

Ретроспектива и перспектива системной динамики. Анализ динамики развития. ***Н.Н. Лычкина***

Международное сообщество отметило в 2007 году 50-летие системной динамики, прошла юбилейная конференция Международного общества системной динамики (*systemdynamics.org*), выпущены юбилейные выпуски ежегодно издаваемого журнала *System Dynamics Review* [2], с обзорными статьями пионеров, апологетов и активных популяризаторов системной динамики Дж. Форрестера, Донеллы Медоуз (история и выводы «Пределов роста») и Деннис Медоуза (интерактивные игры или «имитаторы полетов для менеджеров» на основе системной динамики, и эффективность их применения), Дж. Стермана (об историческом значении, области применения системной динамики и методиках обучения системному мышлению в области естественных и социальных систем), Эдвард Робертс (о практических результатах создания индустриальных, экономических, организационных, стратегических и многих других системно-динамических моделей при работе в составе группы системной динамики в Массачусетском технологическом институте) и Генри Вейл (о развитии концептуальных решений при применении системной динамики при формировании корпоративной стратегии), Джеймс Линес (системная динамика в управлении проектами), Дж. Морекрофта (история системной динамики в Великобритании), Питер Миллинг (с краткой историей системной динамики в континентальной Европе) и др.

Дж. Форрестер выступил с блестящим докладом «Системная динамика – персональный взгляд на первые и следующие 50 лет» [4], в котором дал глубокий анализ исторического развития, настоящего, болевых точек и изложил видение перспектив и актуальных задач развития системной динамики. Русский перевод этой статьи Дж. Форрестера можно найти на сайте недавно созданного Русского отделения Международного сообщества системной динамики – *systemdynamics-russia.org*.

Настоящая статья составлена по материалам этих обзорных статей, личного опыта участия последние годы в Международных конференциях Общества системной динамики и ведения в течение долгих лет общественной, образовательной, научной и консалтинговой деятельности в России в области системной динамики и имитационного моделирования и представляет некоторую попытку популяризации этого направления, приуроченную к открытию на Всероссийской научно-практической конференции «Имитационное моделирование. Теория и практика. (ИММОД)» секции системной динамики, и осмысления состояния и перспектив развития системной динамики в России.

Историческое развитие основополагающих проектов .Настоящее. Будущее.

Фундаментальные работы Дж. Форрестера и его научная и общественная деятельность не только способствовали появлению системной динамики, как новой методологии компьютерного моделирования и метода решения управленческих задач, но и дали развитие целому ряду направлений, таких как: прикладные исследования в широком спектре задач управления – от корпоративного управления, до глобального моделирования и моделирования национальных экономик; появление нового класса высокотехнологичных симуляторов, с помощью которых удалось совершить технологическую революцию в мире компьютерного моделирования; интерактивные имитационные игры; интересные и популярные образовательные проекты в сфере бизнеса, создание широкой сети консалтинговых организаций, а также отделений общества системной динамики по всему миру, исповедающих, применяющих и популяризирующих идеи Дж. Форрестера и его последователей. Кратко остановимся на ретроспективе и перспективе развития этих базовых направлений, обозначим Российские приоритеты.

Индустриальная динамика. От системного мышления менеджеров – к реализации серьезных корпоративных аналитических приложений на основе имитационных моделей.

Начала системной динамики теперь хорошо известны. Прежде, чем в 1961 году появилась первая книга Дж. Форрестера «Индустриальная динамика» [5], известная в русском переводе как «Основы кибернетики предприятия», где был впервые проработан метод системной динамики, Дж. Форрестер 17 лет занимался наукой и инженерным делом в Массачусетском технологическом институте (МТИ), занимаясь системами управления с обратными связями, тренажерами для пилотов, затем работа в Слоановской школе управления, где он впервые столкнулся с конкретными управленческими проблемами. Аналогии с информационными системами с обратными связями, имитаторами полетов не случайны, как и жизненная установка Форрестера «...жизнь должна быть очень практичной. В ней нет места построению теорий и концепций без цели – все время полное погружение в реальном мире», - все послужили созданию «практической философии», т.к. предложенные идеи и подходы – это фактически универсальная парадигма описания сложных управленческих ситуаций.

Сам Дж. Форрестер так вспоминает это время - это было время создания Слоановской школы управления при Массачусетском технологическом институте (МТИ). (Слоановская школа управления была основана в 1952 году на грант в 10 млн. долларов от Альфреда Слоана, человека, который построил корпорацию Дженерал Моторс.):

«...мне однажды случилось разговориться с людьми из Дженерал Электрик. Они были озадачены тем, почему на их заводах по производству бытовых приборов в Кентукки, иногда работающих в три и четыре смены, затем, несколько лет спустя, половину людей приходится увольнять. Это можно было легко объяснить деловыми циклами, вызвавшими колеблющийся спрос, но такое объяснение не выглядело достаточно убедительно, как и все доказательства. После разговора с ними о том, как у них принимаются решения о наеме и как ведется учет запасов, я начал делать некое подобие имитационной модели. Это было моделированием с помощью карандаша и листка бумаги из записной книжки. Я начал с колонок сверху для материальных запасов, резервов, рабочих, заказов и норм производства. Учитывая эти начальные условия и политику найма, которой придерживались на предприятии, можно было вычислить, сколько людей будет нанято на следующей неделе. Это давало новые значения занятости, уровня материальных запасов и производства. Каждое последующее состояние могло быть вычислено от предыдущего - стало очевидно, что это потенциал для колебательной или непостоянной системы, поведение которой было внутренне полностью определено. Даже с постоянно поступающими заказами можно было получить неустойчивую занятость как следствие обычно используемой политики принятия решения в пределах канала поставок. Та первая система контроля состояния запасов с карандашом и бумажным моделированием дала начало системной динамике. Ранние модели сетей поставок увековечены сегодня в виде "пивной игры", которая доступна на сайте Общества системной динамики. [1]

