

## МОДЕЛИРОВАНИЕ УПРАВЛЯЮЩИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ БАНКОВСКОЙ СИСТЕМЫ НА ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ ЭКОНОМИКИ. I. ДИНАМИКА И КОРРЕКТИРОВКА КРИЗИСНЫХ СИТУАЦИЙ

**Аннотация.** Рассмотрен вопрос математического моделирования динамики мировой финансово-экономической системы. Отмечены особенности полной математической модели финансово-экономической системы. Обоснован выбор математического аппарата, оптимального для исследования данного класса моделей.

**Ключевые слова:** финансово-экономическая система, математическое моделирование, оптимизация управления, эффект «вспенивания», тихоновские системы, исследование больших систем, теорема Хиленко.

В настоящее время проблема предсказания кризисных ситуаций в экономике и банковской системе по-прежнему актуальна. Множество работ посвящены данному вопросу, разработке идей и методов выхода из кризисов, однако каждая очередная кризисная ситуация является констатацией того факта, что предложенные рекомендации и способы оказываются неэффективными. Основными причинами могут быть следующие.

1. Недостаточная математизация проблемы, нечеткая формулировка задачи. Следствием этих факторов является неоднозначность и нечеткость в определении корректности предложенных решений и рекомендаций.

2. Изменения параметров задач с течением времени, развитием общества, банковской и экономической систем. Отсутствие четкой математической постановки задачи и соответственно математических моделей приводит к невозможности корректирования формулировки задачи с учетом произошедших трансформаций и адаптивных по времени изменений ограничений и параметров.

3. Зависимость (часто необоснованная) процесса принятия решений (на примере Федеральной резервной системы, ФРС, и эффекта «вспенивания» [1]) от человеческого фактора [2]. Принятие управленческих решений в условиях астрономической многофакторности задачи даже (теоретически) при высочайшем профессионализме председателя управляющей структуры требует большего акцента на вычислительный, компьютерно-математический выбор управляющих воздействий (с учетом неоднозначной оценки степени оптимальности решений, принятых экс-председателем ФРС, некоторыми его коллегами, в том числе нобелевскими лауреатами).

Прямым следствием человеческого фактора является то, что ряд экономических, финансовых, социальных и других факторов, а также происходящих процессов могут быть проигнорированы вследствие физиологических ограничений человеческого мозга охватить и переработать колоссальные объемы информации, связанные с учетом и прогнозированием их влияния на дальнейшую динамику системы. Эффект «вспенивания» показывает, что принятие обоснованного решения, например, для экономики США, может потребовать учета большого числа внешних параметров, не находящихся в зоне ежедневного внимания (прогноза процессов в экономиках стран Азии, вызванных предыдущими решениями ФРС). При игнорировании данного условия ожидаемые результаты принятых управленческих решений могут оказаться неэффективными.

Рассмотрим детальнее обоснованность включения указанных причин в сформированный перечень.

Необходимость математизации управления финансово-экономической системой (ФЭС) вытекает из попыток практического применения результатов исследований известных экономистов. Например, при высокой оценке значимости работы Дж. Кейнса [3] сформулированные им теоретические положения не дают четкого алгоритма определения практических (численных значений) управляющих воздействий. Актуальность данного положения подтверждает, например, информация МВФ от 2016 г. о факторах-предвестниках кризиса [4, 5] и др. Между работой [3] и публикациями [4, 5] — значительный отрезок времени, однако приведенное замечание относительно работы Дж. Кейнса справедливо и для упомянутых статей.

Очевидность второй причины не требует пояснений.

Третья причина традиционно дискуссионна. Определение границы оптимальности при принятии решений между «машинными предложениями» и человеческим мнением — сложная задача. В какой мере человек, принимающий решения, должен учитывать оптимальное машинное решение, определяется точкой зрения индивидуума и зависит от конкретной ситуации. Однако не вызывает сомнения позиция, заключающаяся в требовании получить (сформировать) ограниченное множество приемлемых «машинных решений» в области Парето, границы которой заданы специалистами.

