

УДК 519.81: 65.011: 330.341.1

Е.В. Губаренко¹, Д.Э. Лысенко²¹ХНУРЭ, г. Харьков, Украина, gubarenko.evgen@gmail.com;²ОНПУ, г. Одесса, Украина, lysenko.d@gmail.com

ОЦЕНКА АЛЬТЕРНАТИВНЫХ СТРАТЕГИЙ РАЗВИТИЯ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Описаны риски с которыми сталкивается мировая социально-экономическая система, среди которых выделены: демографические, климатические, ресурсные и космические. Обоснована необходимость создания систем комплексного мониторинга. Дан обзор последовательного становления и эволюции моделей мировой динамики. Предложен метод реализации функции управления на примере квотирования, в частности квотирования выбросов парниковых газов. Отдельно выделен процесс оценки потенциала инновационных проектов.

ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ, СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ СИСТЕМА, РИСКИ, СИСТЕМА КОМПЛЕКСНОГО МОНИТОРИНГА, МОНИТОРИНГ

Введение

Под альтернативными стратегиями для мировой социально-экономической системы, будем понимать комплекс мероприятий, которые направлены на достижения определенной цели, в случае если речь идет о социально-экономической системе более низкого иерархического уровня, под альтернативой могут выступать инновационные проекты и прочее.

Процесс становления и развития современных цивилизационных аспектов, сопряжен с двумя характерными чертами. Во-первых, разрушение устоявшихся норм и правил функционирования социально-экономических систем различного иерархического уровня, что приводит к кризисам различной продолжительности и масштаба как в экономической, так и в социальной сферах. Очередной проблемой стало перманентное кризисное состояние в политической сфере, что отражает проблемы реализации функции управления как на локальных уровнях, так и на международной арене. Следует отметить, что экологические проблемы, зачастую уже речь идет о полноценных кризисных состояниях, а иногда и катастрофах, так же прочно обосновались в списке вызовов современной цивилизации. Во-вторых, необходимость формирования новых правил, принципов, стратегий и концепций функционирования и построения социально-экономических систем, которые будут формироваться в результате реорганизации распадающихся и переживающих кризисное состояние.

Опасность разрушения и необходимость реформирования систем, выдвигает ряд требований, среди которых мониторинг рисков, построение адекватных моделей мировых систем, решение проблем с реализацией функции управления, отслеживание динамики изменения основных показателей. Инновационные проекты, которые направлены на расширение ресурсной базы, модернизацию технологических возможностей, нуждаются в дополнительной оценке, чтобы дать однозначный ответ

на вопрос: способна ли система реализовать данный проект в полной мере, а также предполагаемый результат обеспечит ли положительный эффект в рамках рассматриваемой системы.

Цель статьи проанализировать последовательность становления и эволюцию задачи построения моделей динамики мировой системы. Описать возникающие риски при функционировании мировых социально-экономических систем. Обосновать необходимость реализации концепции устойчивого развития мировой социально-экономической системы (технобиосферы). Предложить метод реализации функции управления. Оценить предлагаемые альтернативы развития систем на примере (инновационных проектов).

1. Проблемы мониторинга рисков

Современные социально-экономические системы (СЭС), сталкиваются с целым рядом рисков [1], среди которых следует отметить: демографические, ресурсные, климатические и космические.

Демографические – это риски, связанные с перенасыщением СЭС активными элементами (индивидуумами). Когда речь идет об эффективном управлении СЭС, подразумевается, что структура системы, ее ресурсная обеспеченность, а также ее основные характеристики остаются условно неизменны, т.е. находятся в пределах коридора устойчивости. Изменение демографической ситуации (баланс рождаемость-смертность, миграция, демографические признаки) могут привести к структурным отклонениям и лишить эффективности управляющее воздействие. Демографические признаки очень тесно связаны с социально-экономическими переменными, которые оказывают особое влияние на процессы сегментирования рынка. К ним относят возраст, пол, размер и жизненный цикл семьи, количество детей и прочее. Общемировая тенденция заключается в переходе от состояния с высокими показателями рождаемости и смертности к состоянию с низкими коэффициентами рождаемости и смертности.

Основные стратегические риски, связанные с данным явлением, таковы.

1. Повышение среднего возраста, на практике это повышение численности людей пенсионного и предпенсионного возраста, что вызывает повышение нагрузки на работающих людей молодого и среднего возраста, с другой стороны, продолжается снижение рождаемости, что приводит к нехватке рабочей силы.

2. Превышение смертности над рождаемостью, проблемы такого рода присущи как развивающимся, так и развитым странам. В первом случае, существует опасность вымирания и опустошения территорий, во втором, к вырождению коренного населения.

3. Изменение демографических признаков, что приводит к переориентированию экономических и социальных приоритетов, а, следовательно, к изменению структуры рынков сбыта.

4. Рост миграции населения. Из-за того, что миграция населения осуществляется из менее благополучных регионов с низким уровнем жизни, население обладает высокой рождаемостью, что коренным образом способно изменить устои и обычный ход функционирования систем, этому же способствуют различия в культурном, религиозном, моральном планах, что обеспечивает рост напряженности.

Механизм «демографического перехода» или «демографической адаптации» изучен не в полном объеме, поэтому все существующие на сегодняшний день математические модели носят умозрительный феноменологический характер. Следует отметить три модели: модель С.П. Капицы, модель А.В. Подлазова и модель А.С. Малкова.

Модель С.П. Капицы [2-4]. Модель построена на предположении, что информационное взаимодействие между людьми (обществами) является основой роста численности населения. Основным выводом модели является утверждение, что когда прирост численности населения Земли за одно поколение (20-25 лет) становится сравнимым с числом уже живущих людей, информационное взаимодействие ослабевает и происходит снижение темпов роста численности населения, а затем и его стабилизация.