Из того первого динамического анализа возникли первые зачатки языка ДИНАМО для построения моделей системной динамики. Со мной работал опытный программист Ричард Беннетт в то время, когда в 1958 году я писал статью «Динамика предприятия - важнейший прорыв для лиц, принимающих решения» для Гарвардского делового обозрения. Та статья была второй главой книги «Основы кибернетики предприятия». Для той статьи мне нужны были компьютерные имитационные модели, и я попросил Беннета просто закодировать уравнения моделей таким образом, чтобы мы могли управлять ими на нашем компьютере. Однако Ричард Беннетт был человеком очень независимым. Он сказал, что не будет писать программу для заданного набора уравнений, но сделает компилятор, который автоматически создаст машинный код. Он назвал компилятор «SIMPLE» («простой»), что было аббревиатурой и означало «построение моделей с большим количеством уравнений для решения проблем управления предприятием» (Simulation of Industrial Management Problems with Lots of Equations). Настойчивость Беннета в создании компилятора – еще один важный переломный момент; это ускорило последующее моделирование, которое быстро распространило идеи системной динамики. Джек Пью позже расширил возможности ранних компиляторов моделей системной динамики до многофункциональной линейки инструментальных средств ДИНАМО. Также в ранних разработках по системной динамике участвовали Дж.Л.Энос, Уиллард Фей и Эдвард Робертс. [5]

Все базовые идеи системно-динамического моделирования для комплексного описания и исследования предприятия как целостной системы, осуществляющей многообразные взаимосвязанные функции, предприятия как экономической динамической системы, динамика которого предопределяется особенностями ее структурной организации, необходимость анализа в условиях динамично изменяющейся внешней

среды - рынка, задачи долгосрочного и стратегического планирования, востребованные сегодня стратегическим менеджментом, - были заложены и апробированы Дж. Форрестером в его работах, и сегодня популяризируются его учениками и последователями. Среди последних наиболее известны работы Дж. Стермана «*Business Dynamics – Systems Thinking and Modeling for a Complex World*» [9], посвященные изучению источников корпоративного роста, Ким Уоррена «*Competitive Strategy Dynamics*», «*Strategic Management Dynamics*» [10,11], как теория динамической стратегии и метод формирования так называемой «стратегической архитектуры» предприятия, основанные на ресурсном подходе в стратегическом менеджменте, Дж. Моректрофт «*Strategic Modelling and Business Dynamics*» [12]. К сожалению, эти книги не переведены на русский язык, и этим объясняется слабое распространение этих методик в среде менеджмента и бизнес-образовании, ориентированном на обучение стратегическому менеджменту.

Сегодня спектр корпоративных приложений на основе методов системной динамики развивается в основном по двум направлениям: так называемое «системное мышление менеджеров», формируемое с помощью казуальных или причинно-следственных диаграмм при формировании ментальных моделей менеджмента, и серьезные сценарные стратегические исследования, проводимые на имитационных моделях, детализированных под конкретные проблемы и предприятия.

Корпоративная динамика и управленческий консалтинг. Проблемы и динамика роста в России.

Анализ деятельности и выработка стратегии поведения компании в условиях турбулентности рынка, нестабильной экономической ситуации, разработка антикризисной программы в современных экономических условиях, создание модулей операционного, тактического и стратегического планирования в корпоративных информационных системах и системах поддержки принятия решений, - актуальные задачи для российских предприятий. Этим объясняется их интерес к поиску эффективных инструментов принятия стратегических решений. Однако кризис непонимания, слабая постановка задач со стороны бизнеса, недостаточное распространение и знание методов системно-динамического моделирования в бизнес-среде, слабый управленческий консалтинг сдерживает применение этого инструментария в стратегическом управлении в России. Это направление сегодня настолько приоритетно для российской действительности, что я позволю себе ниже специально остановиться на некоторых наработках в этом направлении и обсуждении основных задач в развитии этого направления.

Одна историческая тенденция в этом сегменте приложений заставляет задуматься. Не могу не согласиться с Дж. Форрестером. В упомянутой статье он пишет:

«Термин "системный подход" стал очень популярным. Термин подразумевает наблюдение, изучение, обсуждение систем, понимание их важности. Но в общем случае он не является видом количественного и использующего имитационное моделирование динамического анализа, который приводит к пониманию поведения. Системный подход может быть ключом к системной динамике. Опасность исходит от людей, полагающих, что на системном подходе все и заканчивается. Системный подход только делает ум более "чувствительным", обращая наше внимание на жизнь систем. Некоторые люди убеждены, что они многое узнали именно на стадии системного подхода. Но они прошли, быть может, только 5 процентов пути к пониманию системы. Остальные 95 процентов - это структурирование системно-динамических моделей и проведение на этих моделях вычислительных экспериментов. Только вычислительный эксперимент может обнаружить существующую несогласованность в наших умственных моделях. Системный подход может быть первым шагом к пониманию динамики сложных проблем, но этого не достаточно.

.... Сложные динамические системы с обратной связью привлекают внимание людей к политике малых изменений (политике «низкого рычага»). Я был поражен тем, как люди в системной динамике хватаются за политику малых изменений в поисках решений их проблем. Например, на вопрос о том, как общаться с менеджерами и общественностью, очевидным ответом, но ответом «низкого рычага» будет упростить объяснения, пока они не станут неразличимы от обычных диалоговых обсуждений. Те, кто идет по пути системного подхода и диаграмм причинно-следственных связей, не занимаются системной

динамикой. Они остаются зависимыми от человеческого разума, объясняя динамику поведения. Неоднократно демонстрировалось, что человеческому разуму не под силу решить динамические системы высшего порядка с обратной связью. Такие упрощения системной динамики будут почти всегда испытывать недостаток в ясности, глубине, будут не в состоянии показать, как возникли имеющиеся проблемы, и правильно оценить и сравнить альтернативные варианты будущей политики. Не стоит удивляться, что публика показывает безразличие. Только двигаясь по пути имитационного моделирования, можно прийти к глубокому пониманию, необходимому в реальных ситуациях.»