Преодоление трудностей, обусловленных указанными причинами, требует формирования математической модели, описывающей динамику ФЭС в стандартной для вычислительной математики форме. При этом в модели следует максимально учитывать множество факторов, влияющих на экономики определенных стран, регионов и взаимосвязи между ними. В ней наряду со случайными переменными и параметрами, имеющими детерминированные значения, должны быть отражены и социально-психологические факторы, характеризующие поведение (финансово-экономические действия) больших групп людей, сложно формализуемые в терминах системного анализа и исследования операций [6, 7].

Формирование полной, глобальной, учитывая отмеченные факторы, математической модели (ПМ-модели) ФЭС представляет собой отдельную прикладную задачу максимально высокой сложности. Однако концептуальные основы такой модели можно определить однозначно, даже с учетом корректировки ПМ-модели в соответствии с постоянными изменениями, происходящими в мировой ФЭС. Сложность задачи формирования ПМ-модели коррелируется с современными возможностями ее решения и безальтернативностью такого подхода, поскольку в данном случае, перефразируя А. Пуанкаре, можно сказать, что наука начинается там, где появляются математические модели. Формирование ПМ-моделей ФЭС позволит, следуя тезису А. Ляпунова, перейти от «физической задачи» к задаче «чистой математики» и, таким образом, использовать хорошо разработанный соответствующий инструментарий вычислительной математики [8–12].

Свойства, характеризующие ПМ-модель ФЭС:

- 1) большая размерность вектора переменных состояний;
- 2) большой разброс скоростей изменения переменных состояний (система относится к классу жестких);
- 3) наличие единого, общего для всех переменных состояний, управляющего параметра;
- 4) квазистационарность суммарного значения единого управляющего параметра (замкнутость системы).

В целом ФЭС можно представить как систему с изменяющейся структурой, состоящую из микро- и макрокластеров. Все кластеры функционируют на границе области бифуркации — области пограничного слоя по терминологии тихоновских систем. Между собой кластеры связаны банковской системой, регулирующей финансовый поток. Наполнение потока зависит от ряда факторов, в первую очередь от потребителей (население, хозяйства, по терминологии Дж. Кейнса) и бизнесов, а также поставщиков составляющих, необходимых для производства товаров бизнесами, производящими конечный продукт для хозяйств.

Модель ФЭС структурно рассмотрим как некоторую систему замкнутых емкостей — субъектов системы, объединенных единым «кольцом», являющимся физической средой переноса общего финансового ресурса (который можно рассматривать как единую кровеносную систему биологического объекта). Субъекты системы (бизнесы и хозяйства) используют ресурсы из единого «кольца». Финансовый («питающий») ресурс ассоциируется с некоторой жидкостью фиксированного (квазификсированного) объема, циркулирующей в некотором замкнутом пространстве, имеющем, кроме головного потока, единого для всех элементов системы, ответвления с вытоком и обратным возвращением потребляемого ресурса в головной поток. Движение финансового ресурса определяет нормальное функционирование всей системы. Очевидно, что если у потребителей (хозяйств, других бизнесов) имеется потребность в продукте бизнеса  $L$ , то он развивается, если нет, он становится неэффективным и неприбыльным. Во втором случае освободившаяся часть финансового потока перейдет в другие кластеры или «законсервируется» в банковской системе. Хозяйства получают некоторые ресурсы из общего «потока» и тратят часть на потребление, создавая финансовый поток для бизнесов. Выделяя еще одну часть на накопление, они пополняют тем самым «объем потока» и косвенно, через банковскую систему, участвуют в формировании ресурса для бизнесов.

Замкнутость, «закрытость» ФЭС как единого целого является важным фактором, определяющим особенности динамических процессов, происходящих в системе. Основной (финансовый) ресурс (так же, в принципе, как и все ресурсы, находящиеся в распоряжении системы) принимает конечные, четко определенные значения. Вследствие этого экспоненциальное развитие какого-либо кластера (отрасли, подотрасли) вносит «разбаланс» в систему и через определенный отрезок времени этот процесс может закончиться «взрывом пузыря», если такой «пузырь» не подкреплён реальными, продуктивными для системы результатами, либо переходом к нормальной (неэкспоненциальной) динамике, если развитие кластера обусловлено технологическими революционными изменениями.

