий №2, см. рис. 2) воспроизводит ситуацию, при которой в момент времени $t = 48$ правительством приняты решения в виде увеличения денежной массы в три этапа: $\Delta Ms_1 = 1$, $\Delta Ms_2 = 2$, $\Delta Ms_3 = 3$ ($t = 48; 53; 58$). Увеличение денежной массы является одним из инструментов кредитно-денежной политики государства, реализующей политику «дешевых» денег, которая широко применяется при государственном регулировании экономики. Увеличение денежной массы Центральным Банком (ЦБ) может также осуществляться косвенно путем проведения операций на открытом рынке: покупая ценные бумаги у коммерческих банков, ЦБ вводит в народно-хозяйственный оборот дополнительную массу денег.

Увеличение предложения денег ведет к снижению процентной ставки r , что стимулирует рост темпа формирования банковских инвестиций \dot{I} , предоставляемых реальному сектору.

Благодаря росту привлеченных средств сектора 1-3 увеличивают валовые капитальные инвестиции $\dot{I}b_i$, что приводит к росту темпа формирования совокупного спроса на рынке средств труда $\dot{A}d_2$. Растет уровень цен P_2 на рынке благ 2 в результате возникшего дефицита $\dot{A}d_2 > \dot{A}s_2$. Одновременно с лагом $\tau_3 = 3$ растут основной капитал K_3 и темпы валового выпуска потребительского сектора.

Предложение превышает спрос $\dot{A}d_3 < \dot{A}s_3$, и цены на потребительские товары P_3 снижаются. Благодаря росту доходов $\dot{R}l_{total}$ на снижение цен и увеличение предложения потребительских товаров население реагирует повышением темпов формирования потребления \dot{C} в $t = 52$. Рост потребления \dot{C} как компонента конечного спроса вызывает дефицит на рынке предметов труда $\dot{A}d_1 > \dot{A}s_1$, и цена P_1 растет. Это происходит потому, что из-за высокой длительности инвестиционного лага $\tau_1 = 8$ первый сектор последним осваивает капитальные инвестиции и начинает увеличивать производство в $t = 56$, а промежуточный спрос со стороны потребительского сектора $\dot{I}d_{31}$ и спрос со стороны населения \dot{C} вырастают

уже в $t = 51; 52$. Инвестиции сектора финансовых учреждений растут до момента времени $t = 58$, увеличивая при этом валовые инвестиции секторов $\dot{I}b_t$, а значит, и их спрос на основные фонды в составе совокупного спроса $\dot{A}d_2$.

Фондосоздающий сектор с задержкой $\tau_2 = 6$ наращивает темпы производства до момента времени $t = 64$, когда происходит последняя волна роста выпуска сектора. Предложение начинает превышать спрос $\dot{A}d_2 < \dot{A}s_2$, и уровень цен P_2 на основной капитал падает, а также падает и общий по экономике уровень цен $P_{average}$. Благодаря увеличению инвестиционных вложений сектора расходуют меньше запасов St_p , чем в неуправляемом сценарии, однако первый и третий сектор все же беднеют, хоть и меньшими темпами. Сектор государственных учреждений также продолжает беднеть меньшими темпами расхода запасов StG , за счет роста темпов поступления налогов от реального сектора и домохозяйств. Таким образом, наращивание денежной массы Ms является недостаточно эффективной мерой денежно-кредитной политики государства и не позволяет системе вернуться на прежний уровень функционирования. Кроме того, избыточное предложение денег Ms может впоследствии при сокращении спроса на деньги Md со стороны секторов привести к обвалу рынка денег и обесцениванию национальной валюты. Следующие два управляемых сценария экспериментов (сценарии №3 и №4) предполагают применение мер денежно-кредитной политики в виде снижения ставки процента r и последовательного увеличения денежной массы Ms и снижения ставки процента r .

Сценарий №3 предполагает принятие решений в виде снижения процентной ставки в три этапа $\Delta r = -1$, $\Delta r = -2$, $\Delta r = -3$ в моменты времени $t = 55, 60, 65$. Сценарий 4 предполагает принятие в виде увеличения денежной массы $\Delta Ms = 1$, $\Delta Ms = 2$, $\Delta Ms = 3$ ($t = 48, 53, 58$) и снижения ставки процента $\Delta r = -1$, $\Delta r = -2$, $\Delta r = -3$ ($t = 55, 60, 65$).

Снижение процентной ставки r способствует росту темпа формирования инвестиций \dot{I} и запускает тот же механизм денежно-кредитной политики, что и в предыдущем эксперименте, однако с более высокими темпами, так как данная мера значительно улучшает инвестиционный климат. Сценарий 3 позволяет системе вернуться к прежним темпам функционирования, а первому и второму сектору даже превзойти их. Более значительные результаты в виде роста темпа выпуска ВВП позволяет получить сценарий №4 с ис-

пользованием обеих мер монетарной политики в вид последовательного увеличения предложения денег и снижения ставки процента.

