

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ РФ  
Государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ УПРАВЛЕНИЯ»  
Кафедра информационных систем  
Кафедра английского языка №1 ИИЯ

Специальность - 08.00.13 «Математические и инструментальные методы в экономике»

Форма обучения - очная

**Реферативный перевод**

по английскому языку

на тему «Системная динамика – персональный взгляд на первые и  
следующие 50 лет»

Выполнил:  
аспирантка

\_\_\_\_\_ Морозова Ю.А.  
(подпись)

Проверил:  
к.ф.н., доцент кафедры АЯ№1

\_\_\_\_\_ Данюшина Ю.В.  
(подпись)

Научный руководитель:  
к.э.н., доцент

\_\_\_\_\_ Лычкина Н.Н.  
(подпись)

## Summary

This work consists of two companion articles by J. W. Forrester, the founder of the field of system dynamics, Professor of Management, emeritus, at the Sloan School, Massachusetts Institute of Technology.

First article, titled as «System dynamics – a personal view of the first fifty years», presents Forrester's personal recollection of the history of system dynamics and observations about its present state. The article treats the history in two parts: first, Forrester's personal background and beginning of the field of system dynamics; and second, the historical development of the cornerstone projects that shaped the field. These early works include industrial dynamics, urban dynamics, world dynamics, and the national economic model. The article continues with an assessment of the present condition of the field.

After growing up on a Nebraska cattle ranch and studying electrical engineering at the University of Nebraska, Forrester came to Massachusetts Institute of Technology in 1939 and participated in the early development of hydraulic and electrical feedback control systems for military applications. Starting in 1946 he pioneered in the early days of digital computers and their applications as combat information control centers. Transferring to the MIT School of Industrial Management in 1956, he started the development of system dynamics.

System dynamics field began with simulation using pencil and paper on one notebook page. It was a model of supply chain that is perpetuated today as the «beer game». Out of that first dynamic analysis came the early beginning of what is now the DYNAMO compiler for system dynamics modeling.

Later, the corporate growth model was created. This modeling of corporate growth moved system dynamics out of physical variables like inventory into much more subtle considerations such as top-management influence structure, leadership qualities, character of the founders etc. Based on this study a book titled «Industrial Dynamics» came out in 1961.

Next cornerstone work was «Urban Dynamics», which moved system dynamics from corporate modeling to broader social systems. The book suggested that all of the major urban policies that the United States was following lay somewhere between neutral and highly detrimental, from the viewpoint either of the city as an institution, or from the viewpoint of the low-income, unemployed residents. It showed that building low-cost housing was a most damaging policy, because such housing used up space where jobs could be created, while drawing in people who needed jobs. The conclusions of this work were not easily accepted and produced strong, emotional opposition. However, «Urban Dynamics», published in 1969, was the key that led to both the System Dynamics National Model, and the World Dynamics and Limits to Growth projects.

The book «World Dynamics» came out in 1971 and won great public attention. It was based on the model on World Dynamics that revealed world problems, caused by rising population and increasing industrial production per capita, and showed interesting behavior of world system over 50 years in the future.

The purpose of the research on the National Model was to understand better the

behavior of national economies and seek alternative policies for improving behavior. The National Model exhibited the several different dynamic modes observed in an industrial economy - growth, ordinary short-term business cycles, stagflation, and the economic long wave.

Assessing of the present condition of the field, Forrester notices that interest in system dynamics is growing faster than the supply of skilled professionals in the field, because there are no universities devoted to 4-year and 6-year programs in system dynamics.

In the 21st century the greatest challenges facing system dynamics are related to education. The first challenge involves education of system dynamics experts. The second challenge is to use system dynamics as an organizing philosophy for a new kind of management education in the 21st century. The third challenge is to make system dynamics a common foundation under most of what is taught in pre-college education, from kindergarten through high school.

A companion article, titled as «System dynamics - the next fifty years», highlights challenges for the future. Forrester reviews the current status of the field of system dynamics and assesses prospects for the next fifty. He focuses on the challenges the field must face if it is to realize its potential.

System dynamics started 50 years ago with academic programs that focused on the outside world with emphasis on major issues outside of academia. However, the pressures inherent in academic institutions are driving the field back into academic journals and away from the public that it should be serving.

The field is pursuing practices of the last many decades, but there is little evidence of a strong reach into new territory. Because of this stagnation, there are disappointment and frustration.

There are laments for the slight impact of system dynamics in government. Forrester explains that before one can hope to influence government, one must build the public constituency to support policy reversals. So, the field needs books addressed to the public those are understandable, relevant, important, and dramatic.

Forrester warns against falling victim to some of the characteristics of complex systems. First, do not take the road of systems thinking and causal loop diagrams, because such simplifications of system dynamics will almost always lack clarity, lack insight, fail to show how the problems at hand are being caused, and incorrectly evaluate and compare alternative future policies. Second, there are two kinds of unwise effort: using system dynamics for forecasting, and placing emphasis on a model's ability to exactly fit historical data. System dynamics can not make reliable forecast of future conditions. However, a properly designed system dynamics model is effective in forecasting how different decision-making policies lead to different kinds of system behavior.

Forrester notices that system dynamics is still far from reaching required quality of work. He names characteristics of work of high quality and calls to follow them.

Forrester calls to think about status system dynamics as a profession for designing complex systems. He offers to use system dynamics as an organizing philosophy for a new kind of management education and foundation for a new kind

of kindergarten through 12th grade education. Forrester finds that it is easier to teach the ideas of systems the earlier one starts. In elementary school, students have much less to unlearn than they do later after years of being conditioned by linear and unidirectional cause-to-effect education. Also, at a younger age, students are more willing to cope with bigger and more important issues than they are after being trained to solve only problems to which they have already been given the necessary tools.

Forrester thinks that school of corporate design should be started. A future school of corporate design must break the boundaries between disciplines such as finance, marketing, production, and personnel. Any significant management situation crosses many such boundaries. The problems and opportunities arising from disciplinary interactions cannot be successfully left to a final academic term in a capstone or integrative subject. Also, the academic structure must change. Management education should be more like that in engineering, with an undergraduate program followed by a graduate program.

Before any of this can happen, there must be plausible plans of action. A first step would be to create a plausible 50-year detailed plan for the future of system dynamics. It would show a path down which people can start and detail the kind of work that would be needed along the way.

Suggested future depends on there emerging a leadership group in the field that has not yet been identified. The field needs a group of full-time, enthusiastic, charismatic, visionary, energetic promoters. Such a person can think in terms of hundreds of millions of dollars. Private money rather than support from government or older foundations is most likely. However, the time has probably not yet arrived for that kind of promoters.

The public, including opinion leaders, does not yet understand that there are deep flaws in the way policies are established. Governing policies are driven by short-term pressures to the detriment of long-term good. Most debate is expended on policies of little leverage for change. High leverage policies are usually pushed in the wrong direction. But none of this is understood or even suspected by the public.

So, the task is to move sufficient understanding of the behavior of complex systems into the public sector. It is not necessary to reach or convert a large fraction of the public but only a subset of newspaper writers, elected officials, and thoughtful opinion leaders. When that has been accomplished there will be created universities that can train a true profession of system dynamicists.