Жесткость полной математической модели ФЭС — ее естественное свойство, поскольку в экономике и банковской системе существуют как медленные процессы (протекающие с существенно разной «медленной» скоростью), растягивающиеся на месяцы, годы и даже десятилетия, так и быстрые, когда в течение недель (иногда и дней) происходят резкие изменения — скачки акций, курсов валют и др.

Наиболее приемлемым математическим аппаратом для описания систем (объектов) с учетом перечисленных факторов являются тихоновские и квазитихоновские системы [8].

Для описания динамики отдельных фрагментов ФЭС используем специального вида модель Лотки–Вольтерры (хищник–жертва), в которой, в отличие от классической модели, учитывается некоторое конечное множество «хищников» (следуя установившейся терминологии), борющихся за единый для них ресурс  $\theta_{f(i)}$ , относящийся к данному конкретному фрагменту  $f(i)$  ФЭС:

$$\begin{aligned}\dot{X}_1 &= f_1(x_2, \theta_{f(i)})x_1, \\ \dot{X}_2 &= f_2(x_1, \theta_{f(i)})x_2.\end{aligned}\tag{1}$$

Сложность формирования и расчета ПМ-модели, прежде всего, обусловлена учетом взаимосвязи (взаимодействия) отдельных фрагментов ФЭС, когда величины  $\theta_{f(i)}$  изменяются коррелированно, не нарушая при этом равенство  $\sum_i \theta_{f(i)} = \Delta$ , где  $\Delta$  характеризует величину общего финансового ресурса ФЭС.

ПМ-модель ФЭС, учитывающую динамику развития отдельных фрагментов и их взаимовлияние, следуя [1], рассмотрим в виде системы обыкновенных дифференциальных уравнений

$$\begin{aligned}\dot{Z}_1 &= f_1(z_1, \dots, z_n, t), \\ \dot{Z}_n &= f_n(z_1, \dots, z_n, t).\end{aligned}\tag{2}$$

Важность учета не только прямого воздействия мощных, экономически развитых кластеров на остальные фрагменты ФЭС, но и ответного (обратного, проявляющегося с определенной задержкой) эффекта «вспенивания», влияющего на динамику и устойчивость ФЭС в целом, отмечена рядом известных специалистов [1]. При этом сложность такого учета обусловлена трудоемкими задачами математической формализации и моделирования данных процессов.

Учитывая свойство жесткости модели, представим ее в стандартном виде системы с явно выделенными малыми параметрами

$$\begin{aligned}\varepsilon \dot{y}_1 &= f_1(y, t), \\ \dot{y}_2 &= f_2(y, t),\end{aligned}\tag{3}$$

где малые параметры  $\varepsilon$  обеспечивают учет динамики единого ресурса, поступающего из главного потока.

В случае формирования ПМ-модели в виде (2) малый параметр  $\varepsilon$  скрыт, но, как и в (3), в явном виде он задает скорость (быструю составляющую), определяющую осцилляцию финансовых потоков (поступление и отток общего ресурса) в отдельные бизнесы (кластеры) и хозяйства. При этом  $\varepsilon$  можно рассматривать как управляющее воздействие, определяющее устойчивость системы. Когда  $\varepsilon$  увеличивается, то определенные бизнесы не будут развиваться с той скоростью, которую они имели при малых  $\varepsilon$ .

Полная прикладная модель ФЭС может содержать сотни тысяч уравнений, описывающих динамику движения финансовых потоков для бизнесов и хозяйств. При этом динамику отдельных бизнесов можно рассматривать как быстрые флуктуации на фоне медленного развития всей системы.

Вариации  $\varepsilon$ , отражающие общее состояние экономической системы, прежде всего, связаны с динамикой банковской системы. Динамика  $\varepsilon$  контролируется, варьируется банковской системой. Изменения  $\varepsilon$  в общем «питающем потоке» достаточно просто провоцируют общий коллапс системы. Адекватное управление банковской системой должно обеспечить замедление (пресечение) развития кризисных ситуаций. Влияние управляющих структур (правительств, центробанков и других организаций) на динамику величин  $\varepsilon$ , осуществляемое через банковскую систему, позволит корректировать динамику ФЭС, не допуская перехода ФЭС на нежелательные участки траектории.