«Мы видим, что многие пытаются «заткнуть» системную динамику «системным подходом» и «диаграммами причинно-следственных связей», которым недостает возможностей, присущих системной динамике. Это происходит из-за недостатка компетенции у специалистов области, без которой невозможно продемонстрировать возможности «чистого» метода. Упрощение системной динамики – это проигрышная игра. Системная динамика не проста. Не просты и проблемы сложных систем с обратной связью. Уход от популярной, но пагубной политики, и выработка новой, способной улучшить общество - задача не простая. Упрощение метода дискредитирует системную динамику так, что даже к превосходной работе будут относиться с предубеждением. [5]»

Участие в Международных конференциях Общества системной динамики и анализ материалов, убеждает, что эта тенденция очень характерна для западных бизнес-школ и научных течений, начинает она просматриваться и в российской действительности. Обучение «системному мышлению» менеджмента на основе принципов системной динамики, на мой взгляд, оправдано только в русле грамотного продвинутого консалтинга, опирающегося на применение имитационного моделирования. А это предполагает глубокое погружение в проблему, ее структуризацию и концептуализацию, (в ходе которого может быть и полезно формирование ментальных моделей менеджмента), корректное применение высокотехнологичной имитационной составляющей и сценарного подхода.

Стратегическое управление направлено на достижение долгосрочных целей организации путем адаптации к изменениям внешней среды. Задачи стратегического анализа сложны и требуют учета большого числа факторов, интересов, угроз и последствий. На стратегическом уровне управления присутствует высокая степень неопределенности в оценке внешней среды, слабая формализация методов управления и широкое использование экспертных оценок и знаний, многокритериальность при оценке принимаемых решений. Стратегический план редко включает цифровые показатели, осуществленный выбор формируется преимущественно в качественных показателях и не дает очень точных прогнозов, по крайней мере, в долгосрочном периоде, более важными является определение тенденций, вероятного изменения основных параметров хозяйственной системы, отражающих долгосрочные результаты деятельности при принятии стратегических решений. Сложность выбора стратегической альтернативы в динамически развивающейся ситуации, в условиях внешней и внутренней неопределенности заключается в необходимости удовлетворения большого числа противоречивых требований по различным направлениям деятельности компании: финансово-производственная, рынок и отношения с клиентами, кадровые ресурсы компании, внутренние бизнес-процессы, отношения с государственными органами и др., а также в большой доле субъективности при оценке ситуации и неточном понимании своих целей со стороны руководства.

Этим обусловлено использование в качестве основного инструмента моделей и методов системной динамики [13,14]. Использование моделей системной динамики для стратегического управления имеет следующие преимущества:

- возможность использования многоцелевых критериев при построении и исследовании моделей;
- проведение исследований на основе неполной информации;
- имитационная модель является наиболее подходящей для исследования динамической ситуации, когда параметры системы и среды меняются во времени;

- исследование поведения системы посредством выявления причинно-следственных отношений и взаимодействий контуров обратной связи, проявляющихся в особенностях ее структурной организации;
- хорошая интерпретируемость системных потоковых диаграмм, что дает возможность проведения совместных экспертных ревизий при обсуждении проблем, формировании ментальной модели и выработки согласованных решений;
- имитационная модель выступает как удобный инструмент экспериментального проигрывания большого множества сценариев типа «что-если»;
- технология проведения сценарного исследования на имитационной модели предполагает активное участие эксперта в процессе формирования ментальной модели и принятия решения, - он детализирует проблему и модель, осуществляет генерацию альтернатив и сценариев, постановку направленного вычислительного эксперимента на имитационной модели, выбор и ранжирование критериев, а также анализ и интерпретацию результатов сценарных расчетов, что позволяет учитывать субъективные предпочтения эксперта и его опыт в процессе принятия решения. Компьютер только упрощает, помогает эксперту в выработке решения, но не заменяет его опыт и знания.

Анализ литературы и практика применения имитационного моделирования в корпоративном управлении позволяет обозначить широкий спектр корпоративных приложений системно-динамического моделирования и шаблонов решений, который на практике приводит к созданию конкретных моделей для конкретных организаций и предприятий. Интегрированный многофункциональный комплекс для стратегического и тактического управления деятельностью предприятий (холдингов, банков) реализуется на основе имитационных и системно-динамических моделей и включает аналитические блоки следующей функциональности:

- *Стратегическая архитектура и корпоративная динамика предприятия*

Комплексный динамический анализ взаимосвязей и формирование стратегии предприятия на основе обобщенной системно-динамической модели, анализ причин корпоративного роста и угроз с помощью когнитивных карт менеджеров. Разработка и принятие стратегических решений в целом по предприятию (фирме, холдингу). Разработка комплексных стратегических планов и сценариев развития, устойчивых к колебаниям рынка, наращивания экономической мощи предприятия, расширения и диверсификации бизнеса, определения приоритетов.

На основе обобщенной системно-динамической модели предприятия, отражающей стратегическую архитектуру предприятия, в дальнейшем осуществляется разработка детализированных имитационных моделей, с помощью которых ведется подготовка стратегических и тактических решений по различным направлениям деятельности предприятия и функциональным составляющим бизнеса:

- *Бюджетинг и управление финансовыми потоками.*

Моделирование финансовых потоков. Ситуационный финансовый анализ. Финансовое планирование (среднесрочное) на основе динамической модели: механизмы распределения и управления финансовыми потоками, комплексное управление издержками, налоговое планирование, обслуживание кредитной задолженности, дивидендная политика, социальная политика и т.п..

Управление рисками. Анализ ликвидности и финансовой устойчивости банка в условиях рыночного риска.