# План

## **Системная динамика - персональный взгляд на первые пятьдесят лет**

Начало

Историческое развитие основополагающих проектов

Настоящее

Будущее

## **Системная динамика - следующие пятьдесят лет**

Прошлые 50 лет

Настоящее

    Воздействие на правительство

    Сосредоточение на эффективной политике

    Качество работы в системной динамике

Следующие 50 лет

    Покровители

    Общественное понимание и поддержка

# Plan

## **System dynamics - a personal view of the first fifty years**

Origins

Historical development of the early cornerstone projects

The present

The future

## **System dynamics - the next fifty years**

The past 50 years

The present

Impact on government

Focusing on high-leverage policies

Quality of work in system dynamics

The next 50 years

The promoters

Public understanding and support

## **Системная динамика - персональный взгляд на первые пятьдесят лет**

### **Начало**

Я вырос на скотоводческой ферме в Небраске, в центре Соединенных Штатов. Ферма - перекресток экономических сил. Спрос и предложение, изменяющиеся цены и затраты, тяжелые экономические условия сельского хозяйства становятся очень личной, значительной и доминирующей частью жизни. Кроме того, при сельскохозяйственном укладе жизнь должна быть очень практичной. В ней нет места построению теорий и концепций без цели – все время полное погружение в реальном мире. В средней школе я построил управляемый ветром электрический агрегат, который обеспечил нас первым электричеством. Это была практическая деятельность. Когда я окончил среднюю школу, я получил стипендию, чтобы учиться в Сельскохозяйственном колледже. Тогда и случился один из тех важных поворотных моментов. За три недели до поступления в Сельскохозяйственный Колледж я решил, что это не для меня. Перспектива пасти рогатый скот в снежных бурях зимы Небраски никогда не прельщала меня, поэтому вместо этого, я поступил в Технический Колледж в Университете штата Небраска. Электротехника, как оказалось, была единственной академической областью с твердым, центральным ядром теоретической динамики. Так начался путь к настоящему.

После университета в мой первый год работы в качестве научного сотрудника в Массачусетском технологическом институте (МТИ) последовал другой поворотный момент. Я попал к Гордону Брауну, который был пионером в области "систем управления с обратной связью" в МТИ. Во время второй мировой войны моя работа с Гордоном Брауном состояла в разработке сервомеханизмов для управления военными радарными антеннами и артиллерийскими установками. Снова это было исследование, имеющее перед собой чрезвычайно практическую конечную цель, которое начиналось математической теорией и заканчивалось полем боя – в прямом смысле этого слова. Однажды, мы построили экспериментальный блок управления радаром для авианосца, чтобы направлять самолеты-истребители против вражеских бомбардировщиков торпед. Капитан авианосца «Лексингтон» прибыл в МТИ и видел этот экспериментальный блок, который было запланировано модернизировать и пустить в производство приблизительно через год. Он сказал: "Я хочу его сейчас, мы не можем ждать, когда начнется его производство". Он получил его. И приблизительно 9 месяцев спустя мы узнали, что экспериментальные блоки управления прекратили работать. Я вызвался поехать в Перл-Харбор, чтобы разобраться, почему блоки управления не функционируют. Обнаружив, в чем проблема, но не имея времени ее устранить, старший помощник командира корабля приехал ко мне и сказал, что они собираются покинуть порт, и спросил, отправлюсь ли я с ними, чтобы закончить мою работу. Я сказал "Да", понятия не имея, что это означало. Мы были в море во время вторжения в Тараву и затем проплыли через центр

восточной и западной цепей Маршалловых островов. Острова были заняты с обеих сторон японскими базами самолетов-истребителей, и им не хотелось иметь под боком группу кораблей ВМС США, разрушающую их аэропорты. Поэтому они старались потопить наши суда. После наступления темноты они открыли огонь с одной стороны от наших кораблей и подошли торпедоносцами с другой. Наконец в 11 часов вечера им удалось поразить «Лексингтон», отключив один из четырех пропеллеров и заставив руль круто повернуть. Опять это дало практический взгляд на то, как исследования и теория связаны со сферой применения.

В конце второй мировой войны произошел другой поворотный момент. Передо мной стоял выбор: либо получить работу, либо самому создать группу для разработки систем управления с обратной связью. Гордон Браун снова вмешался; он был моим наставником много лет в МТИ. У него был список проектов, которые, как он думал, могли заинтересовать меня. Я выбрал от списка построение имитатора полета самолета. Это должно было скорее походить на тренажер для пилотов самолета, за исключением того, что это должно было быть настолько точно, что вместо того, чтобы действовать как известный самолет, имитатор мог взять данные аэродинамической трубы модели предложенного самолета и предсказать поведение самолета прежде, чем он был построен. Этот проект курировался адмиралом ВМС США Луи де Флоресом. Планировалось реализовать имитатор самолета на базе аналогового компьютера. Нам потребовалось всего лишь около года, чтобы понять, что аналоговая машина такой сложности только объяснит свои собственные внутренние особенности и ничего более. Аналоговый компьютер не мог решить стоящей перед нами проблемы. После длинной череды итераций мы спроектировали цифровой компьютер «Вихрь» (Whirlwind) для экспериментальных разработок информационных систем военного назначения. Компьютер «Вихрь» был прообразом компьютеров для «Сейдж» (SAGE - Semi-Automatic Ground Environment), полуавтоматической системы управления ПВО, которая была установлена по всей Северной Америке.

Система управления ПВО «Сейдж» была еще одной из тех практических работ, где теория и новые идеи были только столь же хороши, как результаты работы. У системы «Сейдж» было около 35 управляющих центров, каждый по 160 футов площадью, высотой в четыре этажа и содержащий около 80 000 вакуумных труб. Эти вычислительные центры были установлены в конце 1950-ых, последний был списан в 1983 году. Они были в эксплуатации около 25 лет. Как показывает статистика, они работали безотказно 99,8 процентов времени, что составляет в среднем не более 20 часов простоя в год. Такая надежность была замечательным результатом, учитывая, что эти центры содержали очень много вакуумных труб. Даже сегодня такая надежность – достижение, которому трудно соответствовать.

Это было время для еще одного поворотного момента. В 1955 году Джеймс Киллиан, который был тогда президентом МТИ, пригласил к нам в Линкольнскую лабораторию группу влиятельных лиц. Спускаясь со мной в холл, он рассказал мне о новой школе управления, которую открывал МТИ, и

предположил, что это могло бы меня заинтересовать. Слоановская школа управления была основана в 1952 году на грант в 10 млн. долларов от Альфреда Слоана, человека, который построил корпорацию Дженерал Моторс. Деньги были даны на ожидания, что школа управления в технической среде МТИ, вероятно, разовьется иначе, чем среде гуманитарных наук Гарварда, Колумбии или Чикаго. Может быть, лучше, но в любом случае по-другому, и стоило потратить 10 млн. долларов, чтобы провести эксперимент.

За 4 года до того, как я перешел в школу в 1956 году, были открыты стандартные курсы менеджмента, но не было сделано ничего, что подразумевало школу управления с техническим уклоном. К тому времени я уже 17 лет занимался наукой и инженерным делом в МТИ, и это казалось своеобразным вызовом - посмотреть на то, что инженерное обоснование могло значить для управления. Многие предполагали, что технология применительно к управлению означает либо выдвижение на первый план области исследования операций, либо исследование возможностей использования компьютеров в информационных системах управления. У меня был год, свободный от всех обязанностей, кроме одной - решить, что же я делаю в Слоановской школе.

Провидение вмешалось, когда 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<sup>1</sup>.