Естественно, что полная модель исследуемого объекта будет нелинейной. Анализ и расчет моделей большой и сверхбольшой размерности — отдельная задача. Управление динамикой такой модели требует решения не одной сверхсложной задачи, а ряда сложных и сверхсложных задач. Однако преобразование нелинейной модели к квазистационарному виду и линеаризация модели упрощают анализ. В этом случае будем оперировать матрицами большой и сверхбольшой размерности, а оценка динамики происходящих процессов на интервалах линеаризации обуславливает знания собственных чисел таких матриц. Численным алгоритмом, обеспечивающим решение задачи определения собственных чисел матриц большой и сверхбольшой размерности, является алгоритм, предложенный в [9], который основывается на теореме (Хиленко) [10]. В контексте данной работы приведенная ссылка [9] концептуально соответствует утверждению, что формирование и решение задачи «технократического управления и регулирования мировой ФЭС» на современном этапе реальны с учетом следующих факторов:

- высокий уровень развития методов вычислительной математики и системного анализа (исследования операций);
- современные вычислительные мощности суперкомпьютерных кластеров;
- высокий уровень инфокоммуникационных технологий и цифровизации мира, обеспечивающий возможность сбора, накопления статистических данных и формирования необходимых баз данных (баз знаний, хранилищ данных).

Совокупность перечисленных факторов является аргументом, обосновывающим целесообразность повышенного внимания управляющих структур ФЭС к технократическим расчетам при принятии решений.

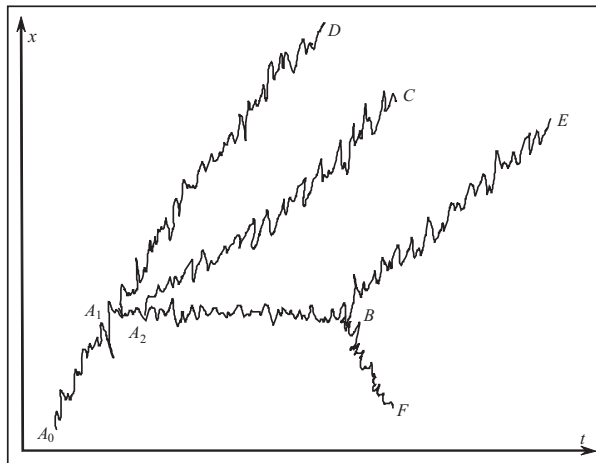


Рис. 1

Для объекта, описываемого системой уравнений (1), нормальным состоянием, т.е. отвечающим интересам большинства «пользователей ФЭС» — бизнесов, хозяйств и других структур, является траектория  $A_0D$ , изображенная на рис. 1, — состояние динамического равновесия. Элементы системы постоянно находятся в микродвижении (по отношению к динамике всей системы).

В начальный период кризиса динамику отдельных фрагментов ФЭС мож-

но описывать одной из катастроф Тома, когда процесс приобретает лавинообразный характер — «срыв с обрыва» с отрицательным углом обратного подъема по динамической траектории. При этом применение теоремы Тома к исследованию рассматриваемого класса моделей ФЭС в общем случае невозможно в силу ограниченного в ней числа  $k$  допустимых параметров ( $k < 5$ ) [11]. Также классическое понятие катастрофы по терминологии теории катастроф может не соответствовать коллапсу в функционировании ФЭС. Понятие кризиса (коллапса) в данном случае не быстрый переход системы из одного состояния в другое, а попадание в состояние «анабиоза», «комы».

Для выбранного подхода к моделированию динамики ФЭС кризис объекта (системы) будем понимать как минимизацию («замирание») динамических процессов «пользователей ФЭС». С учетом состояния коллапса траектория системы (динамика финансовых процессов «пользователей ФЭС») примет вид рис. 1, где интервалы  $A_1A_2$ ,  $A_2B$ ,  $BF$  соответствуют кризисному состоянию ФЭС.