- *Инвестиционное планирование и управление проектами*

Разработка инвестиционных планов и проектов и их организационно-финансовое обеспечение; формирование перспективных заделов – новых производств и видов бизнеса, обновление производственных фондов и продуктового ряда, ввод запланированных

мощностей для выполнения производственно-сбытовой программы фирмы и др., диверсификация направлений бизнеса. Управление инновациями.

- *Управление производственной программой. Комплексное управление логистическими процессами на предприятии*

Производственный менеджмент: структура и темп производства, объем производства, оценка реальных производственных возможностей, развитие и обновление парка оборудования. Управление активами, определение потребности в ремонтной мощности и др. Управление цепью поставок (синхронизация логистических сущностей при реализации стратегии «точно в срок», минимизация затрат по всей логистической цепи), материально-техническое обеспечение (планы поставок, производственно-сбытовые планы). Детализированные, близкие к «физическим», имитационные модели технологических процессов, промышленных и хозяйственных систем; календарное и оперативное планирование на основе дискретных имитационных моделей. Управление запасами, складская и транспортная логистика, проектирование инфраструктуры логистических и складских комплексов.

Управление качеством на основе процессного подхода.

- *Управление общефирменной сбытовой сетью. Формирование маркетинговой стратегии. Анализ динамики рынка.*

Координация производственно-сбытовых цепочек. Формирование дистрибутивной сети. Формирование маркетинговой стратегии и исследование ее влияния на прибыльность компании: реклама, PR, процессы ценообразования на основе динамики спроса и предложения. Анализ и управление спросом. Разработка стратегии привлечения и удержания клиентуры, максимальное удовлетворение потребностей клиентов на основе анализа динамики потребительского спроса, ценовая политика в регионах и др.

Анализ динамики рынка и конкурентной среды промышленной корпорации. Много-агентные модели фондового и других рынков. Анализ деятельности компании в условиях воздействия факторов внешней среды, конкурентного окружения, турбулентности рынка, с учетом рыночных и кризисных рисков. Разработка стратегии и общего сценария антикризисного управления.

- *Моделирование и анализ поведения бизнес-процессов. Реинжиниринг. Управление персоналом*

Анализ нетривиальных управленческих ситуаций, анализ взаимовлияния различных видов деятельности предприятия на основе системно-динамической модели на ранних, преинвестиционных фазах реализации проектов реинжиниринга.

Аудит. Поиск оптимальных корпоративных схем и организационных структур.

Моделирование, анализ, реинжиниринг и оптимизация бизнес-процессов организации на основе процессного подхода с применением CASE-средств и имитационного моделирования.

Управление персоналом: стратегия обучения, формирования кадрового резерва.

- *Отраслевые и межотраслевые проекты*

Управленческое моделирование топливно-энергетического комплекса, промышленных предприятий металлургии и др. отраслей с непрерывным производственным циклом (разработка полезных ископаемых, добыча (шахты и скважины), переработка и транспортировка); госзаказы и экспорт, социально-экономическое развитие регионов.

Консалтинг и качество работы в системной динамике.

Для практической реализации подобных проектов необходимы:

- проведение научных исследований в научно-исследовательских лабораториях ведущих Университетов на стадии концептуализации проблемы, применения математического и других видов анализа как при параметризации имитационных моделей, так и проведения сценарных исследований;

- хорошо организованный, продвинутый в разработке системно-динамических моделей консалтинг, включающий управленческий консалтинг на стадии концептуализации и структуризации модели, а также подготовки и интерпретации результатов сценарных исследований и сложной динамики, а также грамотный ИТ-консалтинг, ориентированный на работу в высокотехнологичных средах коммерческих симуляторов и других интеллектуальных средах;

- обучение TOP-менеджмента, ответственного за принятие решений, системному мышлению с помощью деловых, имитационных игр и шаблонов на стадиях подготовки ментальных моделей и сценариев, проведение тренингов в компаниях-заказчиках по обучению пользоваться имитационными моделями;

- реализация интегративных ИТ-проектов [19] возможна, в зависимости от потребностей предприятия по самым различным направлениям: расширение функционала CASE-средств и BPMS-систем за счет возможностей Simulation Software; систем сбалансированных показателей и системно-динамической модели с индикаторными панелями; интеграция с корпоративными информационными системами, модули планирования в SCM- APS- ERP-системах; аналитические приложения в стратегических информационных системах SEM; и, наконец, цифровое производство и т.д.. Реализация такого рода ИТ-проектов требует усилий системных интеграторов.

Такая практика зарекомендовала себя для реализации имитационных моделей крупных предприятий, корпораций, холдингов (как правило, отраслевых проектов топливно-энергетического комплекса, электронной промышленности и т.п.) Крупнейшие консалтинговые компании, такие как McKinsey&Company, Arthur Andersen, Cooper&Lybrand и другие успешно применяют методологию системной динамики в сфере инвестиционного и управленческого консалтинга. В России такой опыт единичный, и не всегда удачный. Распространению системной динамики в корпоративных приложениях препятствует отсутствие сети консалтинговых предприятий соответствующего профиля. Инфраструктура такой сети может быть создана, как показывает международный опыт, при Университетах, где сосредоточены наиболее квалифицированные кадры.

«Системной динамике все еще далеко от достижения того качества работы, к которому мы должны стремиться. Мы должны начать обсуждать, как поднять качество и планку в прикладных приложениях, опубликованных работах и особенно в учебных программах. Вместо того, чтобы верить тому, что пишут в статьях по системной динамике о наших возрастающих стандартах, мы должны найти возможность рассмотреть то, как среднее качество работ в области уменьшается.» [4]

Стиль, когда «системная динамика пытается реализовать то, что хочет клиент, даже когда это неблагоразумно или невозможно», предложить развитую визуализацию вместо глубокого динамического анализа, упрощение проблемы под флагом «системного мышления», дискредитирует и опошляет системную динамику.

От корпоративной динамики к социальной.