Из того первого динамического анализа возникли первые зачатки языка ДИНАМО для построения моделей системной динамики. Со мной работал

---

<sup>1</sup> [www.systemdynamics.org/Beer.htm](http://www.systemdynamics.org/Beer.htm); также см. Sterman, 1989, 2006.

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»<sup>2</sup>. 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.

### ***Историческое развитие основополагающих проектов***

Примерно в то время, когда начиналась системная динамика, меня попросили выступить на заседании правления одной высокотехнологичной компьютерной компании. Я не понимал природу роста высокотехнологичных компаний, но хотел бы и создал системно-динамическую модель, чтобы на основе нее сформировать свое мнение. Моделирование дало много предположений о том, почему высокотехнологичные компании часто растут до определенного уровня, а затем приходят в стагнацию или прекращают существование. Такое моделирование развития предприятия перемещало системную динамику из сферы таких физических переменных как запасы в намного более тонкие материи. Более 90 процентов переменных той модели касались структуры влияния высшего исполнительного руководства, лидерских качеств, характера основателей, того, как создаются цели организации и как прошлые традиции организации влияют на принятие решений и определяют ее будущее. Модель также оперировала взаимодействиями между производительностью, ценой, качеством и задержкой поставки. Эта модель развития предприятия была одним из наиболее ранних проектов по моделированию системной динамики<sup>3</sup>.

Другой поворотный момент в моей карьере и в развитии системной динамики произошел в 1968 году и переместил системную динамику из области корпоративного моделирования в область более открытых социальных систем. Джон Ф. Коллинз, который был мэром Бостона в течение 8 лет, решил

---

<sup>2</sup> Forrester, 1961.

<sup>3</sup> Packer, 1962; Forrester, 1962; см. также Forrester, 1975.

больше не баллотироваться на пост мэра. МТИ предоставил ему одногодичное назначение на должность приглашенного профессора для чтения лекций по городскому управлению, приняв его таким образом в академическую среду, где бы он мог учить студентов, взаимодействовать с профессорско-преподавательским составом и консультировать администрацию по политическим вопросам. В обсуждениях с Коллинзом о его 8 годах, когда ему приходилось справляться с городскими проблемами Бостона, у меня возникло то же чувство, что и при разговоре руководителями предприятий. Его рассказы казались убедительными, но оставляли чувство какой-то неправильности и незавершенности. Так я предложил Коллинзу объединить наши усилия - его опыт в управлении городом и мой опыт в моделировании - и искать возможные интересные закономерности в развитии города. Я сказал ему, что нам понадобятся консультанты, которые бы много знали о городах из личного опыта, не только из исследований и книг. Процесс исследования предполагал наши еженедельные полудневные встречи, вероятно, в течение нескольких месяцев для поиска закономерностей в структуре и развитии городов, которые бы объяснили стагнацию и безработицу. Положение Коллинза в Бостоне в то время было таким, что он мог вызвать почти любого политика или бизнесмена, попросить у него послеобеденное время каждой среды в течение года и получить его. Он обеспечил меня нужными людьми, и именно из тех наших обсуждений развилась модель городской динамики и соответствующая книга.

«Динамика развития города»<sup>4</sup> была первой моей работой по моделированию, которая встретила сильное, эмоциональное неприятие. Из книги следовало, что все основные положения городской политики, которой придерживались США, были чем-то средним между нейтральными и очень вредными, если рассматривать город как учреждение или смотреть с позиции жителей с низким доходом и безработных. Было показано, что самой разрушительной политикой было строительство жилья для малоимущих. Такое строительство расходовало место, где могли быть созданы дополнительные рабочие места для безработных, если бы на том же месте было построено предприятие. Строительство жилья для малоимущих только усиленно воспроизводило бедность, а не уменьшало ее. В то время жилищное строительство для малоимущих, как полагали, было необходимым для восстановления старых районов города. Выводы, к которым мы пришли в нашей работе, не были легко приняты. Я помню, как один полный профессор социологии из МТИ приехал ко мне и сказал: «Мне все равно, правы ли вы или неправы, но такие результаты недопустимы». И это академическая объективность! Другие, вероятно, думали то же самое, но высказывались более осторожно: «Не имеет никакого значения, правы вы или нет, но городские чиновники и жители старых районов города никогда не согласятся с вашими идеями». Вышло так, что это были как раз те две группы, от которых мы рассчитывали получить поддержку, если бы они достаточно прониклись нашими идеями и поняли их. Это очень большое «если» - если бы они

---

<sup>4</sup> Forrester, 1969.

прониклись и поняли. Нам понадобилось 3-5 часов, чтобы прийти к пониманию, что такое динамика развития города. Городские чиновники и члены черного сообщества старых районов города после 3-5 часов стали бы еще более негативно и эмоционально настроенными. Если не удерживать их насильно, они ушли бы прежде, чем поняли, почему жилищное строительство для малоимущих было обоюдоострым мечом, ухудшающим городские условия.

Первые протесты против «Динамики развития города» появились вскоре после того, как книга была издана. В Слоановской школе два раза в год проходили 4-недельные курсы городского управления для начальников департаментов из крупных городов, на которых преподавались различные аспекты управления. Группа собиралась вскоре после того, как вышла «Динамика развития города». Меня попросили прочитать на этих курсах лекции в понедельник днем и среду утром и рассказать в них об истории «Динамики развития города». Никогда и нигде у меня не было лекции, которая прошла бы так ужасно, как в тот понедельник. В группе был человек из черного сообщества в Нью-Йорке, который был членом городской администрации. Он был из Гарлема, умный и умеющий четко выражать свои мысли, и он не принял ничего из всего того, о чем я говорил, и повел за собой всю группу. Он сказал: «Это всего лишь еще один способ топтать права бедных людей, и это безнравственно». И в другой раз: «Вы не решаете проблемы противостояния черных и белых, а если вы не решите эту проблему, то не сможете совладать с городской проблемой как таковой». И когда я сказал, что упадок и бедность в Гарлеме в Нью-Йорке или Роксбери в Бостоне были усилены избыточным строительством жилья для малоимущих, он посмотрел на меня и ответил: «Я приехал из Гарлема, и строительство жилья там совсем не избыточное». Таким был понедельник. С той же антагонистической прелюдии я начал лекцию в среду утром.

Но утром в среду через час после начала лекции комментарии жителя Нью-Йорка начали изменять характер. Он больше не опровергал то, что говорилось. В его вопросах появилось желание узнать больше. Через два часа он сказал, что мы не можем на этом завершить курс лекций и должны встретиться еще раз. Он пошел в администрацию и назначил еще одну лекцию. Позже он договаривался о встрече в моем офисе и просил, чтобы я поговорил с группой, которую он организует в Нью-Йорке — с его коллегами на его территории. У меня в офисе, находясь в неформальной обстановке, он сказал: «Вы знаете, на самом деле проблема Нью-Йорка не в расизме, проблема в экономике». Он достал из своего портфеля и передал мне отчет, в котором было указано количество пустых домов в каждом районе Нью-Йорка, включая Гарлем, и темпы, с которыми это количество увеличивалось. Моя точка зрения состояла в том, что избыточное строительство жилья требует большего развития экономики, чтобы поддерживать эту территорию. Он имел на то все доказательства в своем портфеле. До этого он просто не понимал того, что означали его знания, пока они не были по-новому соединены.