Из анализа динамики рассмотренной модели следует, что для устойчивости системы в целом движения отдельных ее элементов должны происходить в ограниченном диапазоне — зоне устойчивости, притяжения точки бифуркации. Данная динамика соответствует эволюционным периодам развития ФЭС, которые характеризуются плавным усредненным движением системы по «медленной» траектории. В противном случае вся система может перейти в зону притяжения другого решения, что связано с изменениями характера усредненного динамического процесса. Принципиальным вопросом при этом является определение типа экспоненциально растущих бизнес-процессов — носят они креативный или спекулятивный характер. В первом случае с высокой вероятностью система перейдет на другую, усредненную «медленную» траекторию, во втором — следует ожидать перехода фазовой траектории системы на интервал  $A_2B$ , т.е. сползания в кризис. Правильный выбор управляющих воздействий должен обеспечить достижение цели управления: недопущение попадания системы на интервал  $A_2B$ .

Вопрос учета и формирования параметра  $\varepsilon$  — отдельная задача. Она усложняется тем, что ее решение должно базироваться на анализе функционирования совокупности банков отдельных регионов (стран) с учетом системы рисков, предполагающих, что используемая отчетность может быть искажена [12]. Необходимость дальнейшей математизации проблемы и важность учета факторов, которые, по терминологии тихоновских систем, определяют динамику «малых» параметров, можно показать на примере одной страны. По мнению ряда известных экономистов, последствия кризиса в одной стране сложно спрогнозировать и оценить их влияние на экономику других стран. При этом отмечается, что последствия таких «локальных» кризисов являются рисками для мировой экономики.



На основе описания (математической модели) динамики системы, исходя из анализа устойчивого функционирования системы, можно выделить две группы изменения динамики осцилляций (проблем) ФЭС: локальные и общие проблемы всей системы. Первая — осцилляции (соответствующие динамике и проблемам функционирования) отдельных бизнесов; они с малой вероятностью могут вызвать общий коллапс системы; вторая — общесистемные осцилляции, связанные с изменениями, определяемыми  $\varepsilon$ , динамическим изменением общего ресурса и управляющего воздействия.

Катаклизмы отдельных бизнесов (отраслей) не могут без ряда дополнительных условий спровоцировать общий кризис системы в целом («великая депрессия»), в то время как процессы и действия, происходящие в банковской системе, могут вызвать (и вызывали) «эффект домино» и общий кризис. Соответственно при зарождении кризиса, такого, как, например, кризис отдельного кластера, незамедлительная и правильная реакция банковской и управляющей систем может исправить ситуацию. Особенно важны адекватные действия со стороны управляющих структур, реализуемые посредством банковской системы на начальном этапе развития неблагоприятных факторов, т.е. в некоторой приграничной области точки  $A_1$  интервала  $A_1 A_2$ , что обуславливает необходимость четкого функционирования системы мониторинга состояния ФЭС.

При дальнейшем развитии данного подхода, более глубокой детализации сформированной упрощенной математической модели использование математического аппарата системного анализа и исследования операций позволяет сделать заключение, что не спад в отдельных подотраслях и бизнесах обуславливает глобальные финансово-экономические кризисы, а функционирование банковской системы: неправильное, неэффективное и неадекватное ситуации управление — основная причина кризисов.

Кризисы отдельных бизнесов (отраслей) могут создать предпосылки для глобального кризиса, но их можно минимизировать соответствующим управлением банковской системой и рядом дополнительных управленческих воздействий. Наоборот, кризис, зародившийся банковской системой, невозможно (за исключением применения совокупности системных специализированных мер) нивелировать отдельными отраслями или бизнесами. Такой кризис имеет все предпосылки создать глобальную рецессию системы в целом. Насколько приведенная модель соответствует объекту моделирования (реальной ФЭС) и требует детализации — вопрос, требующий дальнейшего изучения и развития. В первую очередь, функционирование мировой ФЭС должно исследоваться как единое целое (с учетом того фактора, что в мире существуют экономики, функционирующие по понятным рыночным принципам, а также авторитарного типа, не базирующиеся на нормальной рыночной логике, и др.). Уточнение модели, ее детализация, построение веера субмоделей, необходимых при решении практических задач выработки конкретных численных значений управляющих воздействий, представляет собой предмет дальнейшего исследования.