Поворотный момент в развитии системной динамики произошел в 1968 году, когда Дж. Форрестер переместил системную динамику из области корпоративного моделирования в область более открытых социальных систем. «Динамика развития города» [6] родилась из плотного сотрудничества с бывшим мэром Бостона Джон Ф. Коллинз, и поначалу вызывала бурное общественное неприятие, т.к. полученная динамика отрицала основные положения городской политики, которой придерживались тогда США. «Динамика развития города» была той тропинкой, которая привела к системно-динамической национальной модели и таким проектам, как «Мировая динамика» и «Пределы роста». Модель, родившаяся из обсуждений с Римским клубом описана в «Мировой динамике» [7], вышедшей в 1971 году. И снова бурный общественный отклик и резонанс.

Эти работы привели к работе над системно-динамической национальной моделью.

«Цель исследования национальной модели состояла в том, чтобы лучше понять поведение народных хозяйств и найти альтернативную политику для того, чтобы улучшить это поведение... Системно-динамическая национальная модель представляла собой микроструктуру экономики с корпорациями,

совокупным домашним хозяйством, ценообразованием, денежными потоками, долгом, правительством и денежно-кредитными средствами управления. Взаимодействие микроструктур воспроизводило макроповедение... Национальная модель показала несколько различных динамических состояний, наблюдаемых в промышленной экономике - рост, обычные короткие деловые циклы, стагфляцию и длинные экономические волны...[4]»

Полученная на системно-динамических моделях динамика не совпадала с теоретическими представлениями экономистов.

Модели мировой динамики «Мир-1» и «Мир-2» (1971-1972 гг.), проекты: «Мир-3» или «Пределы роста» Д. Медоуза (1972 г.)[8]; «Человечество перед выбором» М. Месаровича и Э. Пестеля (1974 г.); «ЛИНК» Л. Клейна (с 1968 г, синтез национальных моделей); работы Эррера, Кайя – Судзуки, Линнемана, Робертса, глобальная межотраслевая модель В. Леонтьева – это ретроспектива создания системно-динамических моделей национальных экономик. В 1988 г. таиландским ученым К. Саидом была разработана системно-динамическая имитационная модель развивающихся стран, учитывающая взаимосвязь экономических, демографических, экологических, социально-политических и технологических факторов развития. Системно-динамические модели позволили увязать воедино многие сферы функционирования человеческого общества. В рамках концепции «устойчивого развития» в 1995 г. группой американских ученых была создана модель «США на пороге XXI-го века», которая моделирует развитие США с учетом экономических, демографических, экологических, социально-политических и технологических факторов. Аналогичные модели при поддержке Института Тысячелетия и Всемирного банка были созданы и создаются в настоящее время во многих странах мира (Таиланд, Тунис, Китай, Малави, Грузия, Армения и другие). Например, в марте 1997 г. на проходившем в Токио Международном Форуме по Глобальному Моделированию был представлен доклад о возможном будущем для Бангладеш, Туниса и США, составленный на основе системно-динамических моделей, разработанных для данных стран. Работы продолжаются.

Что же касается развития системного анализа и системно-динамического направления в нашей стране [15], то здесь следует отметить, что системные исследования активно стали развиваться в бывшем СССР в 70-80 годы нашего столетия. Например, в ЦЭМИ АН СССР; в СО АН СССР был разработан ряд эконометрических моделей, моделирующих экономику различных стран в период с окончания второй мировой войны; в МГУ им. М.В. Ломоносова разрабатывались имитационные модели экономики СССР; в ЛГУ были построены модели управления системой образования, в ВЦ АН СССР в начале 80-х годов исследовательской группой под руководством академика Н.Н. Моисеева была создана имитационная модель глобальных экологических изменений.

Если в период "холодной войны" системный анализ и системная динамика, а также разработка имитационных моделей носили ярко выраженный идеологический и политический характер, то в настоящее время в области системных исследований все больше и больше развивается международное сотрудничество как в области научных исследований и образования, так и в сфере применения имитационных моделей. Так, например адаптацией имитационных моделей, разработанных группой под руководством Дж. Форрестера (Массачусетский технологический институт, Дармутский колледж), а также разработкой на их основе собственных моделей занимаются в МГУ, МГИМО, НИИСИ, МИФИ, Институте кибернетики им. В.М. Глушкова АН Украины и других организациях. В 1992 г. на базе НИИСИ был организован Институт системного анализа РАН (ИСА РАН), а в марте 1996 г. в Москве был учрежден Международный комитет по общим системам.

С начала 1980-ых области применения системной динамики расширились до очень широкого спектра, включая проблемы образования, здравоохранение, энергетические системы, проблемы устойчивого развития, социальную политику, чрезвычайные ситуации и катастрофы и много других областей.

В Российских научных школах серьезный научный задел по региональным и территориальным системам [16], экологическому регулированию [15] и многим другим. Краткий перечень секций и докладов на Международных конференциях по системной динамике частично отражает область приложений системной динамики в социальных системах [1].

Национальная модель и стратегия России.

Экономическое сообщество России сегодня обсуждает идею создания системно-динамической модели национальной экономики. В одной из таких дискуссий я слышала пламенный монолог о глубоком кризисе экономической мысли, академических и научных школ в России, проблемах с использованием традиционных методов экономического анализа, т.к. эконометрика: по известным причинам разрежены статистические данные, не работают методы прогнозирования в переходный период. Да это же все доводу в пользу системно-динамического исследования. Не надо создавать академических институтов, тратить годы научных исследований, необходим деловой и грамотный консалтинг, опирающийся на менталитет лиц, принимающих решение и знание происходящих в современной экономике России процессов, профессиональная структуризация проблематики. Системно-динамическая модель нацелена на концептуализацию и структуризацию проблем, достижение понимания происходящих процессов, методы системной динамики сближены с мышлением стратегических управленцев. Работы по национальному моделированию осуществляются в условиях широких междисциплинарных коммуникаций, участия специалистов различной специализации.