«Динамика развития города» была той тропинкой, которая привела к системно-динамической национальной модели и таким проектам, как «Мировая

динамика» и «Пределы роста». Работа по динамике развития города позволила установить контакт с Римским клубом на конференции, посвященной городским проблемам в Италии на озере Комо. Там я в первый раз встретился с Аурелио Печчеи, основателем Римского клуба. Позже я был приглашен на заседание клуба в июне 1970, в Берне, в Швейцарии. Работа с Римским клубом стала другим поворотным моментом в моей карьере в направлении системной динамики. Мировые проблемы, которые обсуждались на Бернской встрече, стали основой для модели, описанной в «Мировой динамике» использовавшейся на 2-недельной встрече с исполнительным комитетом Римского клуба в МТИ в июле 1970. То, что из этого вышло, более полно описано во введении в «Мировую динамику».

Общественные отклики на системную динамику всегда удивляли меня. Обычно я не мог предсказать эффекта, который будут иметь книги по системной динамике. В 1971 году у «Мировой динамики», казалось, было все необходимое, чтобы остаться незамеченной общественностью. Во-первых, в середине книги было 40 страниц уравнений, которых должно было быть достаточно, чтобы уничтожить общественный интерес. Во-вторых, результаты были представлены в форме выходных компьютерных графиков, которые большинство людей понимает с трудом. В-третьих, у моего издателя это была только вторая по счету книга, и я сомневался, что у него хватит коммерческого статуса даже на то, чтобы быть рассмотренным. В-четвертых, интересное поведение системы в компьютерных моделях проявляется на периоде прогнозирования на 50 лет вперед, что, по-видимому, находится за пределами интересующего периода времени для большинства людей. Я думал, что писал, возможно, для 200 человек, которые хотели бы попробовать интересную модель на своих компьютерах. Но, как вы знаете, я ошибался.

«Мировая динамика» вышла в первую неделю июня 1971 года. В последнюю неделю июня она рассматривалась на первой полосе «Лондонского обозревателя». В августе книга была посвящена полная первая полоса второй колонки газеты «Христианское научное обозрение», в сентябре полторы страницы в «Фортуне», а в октябре колонка в «Уолл Стрит джорнал». Тема книги пробежала редакционные колонки газет центральной Америки, ей был посвящен документальный фильм, показанный на телевидении в прайм-тайм в Европе, она обсуждалась в экологической прессе, в прессе, выступающей за нулевой прирост населения, и в направленной против правящих кругов подпольной студенческой прессе. И, если вы не читаете литературу ни правых, ни левых, прямо посередине политического спектра о книге была статья во всю страницу в «Плэйбое».

Спустя девять месяцев после «Мировой динамики» была издана преемственная книга «Пределы роста».<sup>5</sup> Идея была по существу той же самой, хотя было сделано намного больше работы над предположениями, и книга была более популярно написана. Общественное внимание, казалось, повысилось после появления «Пределов роста» еще больше.

---

<sup>5</sup> Meadows и др., 1972.

«Динамика развития города» также привела нас к работе над системно-динамической национальной моделью. После моего доклада на совместной конференции НАТО/США по городам в штатах Индианаполис и Индиана, Уильям Дител, в прошлом президент Фонда братьев Рокфеллеров, вышел из аудитории, чтобы обсудить их будущие программы. С той встречи началось финансирование нашей работы по применению системной динамики к поведению экономических систем, которые позже будут известны как «национальная модель». Цель исследования национальной модели состояла в том, чтобы лучше понять поведение народных хозяйств и найти альтернативную политику для того, чтобы улучшить это поведение.

В академической экономической науке есть две области: микроэкономика и макроэкономика. Микроэкономика имеет дело с фирмами и домашними хозяйствами, макроэкономика изучает функционирование экономики страны в целом, и между ними мало связей. Микроэкономика не объясняет поведение, изученное в макроэкономике, хотя предполагается, что поведение системы в целом - следствие взаимодействий ее многих частей. 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.<sup>6</sup>

Национальная модель показала несколько различных динамических состояний, наблюдаемых в промышленной экономике - рост, обычные короткие деловые циклы, стагфляцию и длинные экономические волны. Деловые циклы - обычные изменения деловой активности с пиками каждые 3-10 лет. Длинные экономические волны, также имеющие название кондратьевских циклов, намного больше в амплитуде, с пиками каждые 45-70 лет.<sup>7</sup> Экономические волны являются результатом весьма различных процессов в экономике. Деловые циклы возникают прежде всего из-за перепроизводства потребительских товаров, сопровождаемого сокращениями и увольнениями персонала, при запаздывающей балансировке уровня материальных запасов. Повышение и падение уровня материальных запасов и производства товаров случаются через короткий промежуток времени в несколько лет. Деловые циклы - небольшие экономические колебания в сравнении с ростом и падением длинной экономической волны.

Длинные экономические волны вызваны чрезмерным капитальным строительством в течение нескольких десятилетий во время экономического подъема, которое затем сопровождается депрессией, длящейся 10 или 15 лет, характеризующейся крахом капиталопроизводящих секторов, избытком фабрик, гостиниц, офисных зданий и их обесцениванием в бухгалтерских книгах. Длинные экономические волны создают, и это подчеркивается, большие изменения в ценах, объемах государственного долга, денежной массе

---

<sup>6</sup> Forrester, 1977, 1979, 1980, 2003.

<sup>7</sup> Kondratieff, 1984; Sterman, 1985.

и реальных процентных ставках.

Хотя с точки зрения системной динамики, Великая Депрессия 1930-ых гг. была характерной фазой депрессии длинной волны, большинство американских экономистов попыталось объяснить ее как не что иное, как необычно серьезный спад делового цикла. Идея длинных экономических волн была отвергнута, потому что не было никакой теории, объясняющей такое поведение. Но национальная модель воспроизводит такие колебания длинных волн, и системно-динамическая модель, таким образом, выступает теорией того поведения, которое воспроизводит модель. Поэтому, мы убеждены, что теперь теория длинных волн существует.

Когда мы начинали эту работу, мы ничего не слышали о длинных волнах, но впервые столкнулись с ними, исследуя поведение системно-динамической национальной модели. Огромные колебания с периодичностью приблизительно 50 лет были результатом взаимодействий между обычными, каждодневными линиями поведения, существующими главным образом в частном секторе. Однако вклад правительства в создание длинных волн еще значительно; например, дешевые кредиты в течение нескольких десятилетий поощряют чрезмерное строительство, приводя к краху рынок недвижимого имущества. Я теперь пишу книгу, которая, возможно, будет озаглавлена как «Общая теория экономического поведения» - в ней будут обобщены закономерности, выявленные за несколько лет экономического моделирования.

В этой части статьи был дан краткий исторический обзор ранних основополагающих проектов области, покрывающий примерно два десятилетия с 1960 до 1980 года. В 1983 году было сформировано Международное Общество системной динамики. С начала 1980-ых области применения системной динамики расширились до очень широкого спектра, включая каналы поставок, управление проектами, проблемы образования, энергетические системы, проблемы устойчивого развития, политику, психологию, внутреннюю медицину, здравоохранение и много других областей. За прошлые два десятилетия были также сделаны существенные методологические продвижения. Возможно, самым существенным в 1980-ых гг. было появление легких в использовании программ-имитаторов с расширенными возможностями графического пользовательского интерфейса (таких, как STELLA, Powersim и Vensim). 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.<sup>8</sup> Количество членов Общества системной динамики в 2006 году превысило 1100 человек, девятикратное увеличение уровня 1983 года, составлявшего приблизительно

---

<sup>8</sup> см., например, Graham и др., 1994; Sterman, Ch. 1., 2000.