Модель А.В. Подлазова [5,6]. В этой модели вводится понятие жизнеспасающих технологий, отвечающих за снижение коэффициента смертности. Коэффициент смертности ограничен снизу, жизнеспасающие технологии также не могут развиваться беспредельно и имеют ограничение сверху. В этом и кроется причина демографической адаптации.

Модель А.С. Малкова [7]. В этой модели наряду с численностью населения и уровнем технологий используется понятие уровня грамотности. Предполагается, что демографическая адаптация напрямую зависит от грамотности и чем выше уровень грамотности, тем ниже рождаемость, и как только уровень грамотности станет 100%, адаптация завершится, и численность населения стабилизируется.

Существуют также специализированные демографические модели, строящие прогноз динамики численности населения на основании имеющихся данных с использованием сценарно-экспертного подхода и вероятностных методов экстраполяции данных [8].

Эти модели основаны на учете инерционности демографических процессов, благодаря которой серьезные изменения демографического поведения и демографических характеристик происходят в ходе смены поколений. Основной расчетный метод – когортный анализ, т.е. передвижка (сдвиг в будущее) возрастных когорт населения с учетом по возрастной смертности (по пятилетним или одногодичным когортам).

Было бы уместным разработать модели, в которых проигрывались различные варианты развития событий, а не только какой-то один. В то же время демографическая ситуация достаточно напряженная и быстро развивающаяся, угрозы, связанные с этим, требуют быстрого ответа, поэтому такие модели весьма востребованы.

Ресурсные риски – это риски, связанные с истощением или истощением природных ресурсов, а также в связи с загрязнениями, т.е. снижения качества возобновляющихся ресурсов. Выделим следующие виды ресурсов: топливно-энергетические ресурсы (нефть, уголь, природный газ, ядерная энергия, гидроэнергия, солнечная энергия, ветряная энергия); сырьевые ресурсы (металлы, минералы, сплавы); природные ресурсы, связанные со средой обитания человека (земельные, водные, лесные, биоресурсы).

Следует следующие риски по каждому пункту.

1. Нехватка энергии приведет к: сокращению производства и потребления первичной энергии (тепла, электроэнергии); сокращению производства энергоемких видов сырья, материалов и товаров; возможное сокращение производства продовольствия (в силу энергоемкости последнего); повышение цен на энергоресурсы и энергоемкие товары обострение внешнеполитической обстановки; снижение среднего уровня жизни населения.

2. Истощение минерально-сырьевых ресурсов: сокращение производств; повышение цен на сырье; снижение среднего уровня жизни населения.

3. Ресурсы среды обитания: снижения показателей здоровья человека; снижения средней продолжительности жизни и увеличивает смертность среди населения; снижение объема биомассы; снижения качества возобновляемых ресурсов; сокращение производства продуктов питания; нехватка пресной воды; обезлесивание сокращает число биоценозов; ухудшение общей экологической ситуации.

В решении задач численного прогнозирования динамики производства, потребления и сроков истощения ресурсов, а также связанных с этим рисков можно выделить 3 подхода.

Первый подход дает прогноз о конкретных сроках истощения запасов того или иного вида ресурса. Он заключается в следующем. Динамика роста потребления отдельного вида сырья сопоставляется с конкретной оценкой запасов на базовый год прогноза. С помощью расчетов определяются сроки истощения запасов при а) постоянном уровне потребления и неизменных запасах, б) равномерных темпах роста потребления, в) произвольных темпах роста потребления и запасов.

Второй подход – связан с созданием математических моделей глобального развития (глобальное моделирование) [9, 10]. Данный подход предназначен для анализа современных тенденций развития глобальной социально-экономической системы.

Первые ресурсные глобальные модели были построены в начале 1970-х г.г. Это модели Дж. Форрестера [11] и Д. Медоуза [12, 13]. Обе модели основаны на методе системной динамики [14]. В модели Медоуза количество переменных и уравнений более чем в два раза больше, чем в модели Форрестера. В этих моделях анализировалась в самом общем виде последствия современных тенденций роста населения и производства в условиях ограниченности ресурсов и растущего загрязнения. Результаты моделирования продемонстрировали нестабильность глобальной системы и возможность глубокого кризиса в первой половине XXI века.

Проект Месаровича – Пестеля [15] также носила прогнозный характер. Проект базировался на концепции органического роста взаимосвязанной глобальной системы с использованием методов теории многоуровневых иерархических систем, созданной в рамках кибернетики. Вместо общей модели была построена система 5 взаимосвязанных региональных моделей, каждая из которых предназначалась для анализа одной из 5 наиболее актуальных, с точки зрения авторов, проблем. Особое место среди них занимала проблема распределения между регионами добычи и потребления нефти, поэтому для нее была создана специальная энергетическая модель.

Латиноамериканская модель глобального развития А. Эрреры [16] создавалась для прогноза развития развивающихся стран. В этой модели мир пространственно дифференцирован (разбит на регионы), регионы взаимодействуют между собой, каждый регион описывается стандартной системой нескольких взаимосвязанных подмоделей, из которых центральное место занимала подмодель питания. С помощью модели исследовалась возможность для развивающихся стран удовлетворить нормативно заданные основные потребности одного человека и сроки достижения заданных условий.

Модели Й. Кайя [17] была предназначена для определения оптимальной структуры производства в

системе «промышленно развитые – развивающиеся страны». На первом этапе имитировалось развитие рынка сырья при возможности изменения климатических условий на Земле вследствие антропогенного загрязнения, при этом строились прогнозы динамики потребления и запасов ресурсов. На втором этапе была построена многоотраслевая региональная экономическая модель, в которой предусмотрена обоюдная перестройка структур производства и в индустриальных, и в развивающихся странах. Оценивались результаты управления производственной структурой каждого региона с точки зрения выбранных критериев.