Системная динамика предлагает парадигму, методологию и технологический подход, отличный от традиционного, это позволяет анализировать сложную динамику, нестационарную экономическую систему при переходных процессах. Работы нацелены на анализ кризисных и предкризисных ситуаций, управление кризисом. Модельные конструкции системной динамики опираются на достоверные эконометрические оценки, которые используются для доведения системно-динамической модели на этапе ее параметризации, отчасти на этапе оценки ее валидности. Опыт других стран показывает, что задача построения системно-динамической модели национальной экономики может быть решена корректно и в кратчайшие сроки. Необходимы волевые усилия.

Национальная модель - комплекс компьютерных моделей основных сфер жизни России, основной проектный и прогностический инструмент разработки национальной стратегии; ее каркас образует системно-динамическая модель, применяемая для разработки и обоснования национальных проектов и сценариев.

Программы-имитаторы и высокие технологии принятия решений.

Несомненно, что популярность системной динамики во многом была обеспечена появлением с 1980-ых гг. легких в использовании программ-имитаторов с расширенными возможностями графического пользовательского интерфейса (таких, как *STELLA*, *Powersim*, *Vensim*, *iThink*, *AnyLogic*). Поддержка нормативных схем системной динамики, языковая функция симуляторов, обеспечившая принципиально новый подход для системных аналитиков в создании компьютерных моделей и возможность проведения совместных экспертных ревизий специалистами разной квалификации, высокотехнологическая поддержка стандартных функций имитационного моделирования обеспечили привлекательность и широкое распространение в бизнес-среде системной динамики. Сегодня, когда системная динамика покинула академические лаборатории и стала инструментом практикующего управленческого консалтинга и применяется в интегративных ИТ-проектах, к симуляторам предъявляются дополнительные требования:

- необходимы предметно-ориентированные симуляторы, заточенные на определенный класс бизнес-задач (моделирование и оптимизация бизнес-процессов,

стратегическая и тактическая оптимизация цепи поставок, цифровое производство и многие другие);

- для поддержки принятия управленческих решений требуется гетерогенная модельная среда, поддерживающая не только различные парадигмы имитационного моделирования (агентное, дискретное имитационное моделирование, системная динамика и др.), но и широкий спектр математических методов моделирования и интеллектуальных технологий;

- создание интегративных ИТ-проектов накладывает дополнительный набор ИТ-требований к симулятору (соблюдение стандартов, поддержка транспорта данных, переносимость, наличие облегченных приложений и многое другое).

Современное и совершенное ИТ-решение с возможностями многофункционального имитационного моделирования демонстрирует коммерческий симулятор AnyLogic, разработка Российской компании «Экс Джей Текнолоджис» (www.xjtek.ru).

Интегрированный образовательный процесс.

Самая большая проблема системной динамики, считает Форрестер, связана с недостатком хорошего образования. Форрестер говорит в статье об «использовании системной динамики в качестве организующей философии для нового вида образования в сфере управления в 21 столетии», об «интегрированном образовательном процессе».

«Сегодня интерес к системной динамике растет быстрее, чем количество квалифицированных профессионалов в области. В настоящее время узким местом является обучение специалистов системной динамике. Новые области, такие, как системная динамика, вырвавшиеся за границы существующих областей, но не лежащие в пределах ни одной из них, не нашли своего места и испытывают недостаток поддержки в университетах.

По мере нашего продвижения в 21-ом столетии, самая большая проблема системной динамики связана с образованием. Во-первых, обучение специалистов по системной динамике. Во-вторых, использование системной динамики в качестве организующей философии для нового вида образования в сфере управления в 21-ом столетии. В-третьих, системная динамика должна стать общей основой для всего, что преподается в средней школе, начиная с младших, заканчивая старшими классами. Пришло время начать работу по созданию интегрированного образовательного процесса, основанного на понимании систем, который является более эффективным, более соответствующим увеличивающейся сложности мира и более сочетаемым с гармонией жизни.

Системная динамика также претерпевает давление со стороны академической науки, уводящей область от решения проблем реального мира.

Мы должны думать о той же самой глубине обучения в системной динамике.

Мы принимаем существование школ с техническим и медицинским уклоном. Когда же у нас будут школы системной динамики и полноценные университетские курсы, посвященные проектированию и управлению сложными системами с обратными связями?

Такие вводные курсы превосходны в качестве общеобразовательных предметов, которые дают людям возможность взглянуть на мир вокруг них по-другому. Однако когда такие курсы считаются подготовкой профессиональных системных аналитиков, они вводят в заблуждение и не удовлетворяют ни потребности студентов, ни профессии.

...чтобы затронуть правительства, корпорации, и другие организации нужно встать на более длинный путь прививания понятий о системах более широкому кругу людей, начиная со школьной скамьи.

Когда нам ожидать, что в университетах начнут преподавать проектирование социальных систем? Какой общественный фон должен быть установлен, чтобы сделать профессию системной динамики возможной? Кто те люди, которые возьмутся за создание сильного системного образования?

Мне кажется, что существующие университеты не сильные конкуренты в борьбе за создание системного образования будущего. Университеты - одни из самых консервативных учреждений в нашем обществе. В течение многих десятилетий гуманитарные университеты сопротивлялись вторжению науки и инженерии. Мы можем ожидать того же самого в отношении анализа и проектирования социальных систем. Существующие университеты ответят только на запрос общества или на конкуренцию со стороны новых учреждений, которые более соответствуют тому, что необходимо для понимания сложного как никогда мира.