Скорость реакции управляющих элементов на предвестники кризиса или первые симптомы (в банковской системе) его возникновения является важным фактором предотвращения кризиса, т.е. нивелирования отклонений траектории системы от усредненной «медленной» траектории.

Параметр  $\varepsilon$  — совокупная величина, определяемая центробанками экономик кластеров, составляющих мировую ФЭС. Скоординированные действия центробанков ведущих мировых экономик могут обеспечить «затухание» кризиса на этапе его зарождения. В силу взаимовлияния финансово-экономических кластеров, если управляющие структуры не обеспечивают необходимый контроль за действиями коммерческих банков, позволяя им получать сверхприбыли, не подкрепленные созданием материальных (интеллектуальных) ресурсов, то кризис будет стремительно распространяться из одной страны в другую и по отраслям. Скоординированными действиями центробанки могут в значительно большей

степени влиять на параметр  $\varepsilon$  и соответственно на устойчивость всей системы. Усилий одной экономики (даже такой мощной, как экономика США) для системы в целом может оказаться недостаточно.

Развитие экономических теорий — необходимый фактор формирования полной прикладной математической модели ФЭС. Относительно дискуссии о значении теории Дж. Кейнса на современном этапе отметим, что, исходя из выбранного подхода к моделированию ФЭС, кейнсианство не исчерпало себя, а показало, что без точных расчетов в области Парето, полной математизации управления ФЭС невозможно определить «правильные» управляющие воздействия, обеспечивающие функционирование системы без глубоких общих кризисов.

Из предложенного подхода к формированию модели динамики ФЭС и ее рассмотрения вытекают следующие выводы.

1. Математическое описание ФЭС и моделирование ее динамики целесообразно выполнять на основе математического аппарата системного анализа и исследования операций, в частности тихоновских и квазитихоновских систем.

2. Кризисы ФЭС (в первую очередь, их зарождение, а не базовые, основополагающие причины) провоцируются действиями банковской системы. Основной предпосылкой «старта» финансово-экономических кризисов и их развития является не сфокусированное на достижение цели («нецелесфокусированное», «непродуманное») управление банковской системой (недостаточный контроль за ее деятельностью, отсутствие информации о маркерах предкризисного состояния ФЭС и, как следствие, непринятие своевременных превентивных мер). Предкризисное состояние ФЭС, являясь многофакторным результатом совокупности экономических (и не только) процессов, «подталкивается» к переходу в кризисное состояние (участок  $A_1B$  соответствует кризисному периоду в функционировании ФЭС), в первую очередь, проблемами банковской системы. Управляющими воздействиями данной системы можно не допустить развития кризиса (переход из предкризисного состояния или начальной стадии в кризисное) или, наоборот, его спровоцировать.

Под терминами «непродуманное управление банковской системой» или «недостаточный контроль за деятельностью банков» предполагается следующее. Например: банк балансирует на грани банкротства, а зарплаты, бонусы и другие формы материального поощрения руководства не только не привязаны к результатам деятельности учреждения, а превышают разумные пределы — тем самым увеличивается доля «не создающих» денег и повышается «степень готовности» ФЭС к кризису.

3. При нахождении ФЭС на интервалах типа  $A_1B$  (в состоянии кризиса), соответствующих, с математической точки зрения, практически исчезновению в решении членов уравнений, связанных с учетом  $\varepsilon$ , восстановление отдельных малых параметров, которые «утрачены» при коллапсе, позволит «запустить» экономику. Исходя из математического описания динамики ФЭС, восстановление экономической системы может осуществляться введением в правые части уравнений рассчитанных управляющих воздействий, реализованных через банковскую систему. Для экономической системы данное положение можно реализовать запуском отдельных быстрорастущих бизнесов.