В 1976-77 гг. появилась модель мировой экономики В. Леонтьева, созданной в рамках проекта ООН «Будущее мировой экономики» [18, 19]. Цель проекта – не просто прогнозирование современных тенденций, а проектирование развития мировой экономики. Методическую основу составили различные модификации модели межотраслевого баланса (национальные, региональные, межрегиональные, эколого-экономические). На этой основе была создана многоотраслевая региональная глобальная модель, и с ее помощью были исследованы различные альтернативные варианты развития мировой экономики.

В Советском Союзе в 1970-х годах во ВНИИСИ была создана система моделей глобального развития [20], предназначенная для системного анализа различных аспектов глобальных процессов и долгосрочного прогноза развития мира в целом и отдельных стран.

Альтернативой рассмотренных подходов является создание специализированных прогнозно-проблемных моделей глобального развития, в которых основное внимание уделяется одной из глобальных проблем, а остальная проблематика моделируется гораздо менее детально, как «глобальный фон» в виде дополняющих и вспомогательных секторов и видов деятельности. Существует три крупных «семейства» подобных моделей – общеэкономические, энергетические и продовольственные. Первым таким проектом в рамках глобального моделирования, следует считать голландский проект Х. Линнемана «Проблемы продовольствия и удвоение населения» [21]. В рамках проекта была создана модель, с помощью которой предполагалось получить прогноз развития сельского хозяйства в различных районах мира при условии сохранения современных социально-экономических структур и тенденций развития. Особенностью модели было наличие нескольких типов регионализации (по социально-экономической формации, по территориальной смежности, по почвенно-климатическим признакам), а также социальной дифференциации. Рост народонаселения, производства в несельскохозяйственных секторах задавался внешне, определяя конкретный сценарий развития.

Другой подход к продовольственной проблеме был использован в модели П. Робертса [22], основной задачей которой было углубленное изучение экономических аспектов снабжения продовольствием на внешних и внутренних рынках. Помимо хорошо разработанного сельскохозяйственного сектора в модели также присутствовал сектор энергии и минерального сырья.

Экономические модели глобального развития, разработанные в ИЭОПП СО под руководством А.Г. Гранберга и А.Г. Рубинштейна [23]. В основе моделей лежит модель В. Леонтьева, которая была надлежащим образом модифицирована. Были добавлены возможности экономического межрегионального взаимодействия, а также возможность управления со стороны регионов.

Одним из первых масштабных проектов, посвященных проблеме ресурсов, следует считать проект группы Д. Габора «После века расточительства» [24]. Цель проекта состояла в изучении проблемы энергетических, сырьевых и продовольственных ресурсов планеты. Метод исследования – обычный теоретический анализ современного состояния и основных тенденций (без построения единой математической модели).

Под климатическими рисками будем понимать риски, связанные с климатическими изменениями. Это, прежде всего, экстремальные явления природы (климатические и погодные аномалии), а также риски, связанные с изменением среднегодовой глобальной температуры.

Основные природные явления могут быть классифицированы следующим образом: атмосферные (смерчи, ураганы, тайфуны); гидросферные (наводнения, цунами, снежные лавины); литосферные (засухи, лесные пожары, извержения вулканов, холод).

Все данные явления природы катастрофически влияют на жизнь человеческого общества, поскольку при этом: гибнут люди; разрушается инфраструктура (дома, больницы, основные фонды), что приводит к нехватке пресной воды, медикаментов, жилья; наносится ущерб сельскому хозяйству, что может привести к нехватке продовольствия и угрожает голодом; уничтожаются биоресурсы, ухудшается экологическая обстановка и среда обитания.

Природным катастрофическим явлениям посвящена обширная научная литература [25, 26]. Существует два основных подхода к исследованию климата Земли.

Первый подход – эмпирико-статистический, на основании данных о прошлых климатических изменениях позволяет воссоздать историю климата планеты. Основные методы: геологические методы стратиграфии (радиоуглеродный анализ окаменелостей, горных пород, ледников, органических остатков), палеотемпературные методы; исторические свидетельства (записи, хроники, археологические находки); прямые инструментальные наблюдения.

Второй подход – теоретический, связан с созданием математических моделей климата.

Ввиду обилия факторов построить всеохватывающую модель климата на сегодняшний день невозможно. Поэтому все такие синтетические модели частичны: они учитывают лишь часть факторов, остальные выступают как параметры, или не рассматриваются вовсе. Это существенно сказывается на результатах моделирования и прогнозах, построенных с помощью таких моделей. При этом нужно учитывать, что роль некоторых факторов, процессов и взаимосвязей еще не изучена полностью, многие наблюдаемые процессы еще не получили адекватного общепринятого объяснения, а некоторые явления и взаимозависимости вообще скрыты от наблюдателей.

Проблема глобального потепления: за последние 150 лет среднегодовая температура Земли имеет положительный тренд в сторону повышения, и к настоящему моменту в среднем выросла на $0.8 \pm 0.2^\circ\text{C}$. При этом на данный тренд накладываются внутривековые десятилетние (30-40 лет) и годовые (3-5 лет) колебания. Факторы влияющие на рост температуры: естественные (колебания инсоляции, параметры орбиты Земли; концентрация парниковых газов и аэрозолей в атмосфере; биогеохимические циклы атмосферы, океана, суши, биосферы; вулканическая активность; автоколебания в системе атмосфера-океан) и антропогенные (тепловое загрязнение, вызванное выбросами тепла при сжигании топлива; выбросы в атмосферу парниковых газов и аэрозолей).

Космические риски – это риски столкновения Земли с другими космическими телами: метеоритами, астероидами, кометами. Данные тела различаются своими размерами, составом, физическими свойствами и скоростями.