120, и удваивается примерно каждые 9 лет. Число практиков намного выше, чем количество членов Общества.

## **Настоящее**

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. Это похоже на первые годы физики и машиностроения, которые в течение долгого времени не приживались в старых, устоявшихся университетах гуманитарных наук.

В начале этой статьи я упоминал, что познакомился с системами с обратной связью, работая с Гордоном Брауном в Лаборатории сервомеханизмов при МТИ в начале 1940-ых. Со временем он стал деканом факультета машиностроения прежде, чем удалиться от дел в 1974 году. Тем временем, я продолжал развивать область системной динамики, основанную на тех ранних разработках систем с обратной связью. Позже Гордон завершил круг, введя системную динамику в средней школе в Тусоне, штат Аризона, где он жил зимой. Он начал с того, что предоставил на выходные программное обеспечение STELLA Фрэнку Дрейперу, который тогда преподавал биологию в 8-м классе. Дрейпер сначала предполагал использовать компьютерное моделирование на одном или двух занятиях в течение семестра. Потом он заметил, что системная динамика и имитационное моделирование становились частью каждого занятия. Он стал беспокоиться, что не успеет преподавать весь необходимый материал предмета биологии, если так много времени будет тратиться на системную динамику. Однако он сумел закончить обычную программу по биологии за две трети семестра. Более быстрый темп был результатом интеграции предмета и большей студенческой причастности, которая стала возможной благодаря системному видению и «изучению, направляемому учащимся». Дрейпер сравнил это с «бесплатным обедом».<sup>9</sup>

Самые большие успехи в экспериментальном использовании системной динамики в среднем образовании наблюдаются при объединении системной динамики и изучения, направляемого учащимся. Изучение, направляемое учащимся, создает такую атмосферу в классе, в которой ученики, даже в раннем 10-летнем возрасте, работают в командах над двумя или тремя значительными проектами. Учитель перестает быть лектором, или источником всей мудрости, или больше не лектор, или источник всей мудрости, или человек, обладающий властью. Вместо этого учитель становится наставником и советником. Атмосфера больше походит на атмосферу университетской научно-исследовательской лаборатории. С проблемами сталкиваются прежде, чем приобретается необходимая информация для их решения. Сосредоточение на проекте побуждает искать требующуюся исходную информацию. Некоторые

---

<sup>9</sup> Draper, 1983; Draper and Swanson, 1990.

существенные успехи были уже достигнуты в использовании системной динамики как основы, которая обеспечивает единство в обучении математики, физики, общественных наук, биологии, экономики, экологии и даже литературы<sup>10</sup>. Системная динамика не должна преподаваться как отдельный предмет, но как общая нить, пробегающая все предметы. 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.<sup>11</sup>

Ранние исследования по системной динамике проводились в режиме «консультанта», при котором специалист по системной динамике изучал предприятие, уходил, строил модель и возвращался с готовыми рекомендациями. Обычно эти предложения принимались как разумные доводы, но они не меняли поведение. Под давлением ежедневной деятельности менеджеры вновь возвращались к предшествующей практике принятия решений. Недавние тенденции в системной динамике стремятся изменить те умственные модели, которые используются людьми при отображении реального мира. На эту тему уже есть значительные разработки в области «группового построения моделей» и «обучающего моделирования».<sup>12</sup> Чтобы достигнуть этого, человек должен быть достаточно вовлеченным в процесс моделирования, чтобы усвоить уроки о динамическом поведении с обратной связью. Для этого динамическое мышление должно прививаться в раннем возрасте прежде, чем могут быть усвоены другие модели мышления. Очевидно, обучение, основанное на понимании причинно-следственных обратных связей и компьютерном моделировании, может успешно проводиться в школах для учеников, начиная с 6-летнего возраста.

В образовании в сфере управления мы рассчитываем на значительный прорыв и повышение эффективности, когда системная динамика будет полностью принята, и переместится за пределы метода обучения менеджеров посредством учебных примеров. Учебные примеры были введены Гарвардской школой бизнеса, начиная приблизительно с 1910 года. Учебный пример начинается так же, как и системно-динамический анализ, со сбора и

---

<sup>10</sup> Forrester, 1993.

<sup>11</sup> Hopkins, 1992.

<sup>12</sup> Vennix, 1996; Morecroft and Sterman, 1994.

систематизации информации о существующих административных установках. Но учебный пример оставляет эту информацию в описательной форме, которая не может достоверно использоваться для формирования выводов о стратегии развития из-за своей динамической сложности. Моделирование системной динамики может систематизировать описательную информацию, сохранить богатство реальных процессов, основываясь на опыте и знаниях менеджеров, и показать разнообразие динамики поведения, которое следует при выборе различных стратегий. Учебные примеры, основанные на системно-динамических моделях, указывают на границу новых возможностей в образовании в сфере управления.

О чем бы мы не думали - о средней школе или образовании в сфере управления - основной акцент в системной динамике делается на "типовых структурах". Довольно небольшое количество относительно простых и компактных структур неоднократно встречается в различных компаниях, профессиях, учреждениях и проблемах. Один из учеников средней школы Дрейпера, изучая размножение бактерий с помощью компьютерного моделирования, заметил: "Да ведь это мировая проблема роста численности населения, верно?" Такое перенесение знаний, полученных в одной области, на другую поможет сломать барьеры между дисциплинами. Это означает, что знания в одной области применимы к другим областям, что дает надежду на изменение тенденции прошлого столетия, отошедшей от "человека Возрождения" к фрагментированной специализации.

Термин "системный подход" стал очень популярным<sup>13</sup>. 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. К системному подходу я бы отнес деловые игры. Деловые игры демонстрируют существующую в системах сложность. Они показывают людям, что они не могут получить лучшие результаты, используя лишь опыт и эмпирические правила. Но деловые игры обычно не раскрывают перед участником внутренней работы игры и не позволяют понять, почему возникает та или иная динамика поведения. Они сосредоточены на принятии решения, тогда как системная динамика акцентирует внимание на формировании линии поведения, определяющей решения. 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.

---

<sup>13</sup> Senge, 1990.

Системный подход может быть первым шагом к пониманию динамики сложных проблем, но этого не достаточно. Системная динамика имеет дело с понятиями, которые до недавнего времени практически полностью отсутствовали в образовании. Мы обнаружили, что одни и те же системно-динамические обучающие материалы и методы могут использоваться всеми - от учеников начальной школы до генеральных директоров. Открытия, которые при этом делаются, новы и значимы на всех уровнях. Но системное видение - это парадигма, мировоззрение, такое восприятие окружающего мира, которое требует для усвоения много времени, вероятно, несколько лет. Развитие такого системного видения занимает меньше времени в уме молодом, пытливым и открытым, чем уме, привыкшем видеть в мире только однонаправленные причинно-следственных связи. Я думаю, наш успех в широком распространении понимания деловых и социальных систем не будет полным, пока идеи не пустят корни в начальное образование человека, непрерывно укрепляясь на протяжении всей жизни.

## **Будущее**

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. В прошлом столетии пределом человеческого прогресса было исследование науки и техники. Наука и техника больше не являются пределом; они стали каждодневной деятельностью. Я убежден, что мы теперь подбираемся к следующему знаменательному пределу, за которым будет поиск еще более глубокого понимания социально-экономического поведения. Эти вопросы и проблемы отрасли системной динамики более подробно раскрыты в сопутствующей статье «Системная динамика — следующие пятьдесят лет».