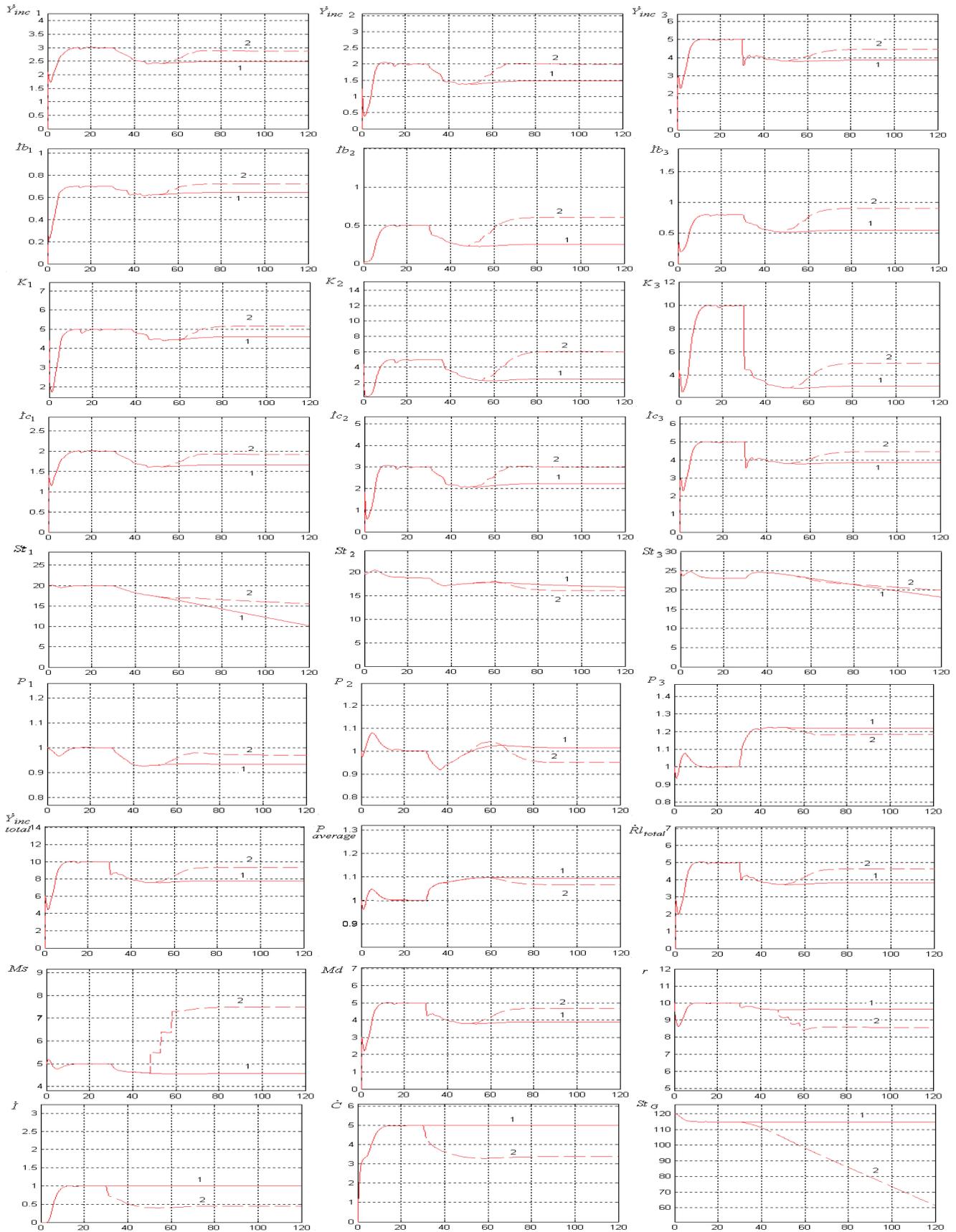
Заключение

Таким образом, разработана динамическая модель процесса функционирования МПК МЭС, которая включает основные контуры кругооборота материально-финансовых потоков; учитывает структурные особенности межсекторных связей, сформированных на основе методологии межотраслевого баланса; отражает особенности формирования инвестиционного спроса, аккумулирующего инвестиционные потоки всей МЭС в целом на рынке инвестиционных товаров; учитывает регулирующее влияние инструментов денежно-кредитной политики через механизмы денежного рынка и рынков благ с учетом влияния неопределенности рыночной конъюнктуры.