4. При нахождении системы на интервале  $A_1A_2$ , т.е. в предкризисном состоянии, в противоположность ситуации п. 3 обеспечение для определенной группы бизнесов экспоненциального роста за счет варьирования параметра  $\varepsilon$  является одним из путей недопущения перехода системы на интервал  $A_2B$ . Переключение ФЭС, с использованием управляющего фактора банковской системы (параметр  $\varepsilon$ ), на другую, «медленную» траекторию  $A_2C$  позволит избежать прогнозируемого перехода ФЭС в состояние кризиса. Естественно, что рассматриваемые в данном случае бизнесы не относятся к группе бизнесов, связанных с концентрацией «не создающего» (спекулятивного) капитала.

5. Определение численных значений и параметров управляющих воздействий возможно осуществить по численной модели (ПМ-модели) ФЭС, что тре-

бует выполнения конкретной прикладной работы. Ее реализация является в настоящее время первоочередной задачей структур, осуществляющих управление или частично ответственных за функционирование мировой ФЭС.

Формально в динамике полной модели ФЭС, учитывающей быстрые и медленные движения, можно выделить два типа кризисов. Кризисы первого — микрокризисы, соответствующие кризисам в отдельных отраслях, второго — кризисы всей системы. Предпосылками кризисов первого типа являются как новые технологические процессы, технические революции и другие эволюционные процессы, протекающие в отдельных бизнесах (кластерах, отраслях), так и изменения потребительских потребностей общества. Кризисы первого типа являются естественными фрагментами динамики системы. Перерастут ли они в кризисы второго типа, зависит, в первую очередь, от действий банковской системы. Из известных исследований тихоновских и квазитихоновских систем следует, что, изменяя управляющий параметр — интенсивность «питающего» финансового потока, можно вызвать коллапс и, наоборот, «вылечить» сбойную ситуацию в системе. Специальное, «искусственное» создание (вызывание) в ФЭС кризисов первого типа может быть способом предотвращения глобального кризиса (второго типа). В общем случае выбранный способ перевода динамики ФЭС на другую, «медленную» траекторию с помощью управляющих воздействий — динамики параметра  $\varepsilon$  (реализуемых банковской системой) должен обеспечить переход системы на участок  $A_2C$  (или  $BE$ ) и нивелирование кризиса.

Реализация указанных действий предполагает возможность влияния на всю ФЭС, а не только на ее отдельные фрагменты. Очевидным при этом является необходимость единого мирового центра управления экономической и банковской системами. В настоящее время при отсутствии такого центра, что крайне усложняет оптимальное (квазиоптимальное) управление ФЭС, вектор принятия решений правительствами и центробанками ведущих мировых экономик должен сместиться в сторону технократических решений, просчитанных с учетом межэлементных и межкластерных связей. В этом случае формирование соответствующего множества Парето — спектра вариантов прогнозируемой динамики ФЭС, позволит минимизировать неоптимальность «человеческого фактора» при принятии управляющих решений.

Данная статья не претендует на предложение реализованного практического решения или прикладной модели, позволяющей рассчитывать значения оптимальных или квазиоптимальных управляющих воздействий для управления динамикой ФЭС, а является анонсом результатов проводимых исследований, отвечающих вызовам настоящего времени по принятию адекватных управленческих решений глобализированной ФЭС.

Появление сверхмощных аппаратных средств вычислительной техники нового поколения делает расчет и анализ полных математических моделей ФЭС реальными даже с учетом их большой размерности, что повышает значимость «машинных» прогнозов и соответствующих предлагаемых управленческих решений. При этом возрастает важность получения объективной информации и ее защиты от искажений [13, 14]. Разработка возможных решений данных проблем, имеющих важное практическое значение, выходит за рамки настоящей статьи. Ее можно реализовать с использованием новых подходов [15].

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хиленко В.В. Математическое моделирование эффекта «выплескивания» и оптимизация управления банковской и экономической системами в условиях глобализации. *Кибернетика и системный анализ*. 2018. Т. 54, № 3. С. 38–50.
2. Boswell J. Let's not leave the economy to the economists. URL: <https://www.businessinsider.com/lets-not-leave-the-economy-to-the-economists-2011-1>.
3. Keynes J. The general theory of employment, interest and money. London: Palgrave Macmillan, 1936. 472 p.