Столкновения с космическими объектами могут повлечь за собой катастрофы разных масштабов: локальные, региональные и глобальные.

Для глобальной катастрофы достаточно метеорита размером 1 км в поперечнике. Удар такого астероида о поверхность Земли уничтожит все в радиусе до 1000 км от места падения, пожары охватят обширные территории, в атмосферу будет выброшено огромное количество пепла и пыли, которые будут затем оседать в течение нескольких лет. Солнечные лучи не смогут пробиться к поверхности планеты, и резкое похолодание погубит многие виды растений и животных, прекратится фотосинтез. Также нарушится магнитное поле Земли, изменится динамика тектонических процессов, возрастет активность вулканов.

Организация мер по предотвращению угрозы столкновения с космическими телами включает: мониторинг и нейтрализация опасных объектов. Не будем забывать, что современная цивилизация мало

обеспокоена вопросами угрозы космического пространства поскольку за последние пол века так и не было создано единого универсального метода предупреждения столкновения Земли с космическими объектами.

2. Разработка систем комплексного мониторинга

Учесть перечисленные риски и выработать схему противодействия угрозам устойчивости, возможно лишь при своевременном обнаружении изменений во внешней среде и выявлении адекватного тренда изменений характеристик. Примером может выступать приведенные выше циклы повышения и понижения температуры, которые могут накладываться друг на друга, демонстрируя ложную картину. Для решения этой проблемы необходимо разработать системы комплексного мониторинга [27]

Объектом комплексного исследования и управления социально-экономические системы (СЭС) стали относительно недавно. Это связано с принятием и реализацией на международном уровне концепции устойчивого развития, которая стала альтернативой концепции экономического роста [28]. Рассмотрение СЭС как целенаправленной, системной, целостной совокупности взаимосвязанных экономических, социальных, экологических элементов и всех видов ресурсов, обуславливает необходимость синтеза уникальных систем идентификации характеристик, способных с достаточной степенью адекватности описать состояние СЭС любого уровня, как объекта организационного управления. Такие системы принято называть системами комплексного мониторинга (СКМ).

Попытки разработать универсальную систему оценивания состояния СЭС делаются многими исследователями, научными коллективами, институтами. Предлагаются различные методы, подходы, модели, рекомендации по определению количественного и качественного состава, как первичной (непосредственно количественно измеряемой), так и вторичной (вычисляемых индексов, индикаторов, усредненных значений и прочее) информации. Вместе с этим рекомендации по составу СКМ, носят в основном декларативный, слабо аргументированный характер и, поэтому сильно отличаются как по количеству (от 19 до 162), так и по составу. Во многом это объясняется недостаточным учетом функционально-целевой направленности СКМ и ее роли в реализации концепции устойчивого развития.

Система комплексного мониторинга (СКМ) СЭС является сложной, искусственной, целенаправленной системой, целью которой является получение необходимой информации для создания и обеспечения стабильного функционирования СППР, обеспечивающей реализацию концепции устойчивого развития. Таким образом, СКМ должна являться информационным базисом комплексной системы эффективного организационного управления. По

определению В.М. Глушкова [29] необходимыми условиями эффективности принимаемых управляющих решений является их своевременность, полнота (комплексность) и оптимальность. Эти условия превращаются в достаточные, если они базируются на актуальной, полной, достоверной исходной информации.

Переход к практической реализации концепции устойчивого развития мировой СЭС требует создания комплексной, территориально и иерархически распределенной системы организационного управления. В такой системе СКМ играет роль измерительно-идентификационного информационно-аналитического блока, т.е. выполняет роль измерения, накопления, хранения, трансформации формы и обработки информации. Отсюда следует, что требование к составу измеряемой информации (полноте), ее актуальности, достоверности и другим характеристикам СКМ, должны определяться на основе анализа функций и задач управления.

СЭС является искусственной целенаправленной системой. Наличие целей, не зависимо от уровня иерархии и горизонта планирования, обуславливает целесообразность реализации программно-целевого принципа управления. Он заключается в том, что СЭС различных уровней, с учетом имеющихся ресурсов, располагаемых возможностей и накладываемых ограничений, формируют некоторый эффективный план (траекторию в пространстве состояний) перехода из текущего состояния в целевое. В частном случае, в качестве цели может выступать требование поддерживать социальные, экономические, экологические характеристики на некотором уровне (задача стабилизации состояния).

Реализация плановой траектории происходит в условиях действий различных разнородных многомерных помех (возмущений), вследствие чего, возникают отклонения от планового состояния. Для компенсации (парирования) таких отклонений и обеспечения достижения желаемого конечного целевого состояния необходимо управление, известное как оперативное.

В общем случае, не зависимо от типа и класса объекта управления, выделяют три принципа управления: по возмущению, по отклонению, смешанное.

При управлении по возмущению, система непосредственно измеряет возмущающее воздействие, а управление заключается в его прямом компенсировании (парировании). Теоретически, это самый эффективный способ управления, так как он является разомкнутым, не требует реализации принципа обратной связи и за счет этого минимизирует запаздывание, т.е. по определению гарантирует требование «своевременности» принимаемого решения.

С этой точки зрения СКМ должна в максимальной степени ориентироваться на прямые измерения и регистрацию возмущающих воздействий, в момент и месте их возникновения. Примером, таких измерений является непосредственная регистрация объемов выбросов парниковых газов и их качественной структуры, состояние потребительского рынка и т.д. Трудность реализации этого метода заключается в необходимости создания специальных инструментальных измерительных средств, а так же в латентности (скрытности) многих возмущающих процессов, их многомерности и комплексности последствий.