Прежде, чем продолжать общие рассуждения, позвольте мне обрисовать один возможный будущий подход к образованию. Я расскажу на примере управления, потому что многие из вас интересуются приложениями в управлении. Однако мои комментарии относятся к системным приложениям во многих других областях. В настоящее время школы управления все еще относятся к категории профессионально-технических училищ. Проведите аналогию с самолетом. Кто два самых важных человека для успешного

полета самолета? Я полагаю, что это - проектировщик самолета и пилот. Проектировщик создает самолет, которым могут успешно управлять обычные пилоты. Проектировщики самолета обучаются в университете на техническом факультете. Пилоты обучаются в ПТУ. Сегодняшний менеджер больше похож на проектировщика самолета или пилота? Менеджеры больше походят на пилотов, но обучаются в ПТУ, которые утвердились в университетах. Но где тот университетский факультет, который бы обучал корпоративных проектировщиков? У нас такого еще нет. На что бы мог быть похож подобный факультет корпоративного проектирования?

Во-первых, будущая школа корпоративного проектирования должна разрушить границы между такими дисциплинами, как финансы, маркетинг, производство и персонал. Любая важная управленческая ситуация пересекает эти границы. Проблемы и возможности, возникающие в результате междисциплинарных взаимодействий, не может быть успешно оставлены на последний учебный семестр и даны заключительном или обобщающем предмете. Кроме того, должна измениться структура обучения. Одногодичные или двухгодичные курсы MBA подходят по формату ПТУ, но для корпоративного проектирования этого не достаточно. Образование в сфере управления должно быть организовано по типу высшего технического образования, со студенческой учебной программой и последующей программой повышения квалификации для выпускников. [4]»

Сегодня группы системной динамики существуют во многих бизнес школах при Университетах, они отрабатывают методики очного и дистанционного обучения системной динамики для менеджмента. Эти курсы очень популярны в среде специалистов. Крупнейшими центрами в этой области являются Массачусетский Технологический Институт (Дж. Стерман, США), Лондонская Школа Бизнеса (Дж. Моректрофт, Англия), Манхеймский Университет (П. Миллинг, Германия) и многие другие. Эти программы изучают иногда волонтеры из России. В крупнейших Университетах мира также созданы крупные научно-исследовательские лаборатории и Институты, занимающиеся различными проблемами управления на основе методологии системной динамики.

У России существует положительный опыт преподавания системной динамики в среде ИТ-специалистов в ГУУ, в МГУ на экономическом факультете. В рамках перехода Высшей школы России на стандарты 3 поколения, необходимо продумать содержание магистерских программ, обучение в MBA, специализированные курсы для менеджмента, ориентированные на профессиональное обучение системной динамики и имитационного моделирования.

Широкое распространение в процессе образования системно-динамическая методология получила с середины 80-х годов, когда в рамках проекта K-12 (Kindergarten-12), возглавляемого Дж.Форрестером при содействии Б. Ричмонда системную динамику ввели в образовательный процесс уже на уровне средних школ (до этого системная динамика преподавалась только на университетском уровне). В рамках данного проекта были разработаны методики обучения системному мышлению и применению системно-динамического моделирования в области математики, физики, биологии, истории, социологии, экономики, литературы. При этом акцент делался на понимание школьниками принципов и механизмов работы сложных систем (обратных связей). На осуществление этой программы только в штате Орегон США было выделено более полумиллиона долларов Национальным Научным Фондом. В программе было задействовано несколько десятков тысяч школьников и студентов.

Немного позже (с начала 90-х годов) стал осуществляться другой проект по обучению преподавателей средней и высшей школы системно-динамической методологии в междисциплинарном аспекте, получивший название CC-STADUS Project (Cross Curricula Systems Thinking and Dynamics Using Stella). В результате проделанной работы сотни преподавателей США прошли подготовку по данной программе. С июля 1991 г. в Массачусетском Технологическом Институте стал издаваться электронный журнал «The Creative Learning Exchange», в котором и по сей день освещаются достижения, связанные с применением системной динамики и системного мышления в сфере образования.

«В Соединенных Штатах есть десятки средних школ, делающих значительные успехи в системной динамике и, вероятно, несколько сотен, как-то продвигающихся в этом направлении. Каждые два года в конференции, посвященной системной динамике в среднем образовании принимают участие около 200 человек. Задачник, разработанный в Германии, использует системную динамику и программное

обеспечение STELLA для обучения физики в средних школах. В школах, начиная с подготовительных классов, заканчивая старшими, системная динамика используется как основа для большинства предметов. Учителя и ученики строят имитационные модели семьи, экологических, городских и политических систем. Английские учителя экспериментируют с имитационными моделями структуры литературных произведений. Студенты восхищены открытиями, полученными с помощью моделирования психологической динамики в шекспировском Гамлете.» [4]

В 1993 г. в рамках проекта «Системная динамика в образовании» (System Dynamics in Education Project) был создан путеводитель по материалам в области системной динамики (Road Maps), позволяющий использовать накопленные в данной области знания как в процессе преподавания данной дисциплины, так и для самообучения. Однако, несмотря на довольно широкое распространение данного подхода в образовательном процессе за рубежом, в России, по всей видимости, пока не существует аналогичного опыта.

Интерактивные имитационные игры как эффективная методика управленческого образования.

Весьма плодотворным в управленческом образовании явилось взаимодействие системной динамики с другой областью, связанной с имитационными (деловыми) играми (Simulation and Gaming). Так, на базе системно-динамических моделей и методологии было создано большое количество имитационных игр, называемых в зарубежной литературе «имитаторами полетов для менеджеров» (Flight Simulators).

Интерактивные имитационные игры эффективно использовались Джоном Стерманом и другими, чтобы проверить различные правила принятия решения прямым экспериментированием. Такие «тренажеры для пилотов менеджмента» также были той дверью, которая открыла системную динамику менеджерам предприятий. На основе некоторых типовых имитационных моделей/игр были разработаны «учебные имитационные модели», являющиеся расширенными версиями традиционных учебных примеров, часто используемых в менеджменте при обучении.