4. МВФ увидел 8 признаков кризиса мировой экономики. 2016. URL: <http://ruspravda.info/MVF-uvidel-8-priznakov-krizisa-mirovoy-ekonomiki-19449.html>.
5. Hamish McRae. These are the warning signs that signal a new global economic crisis. 2018. URL: <https://www.independent.co.uk/voices/imf-growth-forecasts-warning-global-economic-crisis-a8577646.html>.
6. Горбачук В.М., Макаренко О.С. Особливості прийняття рішень людиною для розв'язання складних міждисциплінарних проблем. *Системні дослідження та інформаційні технології*. 2017. № 3. С. 73–87.
7. Таллер Р. Поведінкова економіка: як емоції впливають на економічні рішення. Київ: Наш Формат, 2018. 464 с.
8. Моисеев Н.Н. Математические задачи системного анализа. Москва: Наука, 1981. 487 с.
9. Грищенко А.З., Хиленко В.В. Определение числа быстрых и медленных движений при декомпозиции линейных динамических моделей произвольно большой размерности. *Кибернетика*. 1991. № 6. С. 3–9.
10. Хиленко В.В., Стржелецки Р., Котуляк И. Решение проблемы динамической адаптивности систем искусственного интеллекта, осуществляющих управление динамическими техническими объектами. *Кибернетика и системный анализ*. 2018. Т. 54, № 6. С. 18–26.
11. Хиленко В.В. Использование алгоритмов декомпозиции для расчета линейных стохастических моделей. *Кибернетика и системный анализ*. 2001. № 4. С. 159–163.
12. Постон Т., Стюарт И. Теория катастроф и ее приложения. Москва: Мир, 1980. 607 с.
13. Lakhno V., Malyukov V., Domrachev V., Stepanenko O., Kramarov O. Development of a system for the detection of cyber attacks based on the clustering and formation of reference deviations of attributes. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2017. Vol. 3, Iss. 9(87). P. 43–52.
14. Akhmetov B., Lakhno V., Malyukov V., Zhumadilova M., Kartbayev T. Decision support system about investments in smart city in conditions of incomplete information. *International Journal of Civil Engineering and Technology*. 2019. Vol. 10, Iss. 2. P. 661–670.
15. Хиленко В.В. Формирование новой концепции и парадигмы построения систем киберзащиты. *Кибернетика и системный анализ*. 2019. Т. 55, № 3. С. 11–16.

Надійшла до редакції 05.02.2019

## **В.В. Хиленко**

### **МОДЕЛЮВАННЯ КЕРУЮЧИХ ВПЛИВІВ БАНКІВСЬКОЇ СИСТЕМИ НА ФУНКЦІОНУВАННЯ ЕКОНОМІКИ. І. ДИНАМІКА І КОРИГУВАННЯ КРИЗОВИХ СИТУАЦІЙ**

**Анотація.** Розглянуто питання математичного моделювання динаміки світової фінансово-економічної системи. Наведено особливі властивості повної математичної моделі фінансово-економічної системи. Обґрунтовано вибір математичного апарату, оптимального для дослідження такого класу моделей.

**Ключові слова:** фінансово-економічна система, математичне моделювання, оптимізація управління, ефект «спінання», тихоновські системи, дослідження великих систем, теорема Хиленко.

## **V.V. Khilenko**

### **MODELING THE CONTROL EFFECTS OF THE BANKING SYSTEM ON THE FUNCTIONING OF THE ECONOMY. I. DYNAMICS AND ADJUSTMENT OF CRISIS SITUATIONS**

**Abstract.** The paper is devoted to mathematical modeling of the dynamics of the global financial and economic system. The features of the full mathematical model of the financial-economic system are indicated and the choice of the mathematical apparatus optimal for the study of this class of models is justified.

**Keywords:** financial and economic system, mathematical modeling, control optimization, “splashing out” effect, Tikhonov’s systems, the study of large systems, Khilenko’s theorem.

#### **Хиленко Владимир Васильевич,**

доктор техн. наук, профессор кафедры Национального университета биоресурсов и природопользования Украины, Киев, e-mail: [vkhilenko@ukr.net](mailto:vkhilenko@ukr.net).