Альтернативой управления по возмущению является управление по отклонению. Оно основано на концепции реализации обратной связи, когда по результату фактического состояния объекта управления вырабатывается новое, отличное от планового (программного), дополнительное управляющее воздействие, парирующее отклонение и возвращающие СЭС на плановую траекторию. При этом неизбежно возникает угроза «несвоевременности» управляющей реакции. Это обусловлено тем, что в общем случае существует задержка реагирования, так как СКМ должна содержать программное значение переменной состояния, измерить его фактическое текущее значение, вычислить отклонение, идентифицировать его причину и определить какую управляющую переменную и на какую величину нужно изменить. Таким образом, для управления по отклонению необходима модель управления, анализ ее адекватности, идентификация, анализ устойчивости и т.д.

Принципу управления по отклонению существует альтернатива, основанная на теореме существования оптимального управления [30], согласно которой для каждого состояния системы, принадлежащему допустимому множеству состояний, существует уникальная оптимальная траектория перехода в конечное целевое состояния. С учетом этого, если текущее состояние СЭС ($L^p(x)$) находится в близких окрестностях оптимальной траектории ($L^{op}(x)$), т.е.

$$L^p(x) - L^{op}(x) \leq \Delta L. \quad (1)$$

Рассогласование ΔL ликвидируется по принципу обратной связи (управлению по отклонению), в противном случае определяется новая программная оптимальная траектория. Этот принцип известен как явное управление [31].

Следует отметить, что задача синтеза оптимальных траекторий сложна в математическом и информационном аспектах, вплоть до принципиальной не реализуемости, поэтому при управлении СЭС под оптимальной (эффективной) траекторией понимается эвристический (экспертный) план развития конкретной СЭС [32].

Очевидно, что управление по возмущению более предпочтительно, но по объективным причинам приходится реализовать смешанное управление и соответственно синтезировать структуру измерения параметров СКМ.

Как указано выше, обеспечение требования «своевременности» принимаемых управляющих решений, во многих случаях требует предвидения (прогноза) развития социальных, экономических и экологических процессов. Это означает, что СКМ должна содержать информацию не только о текущем значении того или иного параметра (переменной), но и о динамике (тренде) его изменения. В связи с этим возникает задача определения периодичности изменений, позволяющей по дискретным значениям восстановить с некоторой точностью непрерывную зависимость. В общем случае это задача решается на основе теоремы Котельникова [33]. На этой основе возможно решение задачи получения синхронизированных временных последовательностей, необходимых для решения задач структурно-параметрической идентификации моделей управления и прогноза. Синхронизация данных территориально распределенных локальных СКМ, производится путем интерполяции дискретных значений. Вместе с этим для всех локальных СКМ должны быть согласованы размерности, измерительные шкалы, метрологические характеристики измеряемых величин. Это является необходимым условием конструктивного и корректного комплексного анализа и структурно-параметрической идентификации моделей описания динамики изменения, прогноза и управления целевым свойством, т.е. целевым состоянием СЭС.

Особенность сложных систем, в частности СЭС, состоит в том, что большинство свойств локальных элементов и отношений между ними носит неявный (латентный) сложный характер и не поддается непосредственному измерению. В связи с этим возникает необходимость синтеза модели $P = F(C) = F\{M, Q\}$ (где $M = \{m_i\}, i = \overline{1, n}$ – множество однородных или разнородных элементов, на которых реализовано множество отношений $Q = \{q_j\}, j = \overline{1, k}$), что требует необходимости решения задач структурной (определение вида оператора F) и параметрической (определение количественных характеристик) идентификации.

При этом в большинстве случаев, для сложных, большеразмерных систем не удастся синтезировать обобщенную, универсальную модель вида $P = F(C)$. В этом случае плодотворным является системный принцип декомпозиции сложной модели на комплекс системно упорядоченных взаимосвязанных частных моделей, которые можно интегрировать в проблемно ориентированные функциональные комплексы. В полной мере сказанное относится к СЭС как сложному

комплексу экономических, социальных, природно-экологических элементов, каждый из которых в свою очередь является сложнейшей метосистемой. Изучение и анализ каждой из этих метасистем базируется на множестве различных научных направлений, что приводит к тому, что исследователи вынуждены работать не в свойственной им среде, проецируя известные им подходы и модели на факторы, конкретными знаниями о которых они не обладают. Это приводит к дублированию, появлению показателей не несущей должной смысловой нагрузки, различного рода некорректностям и прочее.

В моделировании различают два типа моделей: прямой (часто их называют физическими) и непрямой аналогии. В первом случае сохраняются некоторые отношения подобия, определяемые закономерностями конкретной физической природы. Особенность таких моделей заключается в том, что модельный процесс совпадает с протеканием реального в каждый момент времени и всем его характеристикам можно дать реальную интерпретацию. В отличие от этого, в моделях непрямой аналогии устанавливается только аппроксимационная (с помощью некоторого аппроксимирующего полинома) зависимость между входом и выходом модели, без попыток описать реальную функциональную их взаимосвязь. Комплексная модель сложной системы должна содержать модели обоих классов: модели прямой аналогии должны разрабатываться узконаправленными специалистами в конкретной области (социальной, экономической, экологической сферах), а модели непрямой аналогии более удобны и конструктивны для междисциплинарных моделей высокого уровня.

Вместе с тем, в обоих случаях исходными являются данные о синхронизированных временных последовательностях значений параметров характеристик СЭС. Это в значительной степени определяет требование к содержанию, форме представления, актуальности, достоверности, полноте системы мониторинговых показателей.