В России очень популярны и применяются на управленческих специальностях игры: «У озера», «Всемирное рыболовство», «Пивная игра», «Стратегема», «Полисфера», «Эконет» и др. Большой методический опыт разработки и применения имитационных игр в образовании наработан в МГУ им. М.В. Ломоносова в мастерской игр профессора Кавтарадзе Д.Н.[17,18]. В России есть все предпосылки для создания индустрии имитационных игр для экономических и факультетов государственного управления в Университетах.

Общественная деятельность.

В 1983 году было сформировано Международное Общество системной динамики. Количество членов Общества системной динамики в 2006 году превысило 1100 человек, девятикратное увеличение уровня 1983 года, составлявшего приблизительно 120, и удваивается примерно каждые 9 лет. Ежегодно проводимая обществом Международная конференция является представительным съездом, форумом, площадкой обмена опытом сподвижников системной динамики из более 60 стран. Число практиков намного выше, чем количество членов Общества. Достигнуто предварительное соглашение с исполнительной дирекцией общества о проведении Конференции в 2012 году в России.

Несколько лет назад было образовано Русское отделение Общества системной динамики, призванное распространять идеи и решения системной динамики в русскоговорящей среде. В течении последних 3 лет «русский чартер» позиционирует на Международной конференции свой постер с основными достижениями его участников. В России существует большое количество серьезных научных школ, не только популяризирующих, но и развивающих методы системной динамики, я думаю, об этом надо заявлять международной научной общественности. Среди первоочередных задач русского сообщества видится создание информативного сайта, содействие переводу на русский язык популярных работ Стермана, Уоррена, Маккроуфа и др, написание

авторскими коллективами учебных пособий с широким изложением наиболее существенных приложений системной динамики, объединение специалистов, участие в научных и бизнес-конференциях, продвижение планов и программ развития системной динамики в России, общественная деятельность, воздействие на общественное мнение.

В своей статье Дж. Форрестер пишет о необходимости воздействия на правительство и общественное мнение, «для этого нужны смелые лидеры, руководящая группа харизматичных и энергичных покровителей, готовые к смелым дебатам, «нужны книги, адресованные общественности, - понятные, относящиеся к делу, важные и волнующие. Мы должны сосредоточить внимание на обсуждениях в газетах, блогах, на встречах Лиги женщин-избирателей и ассоциациях родителей и учителей. Было ли нечто подобное со времен «Динамики развития города», «Мировой динамики» и «Пределов роста?»» [4].

«Государственная политика подчинена краткосрочным давлениям в ущерб долгосрочной пользе. Большая часть обсуждений касается политики малых изменений. Эффективная политика обычно выдвигается в неправильном направлении.» Это верно и для России.

Дж. Форрестер: «Таким образом, я оставляю вам задачу уйти с плато и начать подниматься в горы, что маячат впереди. Мы должны быть в состоянии донести адекватное понимание поведения сложных систем в общество. Когда это будет достигнуто, мы будем готовы к созданию университетов, которые смогут обучать истинной профессии системной динамики. »

1. www.systemdynamics.org
2. *System Dynamics Review*, the Journal of the System Dynamics Society, Vol.23 number 2-3 summer/fall, 2007
3. www.systemdynamics-russia.org
4. **Дж. Форрестер** «Системная динамика – персональный взгляд на первые и следующие 50 лет» (перевод Ю.Морозова) www.systemdynamics-russia.ru
5. **Forrester, Jay** *Industrial Dynamics, 1958* Форрестер Дж. Основы кибернетики предприятия (индустриальная динамика) / пер. с англ., общая редакция Д.М. Гвишиани – М: Прогресс, 1971.- 340 с. (www.lichkina.guu.ru)
6. **Форрестер Дж.** Динамика развития города. – М.: Прогресс, 1974. (www.lichkina.guu.ru)
7. **Форрестер Дж.** Мировая динамика. – М.: Наука, 1978. (www.lichkina.guu.ru)
8. **Д. Медоуз** и др. «Пределы роста», М., Изд-во Московского Университета,-1991г-280 с.
9. **Sterman, John** *Business Dynamics – Systems Thinking and Modeling for a Complex World*, McGraw-Hill Higher Education,2000
10. **Kim Warren** *Competitive Strategy Dynamics, London Business School*, John Wiley&Sons Ltd.2002
11. **Kim Warren** *Strategic Management Dynamics, London Business School*, John Wiley&Sons Ltd.2008
12. **John Morecroft** *Strategic Modelling and Business Dynamics A Feedback Systems Approach*, John Wiley&Sons Ltd.2007
13. **Лычкина Н.Н.** Системно-динамические модели в процедурах и системах поддержки принятия решений на предприятиях – Сб. трудов II-Всероссийской научной конференции "Теория и практика системной динамики" (Апатиты, 3-6 апреля 2007 г.)
14. **Лычкина Н.Н.** Имитационные модели в процедурах и системах поддержки принятия стратегических решений на предприятия - ГУУ – ВШЭ, «Бизнес-информатика», № 1, М.,2007 г.
15. **Сидоренко В.Н.** Системная динамика – М., МГУ, ТЕИС, 1998 г.
16. **Лычкина Н.Н.** Компьютерное моделирование социально-экономического развития регионов в системах поддержки принятия решений, - Материалы III Международной конференции «Идентификация систем и задачи управления» SICPRO'04, М., ИПУ РАН, 2004 г.
17. **Кавтарадзе Д.Н.** Имитационные игры и разработка стратегии природопользования, М.: ТЕИС, 2007.
18. **Крюков М.М.** Эколого-экономическое игровое имитационное моделирование: методический аспект. М.: ТЕИС, 2006

19. **Горбунов А.Р., Лычкина Н.Н.** Проблемы, актуальные задачи и приоритеты в создании систем поддержки принятия решений и применении имитационного моделирования в сфере управления и бизнеса.- Третья всероссийская научно-практическая конференция по имитационному моделированию и его применению в науке и промышленности «Имитационное моделирование. Теория и практика» ИММОД-2007 -Сборник докладов, том 1, Санкт-Петербург, 2007 г.