Результаты сценарных экспериментов по исследованию влияния мер денежно-кредитной политики для регулирования процесса функционирования МПК в составе МЭС показали, что рост денежной массы и снижение процентной ставки позволяют повысить темп выпуска ВВП с учетом существования ограничений, обусловленных наличием эффектов инвестиционной и ликвидной ловушек. Применение сценарного подхода к исследованию динамики функционирования МПК на основе имитационного моделирования позволяет выявить причинно-следственные закономерности и тенденции развития МПК на множестве неравновесных ситуаций в условиях неопределенности. Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № НК 14-08-00673/14.

Литература

1. Димов Э.М., Маслов О.Н., Трошин Ю.В. Снижение неопределенности выбора управленческих решений с помощью метода статистического имитационного моделирования // Информационные технологии. №6, 2014. – С. 51-57.
2. Димов Э. М., Маслов О. Н. О точности и адекватности метода статистического имитационного моделирования // Инфокоммуникационные технологии. Т.5, №1, 2007. – С. 60-67.
3. Димов Э.М. Имитационное моделирование и оптимизация управления в сложных производственных системах. Саратов: Изд-во СГУ, 1983. – 165 с.
4. Ильясов Б.Г., Дегтярева И.В., Макарова Е.А., Карташева Т.А. Интеллектуальные алгоритмы принятия решений при управлении инвести-



«————» – сценарий №1 без управления; «- - -» – сценарий №2 с управлением

Рис. 2. Графики результатов экспериментов по сценариям №1 и №2

- ционном процессом макроэкономической системы // Научно-технические ведомости СПб-ГПУ. 6:2, 2011. – С. 116-122.
5. Макарова Е.А. Формирование сценариев управления поведением секторов экономики на основе динамической модели макроэкономического кругооборота // Вестник УГАТУ. 13:35, 2009. – С. 136-147.
 6. Павловский Ю.Н., Белогелов Н.В., Бродский Ю.И. Имитационное моделирование. М.: ИЦ «Академия», 2008. – 240 с.
 7. Прогноз и моделирование кризисов и мировой динамики. Под ред. А.А. Акаева, А.В. Коротаева Г.Г. Малинецкого. М.: Изд-во ЛКИ, 2010. – 352 с.
 8. Макарова Е.А., Ефтонова Т.А. Методология системного моделирования и управления сложным производственным комплексом как динамическим мультиагентным объектом с учетом воспроизводственных взаимосвязей // Сб. трудов II МК «Интеллектуальные технологии обработки информации и управления». Уфа: УГАТУ, 2014. – С. 131-135.
 9. Макарова Е.А., Ефтонова Т.А., Гатиятуллина В.Р. Когнитивная модель функционирования сложного производственного комплекса региона с учетом запасов капитала и макропоказателей // Сб. трудов II МК «Интеллектуальные технологии обработки информации и управления». Уфа: УГАТУ, 2014. – С. 158-163.

Получено 31.03.2015

Димов Эдуард Михайлович, д.т.н., профессор Кафедры экономических и информационных систем Поволжского государственного университета телекоммуникаций и информатики. Тел. 8-906-340-37-41. E-mail: e.m.dimov@gmail.com

Ильясов Барый Галеевич, д.т.н., профессор Кафедры технической кибернетики (ТК) Уфимского государственного авиационного технического университета (УГАТУ). E-mail: ilyasov@tc.ugatu.ac.ru

Макарова Елена Анатольевна, д.т.н., профессор Кафедры ТК УГАТУ. E-mail: ea-makarova@mail.ru

Ефтонова Татьяна Анатольевна, к.т.н., старший преподаватель Кафедры экономической информатики УГАТУ. E-mail: kartashevat@yandex.ru

DYNAMIC MODEL OF COMPLICATED DIVERSIFIED MANUFACTURING COMPLEX OPERATION UNDER TAKING INTO ACCOUNT CAPITAL STOCK AND REPRODUCTION RELATIONSHIPS

Dimov E.M.¹, Ilyasov B.G.², Makarova E.A.², Eftonova T.A.²

¹*Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics, Samara, Russian Federation*

²*Ufa State Aviation Technical University, Ufa, Russian Federation*

E-mail: ea-makarova@mail.ru

We present developed model of diversified manufacturing complex operating as a part of macroeconomic system. Model involves main outline of circular of material and financial flows. It takes into account structural features of cross-sector relationships based on interindustry balance methodology. Model covers features of investment demand accumulating investment flows over entire macroeconomic system in the investment market. It also takes into account regulatory control of monetary management via money market and goods market under influence of market uncertainty effects. We produced business case experiments to research the influence of monetary policy actions on management of diversified manufacturing complex operation as a part of macroeconomic system. According to obtained results, money growth and interest rate reduction provide step up the rate of GDP under constraints due to effects of investment and liquidity traps. Business case approach application for research of diversified manufacturing complex operation dynamics based on simulation helps to reveal the cause-and-effect relationships and trends of diversified manufacturing complex development over set of unbalanced cases under undertrained conditions.