Следует отметить, что задача структурной идентификации полиномиальных моделей не прямой аналогии является некорректной по Адамару [34], т.е. не имеет единственного решения. Поэтому при синтезе глобальной СКМ должны быть определены общие методологические принципы синтеза моделей расчета вторичных (производных) показателей. В основу могут быть положены принципы предложенные А. Г. Ивахненко при разработке метода группового учета аргументов (МГУА) [35]:

– структурно-параметрическая идентификация моделей проводится на обучающей временной последовательности данных, а проверка качества (точности, адекватности и др.) – на независимой проверочной последовательности (принцип внешнего дополнения);

– из множества возможных полиномиальных моделей в качестве базовой применяется модель минимальной сложности (принципы минимальной сложности);

– оценка точности модели определяется в интервальном виде с учетом неопределенности исходных данных (принцип интервального анализа).

Результатом сбора и агрегирования информации по целому ряду показателей, необходимо генерировать решение, которое будет определять направление развития и противодействия системы, или же формирование оценок каждой из альтернатив, дабы иметь возможность комплексно оценить и выбрать наиболее адекватное решение или проект. Рассмотрим пример выбросов парниковых газов, воспользуемся инструментарием квотирования для формирования оценок эффективности альтернативы.

Как показал многолетний опыт развития мировой СЭС, для большинства характеристик устойчивое граничное состояние в условиях свободного стихийного рынка, ориентированного на максимизацию прибыли (экономический рост), не может быть достигнуто естественным путем, т.е. в результате саморегулирования экономических процессов. Это означает, что необходимо вмешательство со стороны органов государственного управления, для создания благоприятных условий устойчивого развития различных СЭС. Такое управляющее воздействие может иметь форму установления квот на объем используемых ресурсов.

При реализации государственного регулирования квотирование, является самым целесообразным способом воздействия. Во-первых, квоты максимально эффективны, когда общий объем доступных ресурсов меньше общего объема потребляемых. Именно такая ситуация и наблюдается в современном обществе, поражает не только уровень потребления, но и динамика его роста. Во-вторых, квоты применяются, когда конкурирующие элементы за право обладания ресурсами находятся в не равных условиях, и естественным путем невозможно их уровнять.

Квоты являются инструментом прямого или косвенного управления макроэкономическими процессами путем формирования ограничений, как на общее количество допустимых, для использования ресурсов, так и их распределения между участниками картеля. Таким образом, квотирование критических ресурсов позволяет определять области допустимых состояний при управлении устойчивым развитием, как отдельных групп, так и мировой системы. При этом следует подчеркнуть, что квотирование должно быть инструментом ограничения экстенсивного (рост производства за счет увеличения объемов потребляемых ресурсов) развития по отношению к критическим ресурсам, но инициировать интенсивное развитие на основе создания инновационных

технологий использования традиционных или создания альтернативных ресурсов и т.д.

Ярчайшим примером является выработка квот на совокупный выброс парниковых газов – Киотское соглашение. Основные обязательства взяли на себя промышленные страны: Евросоюз должен сократить выбросы на 8 %, Япония и Канада – на 6 %, Страны Восточной Европы и Прибалтики – в среднем на 8 %, Россия, Украина и страны СНГ – сохранить среднегодовые выбросы в 2008–2012 годах на уровне 1990 года. На долю стран ратифицировавших соглашение приходится 61% выбросов парниковых газов (с каждым годом этот процент сокращается из-за растущих выбросов промышленных гигантов Китая, Индии и США, которые отказались ратифицировать соглашение).

Между тем квоты на парниковый газ, которые для Украины составляют 4,5 млрд единиц на 5 лет (2008–2012), являются отличным товаром. Договор между Украиной и Японией на передачу прав в размере 30 млн единиц стал первым в мире подобным документом. Между тем, в Германии, Бельгии, Болгарии, Венгрии, Дании, Греции, Испании, Италии, Румынии и целом ряде других стран, рынок квот стремительно разрастается. Только за 2010 год объем оборота вырос до \$130 млрд. Прогнозируется, что к 2020 году оборот увеличится до \$3 трлн. Стоимость одной тонны выброса колеблется от \$10 до \$30 за тонну.

Синтезируем модель изменение количества парниковых газов в атмосфере. Введем для каждого i -го государства, следующие характеристики. $G_i^u(t)$ – количественный комплексный показатель выбросов парникового газа, учитывающий все виды хозяйственной деятельности: промышленность, транспорт, сельское хозяйство (скотоводство) и прочее. Тогда интегральное значение за время T равно

$$G_i^u(T) = \int_t^T G_i^u(t) dt.$$

Каждое государство за счет естественных биосферных процессов генерирует некоторое количество парниковых газов. Другими словами, это те процессы, которые не могут быть отнесены к хозяйственной деятельности, зачастую связанные с деятельностью живых организмов, и не поддаются регулятивному воздействию, хотя и занимают относительно низкий процент от общего

$$\text{объема выбросов. } G_i^E(t) = \int_t^T G_i^E(t) dt.$$

Помимо хозяйственных и естественных биосферных процессов, необходимо выделить процессы, связанные с природными катаклизмами. Например, извержение вулкана Эйяфьядлайокюдль в Исландии в 2010г, не может восприниматься, как процесс, являющийся прерогативой только одного государства, а должен рассматриваться, как проблема мирового масштаба. Тем самым компенсация подобных выбросов, должна

происходить за счет всех стран, а не только Исландии. К таким процессам должны быть отнесены все явления, которые не могут однозначно классифицироваться как результат деятельности, какой-либо из стран, либо

$$G^o = \int_t^T G^o(t) dt.$$

Каждое государство может не только генерировать, но и поглощать парниковые газы $P_i^E(t)$. Поглощение происходит за счет биосферных процессов, в основном

$$\text{фотосинтеза. } P_i^E(T) = \int_t^T P_i^E(t) dt.$$

В настоящее время интенсивно обсуждается вопрос возможности поглощения парниковых газов за счет некоторых дополнительных технических, химических или биологических процессов с помощью специальных технологических устройств. Результат оценивается

$$\text{интегралом } P_i^u(T) = \int_t^T P_i^u(t) dt.$$

Кроме имеющих принадлежность к государственным территориям, существуют поглотители парниковых газов, которые не относятся ни к одному из государств: морское и океаническое пространство или любая другая территория, на которую ни одна из существующих на момент расчета стран не может предъявить права, предусмотренные международным правом. Обозначим объем поглощаемых парниковых газов такими

$$\text{поглотителями } P^o = \int_t^T P^o(t) dt.$$

Все показатели $G_i(t)$, $P_i(t)$ – определяются в результате деятельности систем мониторинга.