## **Системная динамика - следующие пятьдесят лет**

### ***Прошлые 50 лет***

В течение прошлых 50 лет системная динамика поднялась на плато у подножья лежащих впереди гор. Область системной динамики распространилась очень широко, но очень разреженно.

Было начато много учебных программ по системной динамике. Большинство из них сосредоточено на прикладных задачах управления, другим областям уделяется гораздо меньше внимания. Намного меньше было сделано в медицине внутренних органов, экономике, государственной внутренней и международной политике. Большинство учебных программ осталось на уровне вводных курсов, читаемых студентам, которые не собираются повышать свои экспертные знания в профессиональной области нелинейных систем с обратными связями. Мы сталкиваемся с все большим и большим количеством людей, полагающих, что им преподавали системную динамику, но которые имеют только поверхностные и неприменимые знания о потенциале области.

Системная динамика начиналась 50 лет назад с учебных программ, которые были сосредоточены на внешнем мире, акцентируя внимание на главных проблемах за пределами научного сообщества. Однако, давление, присущее учебным учреждениям, отнесло нашу область в научные журналы, далекие от общественности, которой мы должны служить. Системная динамика была задвинута вышедшей на передний план областью исследования операций. Исследование операций выросло из реальных проблем вооруженных сил во время второй мировой войны. Практические успехи отрасли послужили толчком к открытию учебных курсов, исследовательских программ и созданию научного журнала. Вскоре отрасль подверглась критике, поскольку исследования, описываемые в научных журналах, все больше отходили от реалий мира. В результате в качестве прикладного ответвления области образовалось новое общество - Институт наук управления. Однако с ним случилось то же самое. Ответвление, которое изначально предполагалось как прикладное, также обратилось в академическую науку, и теперь эти два общества благополучно слились в одно. Системная динамика также претерпевает давление со стороны академической науки, уводящей область от решения проблем реального мира.

### ***Настоящее***

В настоящее время, когда в развитии системной динамики не наблюдается видимого прогресса, область, кажется, затаила дыхание. Область ищет практического применения в течение многих десятилетий, но прочно закрепиться в какой-то новой сфере применения ей пока не удастся.

Из-за этой стагнации в области наблюдается разочарование и расстройство. Недавно, на форуме Общества в интернете поднимались такие темы, как "Недостаточное воздействие на государственную политику" и "Смерть системной динамики". Эти жалобы и недовольство проистекают не из-за

ограничений возможностей системной динамики или от нехватки хорошей эффективной работы в области. Они возникают, потому что много людей начинают работать в ней, не пройдя предварительного обучения, которое позволило бы им получить полное понимание потенциальных возможностей системной динамики. Те из вас, кто успешно занимается системной динамикой, знают, что эти полные упадочных настроений сообщения не показательны для области, но они зафиксированы на форуме и вводят в заблуждение тех, кто является в области новичком. Такие сообщения, бесспорно, исходят от тех из вас, кто понимает, что они не являются типичными представителями области. Но подобные обсуждения, вероятно, отображают сомнения и неуверенность значительной части членов Общества, которым еще только предстоит оценить полноту возможностей области.

### **Воздействие на правительство**

Обратимся к проблеме слабого влияния системной динамики в правительстве. Уже много прикладных приложений создано в сфере здравоохранения, по экологической проблематике и в вооруженных силах. Однако очень мало продвижения в решении таких крупных вопросов, как экономические риски дефицита торгового баланса, будущее систем социальной защиты, иммиграция или последствия выполнения политических обещаний увеличить расходы здравоохранения для обеспечения жизнеспособности экономических систем в будущем.

Почему такое слабое влияние системной динамики на решение самых важных социальных вопросов? Все потому что мы еще не предприняли шаги, которые бы помогли получить для нас заметную роль в решении крупных вопросов. Системная динамика до сих пор не проникла в правительство не из-за того, что в правительстве мало кто замечает наши действия, - причина лежит непосредственно в профессии системной динамики. Те специалисты по системной динамике, кто задают подобные вопросы об источниках низкого влияния, неправильно их ставят.

Неоднократно слышится вопрос о том, как мы в системной динамике могли бы достигнуть «лиц, принимающих решения». Относительно важных вопросов нет никаких лиц, принимающих решения. Это только кажется, что те, кто находится наверху иерархии, имеют влияние. Они могут решать небольшие вопросы и немного отклоняться от текущей практики, но они подвластны избирательным округам, которые поддерживают их. Это верно и для правительства, и для корпораций. Крупные проблемы нельзя решить маленькими решениями. Если вы хотите протолкнуть небольшое изменение в правительстве, вы можете применить логику системного подхода, или нарисовать несколько диаграмм с петлями обратных связей, или нанять лоббиста, или подкупить нужных людей. Однако решения самых важных проблем, являющихся источниками социального недовольства требуют, чтобы изменение касалось политики, из-за которой проблемы возникает. Нет таких лиц, принимающих решения, которые бы обладали достаточной властью и смелостью, чтобы полностью изменить укоренившуюся политику, которая

была бы абсолютно противоположна общественным ожиданиям. Прежде чем можно будет надеяться влиять на правительство, нужно образовать общественный избирательный округ, который бы поддерживал кардинальные изменения политики.

Видим ли мы деятельность системной динамики по изменению общественного мнения? Мне кажется, ее было совсем немного в последние годы. Нам 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»? Человек в штате Айова решил выставить свою кандидатуру на выборах в Конгресс в результате прочтения «Пределов роста», и он организовывал команды, состоящие из мужей и жен, в каждом административном округе для обсуждения вопросов долгосрочной политики. Он был избран. Мы теперь не делаем почти ничего для того, чтобы произвести подобную реакцию. «Пределы роста» привели к слушаниям в Конгрессе и интенсивным общественным обсуждениям почти во всех слоях общества. Дебаты были настолько интенсивны, что многие специалисты по системной динамике хотели убежать в менее сомнительную область. Толчок, заданный теми книгами, был недостаточно использован, хотя теперь, после 35 лет, экологические проблемы, выдвинутые на первый план в более ранних книгах, стали настолько сильны, что не могут быть проигнорированы.

Что стоит на пути серии новых значительных книг, посвященных важным проблемам, которые преобладают в газетных заголовках? Кажется, есть несколько преград:

1. Недостаток смелости у специалистов области, чтобы быть готовым к серьезным дебатам и критике. Как бы там ни было, мы никогда не сможем изменить планируемую и широко поддерживаемую губительную политику без интенсивных дебатов.

2. Очень небольшое количество людей в области способны к таким публикациям. Где они, те, кто горячо желал бы этим заниматься? Отсутствие таких людей объясняется прорехами в образовании. Университеты выпускают так называемых специалистов по системной динамике с поверхностным пониманием области. Младший постоянный профессорско-преподавательский состав избегает значительных общественных обсуждений, боясь за свое продвижение. Старший постоянный профессорско-преподавательский состав удобно обосновался, предпочитая писать для профессиональных журналов, а не для общественности по беспокоящим социальным вопросам.