Keywords: diversified manufacturing complex, dynamic model, flow, capital stock, investment costs, price level, simulation

DOI: 10.18469/ikt.2015.13.3.08

Dimov Eduard Mikhailovich, Doctor of Technical Science, Professor of the Department Information Systems, Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics, Samara, Russian Federation. Tel.: +79063403741 E-mail: e.m.dimov@gmail.com

Ilyasov Bury Galeevich, Doctor of Technical Science, Professor of the Department of Technical Cybernetics, Ufa State Aviation Technical University, Ufa, Russian Federation. E-mail: ilya-sov@tc.ugatu.ac.ru

Makarova Elena Anatoljevna, Doctor of Technical Science, Associate Professor, Professor of the Department of Technical Cybernetics, Ufa State Aviation Technical University, Ufa, Russian Federation. E-mail: ea-makarova@mail.ru

Eftonova Tatiana Anatoljevna, PhD of Technical Science, Associate Professor of the Department of Technical Cybernetics, Ufa State Aviation Technical University, Ufa, Russian Federation. E-mail: kartashev@yandex.ru.

References

1. Dimov E.M., Maslov O.N., Troshin Ju.V. Snizhenie neopredelennosti vybora upravlencheskih peshenij s pomoshh'ju metoda statisticheskogo imitacionnogo modelirovaniya [Reducing Uncertainty in a Choice of Management Desicions Using Statistical Simulation]. *Informacionnye tehnologii*, 2014, no. 6, pp. 51-57.
2. Dimov E.M., Maslov O.N. O tochnosti i adekvatnosti metoda statisticheskogo imitacionnogo modelirovaniya [About accuracy and adequacy of the statistical simulation method]. *Infokommunikacionnye tehnologii*, 2007, vol. 5, no. 1, pp. 60-67.
3. Dimov E.M. *Imitacionnoe modelirovanie i optimizacija upravlenija v slozhnyh proizvodstvennyh sistemah* [Simulated modeling and management optimization of complex industrial systems]. Saratov, SGU Publ., 1983. 165 p.
4. Ilyasov B.G., Degtyareva I.V., Makarova E.A., Kartasheva T.A. Intellectual'nye algoritmy prinyatiya reshenij pri upravlenii investicionnym processom makroekonomicheskoy sistemy [Intelligent algorithms for decision making in the management of the investment process of macroeconomic system]. *Nauchno-tehnicheskie vedomosti SPbGPU*, 2011, vol. 6-2, no. 138, pp. 116-122.
5. Makarova E.A. Formirovanie scenarijev upravlenija povedeniem sektorov jekonomiki na osnove dinamicheskoy modeli makroekonomicheskogo krugooborota [Formation of scenarios managements of behaviour of sectors of economy on the basis of dynamic model macroeconomic circle]. *Vestnik UGATU*, 2009, vol. 13, no. 2, pp. 136-147.
6. Pavlovskij Ju.N., Belotelov N.V., Brodskij Ju.I. *Imitacionnoe modelirovanie* [Simulation modeling]. Moscow, Academiya Publ., 2008. 240 p.
7. Akaev A.A., Korotaev A.V., Malineckij G.G. *Prognoz i modelirovanie krizisov i mirovoj dinamiki* [Prediction and simulation of crises and global dynamics]. Moscow, LKI Publ., 2010. 352 p.
8. Makarova E.A., Eftonova T.A. Metodologija sistemnogo modelirovaniya i upravlenija slozhnym proizvodstvennym kompleksom kak dinamicheskim mul'tiagentnym ob#ektom s uchetom vo-sproizvodstvennyh vzaimosvjazej [Methodology of system simulation and control of industrial complex as the multi-agent dynamic object in view of reproductive relationships]. *Sbornik trudov II MK «Intellectual'nye tehnologii obrabotki informacii i upravlenija»* [Proc. of II Int. Conference «Intelligent technologies for information processing and control»]. Ufa, UGATU Publ., 2014, pp. 131-135.
9. Makarova E.A., Eftonova T.A., Gatijatullina V.R. Kognitivnaja model' funkcionirovaniya slozhnogo proizvodstvennogo kompleksa regiona s uchetom zapasov kapitala i makropokazatelej [Cognitive model of the manufacturing complex in the region in view of the capital stock and the macroeconomic indicators]. *Sbornik trudov II MK «Intellectual'nye tehnologii obrabotki informacii i upravlenija»* [Proc. of II Int. Conference «Intelligent technologies for information processing and control»]. Ufa, UGATU Publ., 2014, pp. 158-163.

Received 31.03.2015