Тогда можно составить балансное уравнение характеризующее динамику изменения содержания парниковых газов в атмосфере Земли:

$$\Delta V_i(T) = G_i^u(T) + G_i^E(T) - P_i^u(T) - P_i^E(T),$$

$$\Delta V^o(T) = G^o - P^o + \sum_{i=1}^n \Delta V_i(T),$$

где n – количество государств, существующих на момент расчета, в не зависимости ратифицировали они данное соглашение или нет.

Если $\Delta V_i(T) = 0$ система оборота парниковых газов i -го государства находится в равновесном состоянии. $\Delta V_i(T) > 0$ – выбросы парниковых газов выше чем возможности их поглощения, для решения данной ситуации необходимо привлечение возможностей иных государств. $\Delta V_i(T) < 0$ – объем поглощаемого парникового газа выше объема их выбросов. В ситуации, когда $\Delta V^o(T) = 0$ планетарная система находится в равновесии, но такое состояние является потенциально опасным, из-за динамики и процессов с различными периодами колебаний. $\Delta V^o(T) > 0$ –

опасное состояние системы, когда происходит накопление парниковых газов без возможности их поглощения (превышения определенного уровня концентрации парниковых газов, вызовет необратимую цепную реакцию). $\Delta V^o(T) < 0$ – устойчивое состояние, когда происходит снижение концентрации парниковых газов (но парниковые газы, обеспечивают относительную мягкость климата, так что их концентрация не должна опускаться ниже определенного значения).

Качество атмосферного воздуха в настоящее время является критическим ресурсом, так как изменение его состава может стать причиной глобальных климатических изменений.

Выводы

Современная цивилизация столкнулась с вызовами, определяющими слабость и несостоятельность современных методов реализации управления, это вызывает необходимость пересмотра и реформирования сомой структуры последовательности принятия решений как на государственном уровне, так и в системах более низкого иерархического уровня.

В статье были рассмотрены риски, с которыми сталкивается СЭС, проанализированы их структура и различные классификации. Разбивать риски следует на три составляющие: социальные, экономические (производственные) и экологические (окружающей среды) – при этом не упуская, что некоторые угрозы на столько масштабны, что оказывают воздействие одновременно на все составляющие.

Проанализировав модели мировых процессов, был выработан подход к формированию последовательности принятия решений, который может быть описан следующей последовательностью: системы комплексного мониторинга отслеживают установленный ряд показателей, формируя предварительные статистические данные и синтезируя модели прогноза их изменения; формируется оценка качества управления; реализуется коррекция или смена стратегии управления.

Для СЭС низкого иерархического уровня данная процедура претерпевает ряд изменений: как и в предыдущим случае системы комплексного мониторинга получает информацию о СЭС; формируется оценка каждой альтернативы, исходя из предполагаемого состояния системы на момент реализации альтернативы; выбор альтернативы.

Список литературы: 1. Махов, С.А. Анализ стратегических рисков на основе математического моделирования / С.А. Махов, С.А. Посашков / ИПМ им. М.В. Келдыша РАН. – Режим доступа: http://www.keldysh.ru/papers/2007/prep52/prep2007_52.html – 10.05.2016. 2. Капица, С.П. Сколько людей жило, живет и будет жить на Земле. Очерк теории роста человечества / С.П. Капица – М.: Международная программа