3. Некоторые считают, что обращение к важным проблемам возможно, только если ему предшествует дорогая спонсорская поддержка. Однако, если достаточно ясна цель, может быть создана довольно сильная небольшая модель, результаты расчетов по которой могут быть подробно описаны в книге. Часто последствия такой книги будут настолько существенными и спорными, что несколько финансовых спонсоров пожелают быть вовлеченными в

«перепалку». Как бы там ни было, вся проблема в человеческих ресурсах. Где они, люди, которые могут преподнести системную динамику общественности?

4. Мы видим, что многие пытаются к «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.

### **Сосредоточение на эффективной политике**

Многие в области системной динамики видят большие проблемы в мире и сокрушаются, что долгосрочная, динамическая, системная перспектива более широко не используется. Несмотря на то, что каждые 10 лет или меньше количество работ по системной динамике удваивается, некоторые жалуются, что область растет слишком медленно, и высказывают множество предложений, как быстро вовлечь людей в область. Многие из этих жалоб, похоже, написаны теми, у кого еще не было возможности полностью погрузиться в область системной динамики. Такие выражения отчаяния показывают, что большая часть области пала жертвой некоторых свойств сложных систем, которые мы должны преподавать.

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.

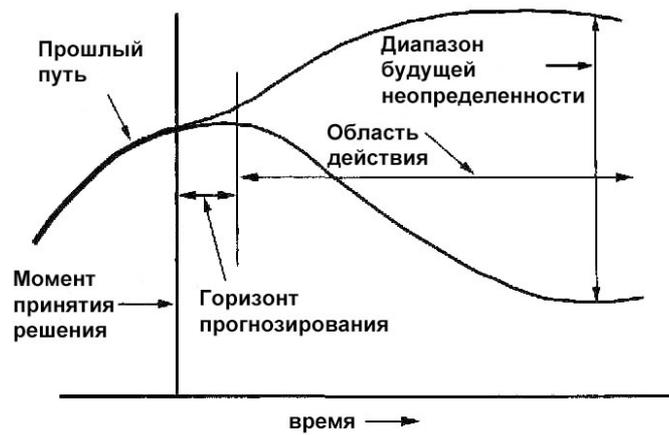
Наши коллеги, которые отказываются от системной динамики, терпят неудачу в достижении одной из главных задач их собственного личного

развития. Следует взяться за сложную динамическую ситуацию и постараться быть человеком, который может говорить о проблемах в течение 20 минут, не противореча себе. Посредством соответствующей имитационной модели узнать структуру, вызывающую проблему, узнать, как проблема возникла, выявить эффективную политику (политику «высокого рычага»), которая изменит поведение, понять причины, почему политика малых изменений потерпит неудачу, объяснить, что жестко установленная в пределах системы линия поведения фактически является причиной проблем, и привести доводы в пользу лучшей альтернативной политики. Все, что говорится, должно полностью вписываться в последовательную цепочку рассуждений, которая возможна, только когда она основана на проницательности имитационного моделирования. Конечно, последовательность еще не доказывает правоту в контексте реального мира, но, если каждая часть рассуждения соответствует фрагментам информации, известной аудитории, можно представить сильный анализ.

Наряду с неблагоприятным упрощением, мы также видим, что системная динамика пытается реализовать то, что хочет клиент, даже когда это неблагоприятно или невозможно. Особо значимы две направленности: использование системной динамики в прогнозировании и подчеркивание способности модели точно соответствовать историческим данным.

Что касается прогнозирования определенных будущих состояний, здесь мы оказываемся перед тем же самым барьером, о который долго билась эконометрика. Эконометрика редко добивалась больших успехов в прогнозировании, что было связано с наивной экстраполяцией прошлых тенденций. Тем же недугом страдает и системная динамика. Причины, по которым прогнозирование будущих состояний терпят неудачу, фундаментальны в природе систем. Диаграмма, показанная на рисунке 1, может быть, несколько преувеличенно, но иллюстрирует мою мысль.

У системной переменной есть прошлый путь, приводящий к текущему моменту принятия решения. В ближайшей перспективе у системы есть непрерывный путь и направленность, которая будет ей препятствовать отклоняться далеко от экстраполяции прошлого пути. Однако случайные события вызовут расширяющийся диапазон будущей неопределенности. Эффективный прогноз состояний в будущем может быть сделан только на период времени до горизонта прогнозирования, в течение которого все еще преобладает прошлая непрерывная направленность. За пределами горизонта прогнозирования неопределенность начинает все более и более возрастать.



**Рисунок 1. Прогноз против действия**

Однако прогноз на короткий период времени имеет небольшую ценность, потому что принимаемое в соответствии с ним решение будет нивелироваться самой непрерывной направленностью, которая сделала возможным прогноз. Полученное решение будет иметь свой эффект только в области действия, когда на систему уже будет оказано давление, которое отнесет ее далеко от ее прошлой траектории. Другими словами, можно предсказать будущие состояния в области, где действие не эффективно, и можно влиять на систему в области, где прогноз не надежен. Вы найдете более полное обсуждение этого в Приложении К «Динамики развития предприятия».

Упор на прогнозировании будущих событий отвлекает внимание от того вида прогноза, который системная динамика может сделать достоверно, а именно прогноз характера продолжающегося эффекта, который могло бы вызвать в поведении системы постоянное изменение политики. Мы не должны советовать людям, какие решения они сейчас должны принять, а скорее, как изменить политику, которая будет направлять будущие решения. Должным образом разработанная модель системной динамики эффективна при прогнозировании того, как различная политика принятия решений приводит к различным траекториям поведения системы.

Я убежден, что подгонка кривых к прошлым данным системы может вводить в заблуждение. Наличие модели, которая дает результаты, соответствующие фактическим данным, может произвести на клиента впечатление. Однако, имея достаточное количество управляющих параметров, можно заставить любую модель проследить ряд фактических данных. Это не дает большей уверенности, что модель содержит структуру, которая воспроизводит поведение в реальной системе. Кроме того, специфические фактические данные – это только один случай. Исторические кривые данных показывают, как система ответила на одну специфическую комбинацию случайных событий, повлиявших на систему. Если бы реальная система могла бы быть запущена повторно, но с другой случайной окружающей средой, кривые данных были бы различны, хотя исследуемая система и присущий ей характер развития те же самые. Точное соответствие историческому временному ряду является слабым индикатором адекватности модели. Нужно

быть готовым к тому, что подгонка параметров модели для достижения такого соответствия, может отодвинуть их за пределы вероятных значений, полученных на основе других доступных данных. Исторические данные ценны тем, что показывают характерное поведение реальной системы, и системный аналитик должен стремиться иметь модель, которая показывает тот же самый вид поведения. Например, исследования деловых циклов выявляют большое количество информации о средних временных запаздываниях, с которыми одна переменная влияет на другую. Модель делового цикла в среднем должна показывать аналогичную согласованность во времени. Мы должны стремиться не к тому, чтобы модель точно воспроизводила отрезок истории, а чтобы она показывала виды поведения, наблюдавшиеся в реальной системе. Опять же повторюсь, что уступки тому, что хочет клиент, могут быть легким путем, но они лишают тех преимуществ, которые может дать системная динамика.