образования, 1999. – 240 с. 3. Капица, С.П. Синергетика и прогнозы будущего / Сер. Кибернетика: неограниченные возможности и возможные ограничения / С.П. Капица, С.П. Курдюмов, Г.Г. Малинецкий – М.: Наука, 1997. – 285 с. 4. Капица, С.П. Модель роста населения Земли и демографическая ситуация в России // Новая парадигма развития России (Комплексные исследования проблем устойчивого развития) / С.П. Капица. – М.: Academia, МГУК, 1999 – С.104-120. 5. Подлазов, А.В. Теоретическая демография как основа математической истории / А.В. Подлазов // Препринт ИПМ им. М.В. Келдыша РАН, 2000. – № 73, С.12-26. 6. Подлазов, А.В. Основное уравнение теоретической демографии и модель глобального демографического перехода / А.В. Подлазов // Препринт ИПМ им. М.В. Келдыша РАН, 2001. – № 88. – С. 34-48. 7. Малков, А.С. Математическая модель роста населения Земли, экономики, технологии и образования / А.С. Малков, А.В. Коротчаев, Д.А. Халтурина – Препринт ИПМ им. М.В. Келдыша РАН, 2005 – № 13. – 41 с. 8. Акимов, А.В. Операциональное описание демографического перехода для прогнозирования динамики численности населения / А.В. Акимов, Ю.Г. Липец // Препринт ЦЭМИ РАН, – 1980. – С. 189-210. 9. О проектах «Римского клуба». / Препринт комитета по системному анализу при Президиуме АН СССР. – М.: ВНИИСИ, 1977. – 121 с. 10. Егоров, В.А. Математические модели глобального развития / В.А. Егоров, Ю.Н. Каллистов, В.Б. Митрофанов, А.А. Пионтковский – Л.: Гидрометеоздат, 1980. – 192 с. 11. Форрестер, Дж. Мировая динамика / Дж. Форрестер – М.: Наука, 1978. – 167 с. 12. Медоуз, Д.Л. Пределы роста / Д.Л. Медоуз, Д.Х. Медоуз, Й. Рандерс, Ш. Беренс – М.: МГУ, 1992. – 206 с. 13. Медоуз, Д.Л. За пределами роста / Д.Л. Медоуз, Д.Х. Медоуз, Й. Рандерс – М.: Прогресс, Пангея, 1994. – 344 с. 14. Форрестер, Дж. Основы кибернетики предприятия / Дж. Форрестер – М.: Прогресс, 1971. – 340 с. 15. Mesarovich, M. Mankind at the Turning Point. / M. Mesarovich, E. Pestel – N.Y., 1974. – 230 p. 16. World model / A.O. Herrera // Report in the Proceedings of the Seminar on the Latin American model at IASA. – Laxenberg, Austria, October 7-11, 1974. – 239 p. 17. Kaya, Y. Global constraints and new vision for development / Y. Kaya, Y. Suzuki // Technological forecasting and social change. – N.Y., 1974, vol.6, №3. – P. 277–297, №4. – P. 371–388. 18. The future of the world economy / W. Leontief – N.Y.: Oxford University press, 1977. – 423 p. 19. Petri, A. Resources, environment and the balances of payments / A. Petri, A. Carter, – 1980. – 342 p. 20. Гвишиани, Д.М. Системное моделирование глобальных проблем / Д.М. Гвишиани, В.А. Геловани, С.В. Дубовский // Сборник трудов ВНИИСИ. – М., 1985. – №3. – С. 5-15. 21. Linneman, H. Population doubling and food supply / H. Linneman. – Free University of Amsterdam, 1974. – 258 p. 22. Roberts, P. Models of the future / P. Roberts// Omega. – 1973. – vol. 1. – №5. – P. 591-601 23. Гранберг, А.Г. Модификации межрегиональной межотраслевой модели мировой экономики / А.Г. Гранберг, А.Г. Рубинштейн // Экономика и математические методы. – 1979. – т. XV, вып. 2. – С. 307-320. 24. Gabor, D. et al. Oltre l'etra dello spreco / D. Gabor. – Milano, 1976. – 356 p. 25. Природные опасности России. Монография в 6 томах. – М.: КРУК, 2000-2002. 26. Коробейников, В.П. Математическое моделирование катастрофических явлений природы / В.П. Коробейников // Новое в жизни, науке, технике. Серия «Математика, кибернетика». – М.: Знание, 1986. – №1. – С. 42-54 27. Петров, Э.Г. Требования к системам комплексного мониторинга социально-экономических систем / Э.Г. Петров,

Е.В. Губаренко // Проблемы информационных технологий. – 2011. – № 9. – С. 98-103. **28.** Згуровский, М.З. Роль инженерной науки и практики в устойчивом развитии общества / М.З. Згуровский, Г.А. Статюха // Системні дослідження та інформаційні технології. – 2007. – №1. – С. 19-38. **29.** Глушков, В.М. Введение в АСУ / В.М. Глушков. – изд.2-е, исправленное и дополненное. – К.: Техніка, 1974. – 320 с. **30.** Понтрягин, Л.С. Математическая теория оптимальных процессов / Л.С. Понтрягин, В.Г. Боятянский, Р.В. Гамкрелидзе, Е.Ф. Мищенко – 4-е изд. – М.: Наука, 1983. – 393 с. **31.** Петров, Э.Г. Организационное управление городом и его подсистемами (методы и алгоритмы) / Э.Г. Петров – Х.: Вища школа, 1986. – 144 с. **32.** Губаренко, Е.В. Методология формирования количественных оценок уровня развития региона / Е.В. Губаренко, Н.В. Подмогильный // Вестник ХНТУ. – 2010. – №2(38). – С.76-80. **33.** Котельников, В.А. Теория потенциальной помехоустойчивости / В.А. Котельников. – М.-Л.: Госэнергоиздат, 1956. – 152 с. **34.** Адамар, Ж. Задача Коши для линейных уравнений с частными производными гиперболического типа / Ж. Адамар. – М.: Наука, 1978. – 351 с. **35.** Ивахненко, А.Г. Принятие решений на основе самоорганизации / А.Г. Ивахненко, Ю.П. Зайченко, В.Д. Димитров. – М.: Сов. радио. – 1976. – 280 с. **36.** Губаренко, Е.В. Модели и методы управления устойчивым развитием социально-экономических систем / Е.В. Губаренко, А.О. Овезгельдыев, Э.Г. Петров; под общ. ред. Э.Г. Петрова. – Херсон: Гринь Д.С., 2013. – 252 с.

Поступила в редколлегию 05.05.2016

УДК 519.81: 65.011: 330.341.1

Оценка альтернативных стратегий развития социально-экономических систем. / Е.В. Губаренко, Д.Э. Лысенко // Бионика интеллекта: науч.-техн. журнал. – 2016. – № 1 (86) – С. 33-42.

Проанализированы проблемы моделирования динамики мировых систем, описаны риски, с которыми сталкиваются социально-экономические системы. Описан метод принятия решений в социально-экономических системах различного иерархического уровня.

Библиогр.: 36 назв.

UDC 519.81: 65.011: 330.341.1

Evaluation of alternative strategies for the development of socio-economic systems. / I.V. Gubarenko, D.E. Lysenko // Bionics Intelligence: Sci. Mag. – 2016. – № 1 (86) – P. 33-42.

The problems of modeling the dynamics of the world system, described the risks faced by the socio-economic system. Described method of decision-making in socio-economic systems of different hierarchical levels.

Ref.: 36 items.