Я вижу тенденцию тех, кто связан с системной динамикой, попадать в другой капкан, который уготовили сложные системы для неосмотрительных. Это – «лучший перед худшим» сценарий. Политика, которая кажется лучше в краткосрочной периоде, почти всегда хуже в долгосрочном периоде. Например, можно взять кредит для краткого улучшения уровня жизни, но затем уровень жизни упадет, когда придется выплачивать процент и основную сумму в счет погашения долга. На более длинном временном периоде, в течение нескольких сотен лет, улучшение сельского хозяйства и здравоохранения привели к улучшению жизни, но теперь настал час расплаты, когда «хорошая» политика прошлого обернулась поддержкой роста численности населения, которая превышает вместимость окружающей среды, вызывая конфликты из-за нехватки земли и ресурсов. Таким же образом, системной динамике угрожает деятельность, нивелирующая давления в краткосрочном периоде, но подрывающая силу области в долгосрочной перспективе.

### **Качество работы в системной динамике**

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 рассмотреть возможность того, что среднее качество работ в области уменьшается. Как часто вы видите работу, которая обладает всеми следующими характеристиками?

1. Работа начинается с ясного описания недостатков системы, которые следует исправить.
2. В работе представлена компактная модель, которая воспроизводит, как возникает проблема.
3. Модель является полностью эндогенной, в ней не используются временные ряды, подаваемые извне для управления моделью.
4. Доказывается, что модель описывает определенный класс систем, к

которому относится рассматриваемая система.

5. Показывается, что поведение модели соответствует поведению других систем того же класса при той же заданной политике.

6. Описывается рекомендуемая политика, в пользу которой выступает автор.

7. Рассматривается, чем рекомендуемая политика отличается от прошлой практики.

8. Исследуется, почему предложенной политике будут сопротивляться.

9. Достигается понимание, как преодолеть антагонизм и сопротивление предложенной политике.

Ни один из этих пунктов не требует новых достижений в системной динамике - они только запрашивают более высокие стандарты работы. Не стоит обвинять тех многих авторов, которые не соответствуют этим стандартам. Большинство не имело возможности их усвоить. У них не было возможности получить соответствующее образование, чтобы изучить то, что эти стандарты означают или как достигнуть их. Это недостаток и проблема наших образовательных учреждений.

### ***Следующие 50 лет***

Поскольку мы рассматриваем следующие 50 лет в развитии системной динамики, мы должны подумать о ее статусе как профессии, занимающейся проектированием сложных систем. Сравнение с более устоявшимися профессиями должно помочь в оценке перспектив. Системная динамика - более трудная профессия, чем инженерное дело или медицина. Системная динамика погружается еще глубже в царство нелинейных систем с многочисленными петлями обратных связей, которое лежит за гранью того, что было исследовано в других профессиях. Не следует ожидать, что системная динамика будет легка для мастера. Трудно проектировать самолет. Трудно проектировать мост. Трудно делать пересадку сердца. Системная динамика еще сложнее. Те другие профессии преуспели, не упрощая сложность, но мужественно ее встречая. Более старые профессии не стараются привить соответствующий навык несколькими вводными предметами в университете, которые посвящены какой-то другой теме.

Каждый готовится к медицинской профессии, начиная с биологии в средней школе, затем проходя медицинский курс в колледже, заканчивая высшее медицинское учебное заведение и затем интернатуру. 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?

До сих пор мы акцентировали внимание на широком распространении системной динамики, но на поверхностном вводном уровне. 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.

Я рассматривал системную динамику как основу для нового вида 12-летнего подготовительного образовательного учреждения после нескольких лет бесполезных попыток обрести понимание в корпорациях. В корпорации можно потратить несколько лет на то, чтобы подвести главных руководителей к пониманию динамического поведения и необходимости в радикальном изменении политики. К этому времени они готовы действовать, но потом уходят на заслуженный отдых или умирают, и опять все нужно начинать сначала с пришедшей на смену новой командой. Стало ясно, что, 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.

Мы находим, что легче преподать понятия о системах в более раннем возрасте. В начальной школе, когда ученики знают мало, их легче переучить, чем через несколько лет, когда образование сформирует в них восприятие только линейных и однонаправленных причинно-следственных связей. Кроме того, в младшем возрасте ученики более желают справиться с большими и более важными проблемами, когда как после обучения решают только проблемы, к которым им уже дали необходимые инструменты. В реальности нам приходится сталкиваться с проблемами независимо от того, обучены ли мы их решать. Почему же не структурировать образование подобно реальной жизни, в которой приходится брать на себя ответственность за решение важных проблем и искать способы решения?

Учителя пытаются привить широким массам понимание систем в средней школе. Конференция по системам в среднем образовании может привлечь порядка 200 учителей и руководителей. Однако, как мы видим, реализация наших планов находится пока на начальном этапе. Пока нет никаких образовательных школ для подготовки учителей, которые пошли бы по пути систем. Со временем нашей целью должно быть создание общей 12-летней учебной программы, которая бы развивала системное мышление.

Теперь, подумайте о некотором будущем времени, когда студенты поступая в колледж, уже будут иметь 12-летний опыт исследования систем. Они продвинутся гораздо дальше того, что теперь преподается в университетах. Что тогда университеты смогут сделать на этом фундаменте? Я не вижу, чтобы университеты готовились к этому дню. Как не вижу я того, чтобы университеты даже планировали 4- или 6-летние программы по изучению систем для студентов, у которых не было более раннего системного образования.

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.

На развитие такого образования в сфере управления понадобится много времени, но мы могли бы начать со следующего. Предположим, что у нас есть порядка 20 типовых структур, которые покрывают более 90 процентов ситуаций, с которыми когда-либо сталкивается менеджер. В качестве одного из примеров можно привести систему производства/распределения, которая относится ко времени самых ранних работ по системной динамике. Каждая такая типовая структура потребовала бы отдельного учебника; каждая изучалась бы не менее одного семестра. Студент смог бы понять различные виды поведения, которые могла бы показать структура; исследовать различные

стратегии управления и научиться определять, которую из них можно применить к конкретной реальной ситуации; в качестве лабораторного практикума было бы посещение реальных корпораций, чтобы на их примере учиться идентифицировать структуру и улучшать ее поведение. Если бы вы думаете, что это больше, чем может быть оправдано одной типовой структурой, я обращаю ваше внимание на тот факт, что система производства/распределения стала основой для образования отдельного общества, посвященного системам поставок, которое спонсирует программы обучения по одному только этому предмету. Изучение одних только этих 20 типовых структур могло бы потребовать полных 3 лет. Прибавить к этому изучение фундаментальной природы систем - и мы имеем готовую студенческую учебную программу плюс степень дипломированного специалиста в будущем.

Прежде чем что-либо из этого сможет произойти, необходимы вероятные планы действия и люди, которые желают и в состоянии продвигать нас в будущее. Первый шаг - создание 50-летнего детального плана относительно будущего системной динамики. Такое возможно. Один маленький шаг в этом направлении уже был сделан. Шесть лет назад, восемь учителей средней школы и несколько экспертов по системной динамике провели встречу, длившуюся полную неделю, для формирования планов на следующие 25 лет по применению системной динамики в качестве основы для среднего школьного образования. Очень немногие организации осмеливаются планировать на 25 лет вперед, но это возможно, если вы хотите попробовать. Такой план – это вероятная дорога в будущее. Это не обязательно тот путь, по которому вы пойдете, но он показывает, с чего нужно начать и детализирует те работы, которые будет необходимо выполнить.

Детальный план также не впасть во вводящий в заблуждение оптимизм в отношении того, что может быть достигнуто при беглом взгляде на будущее. Наше исследование будущих 25 лет системной динамики в среднем образовании показало, что через 25 лет при расходах порядка двух миллиардов долларов мы могли бы надеяться принести системную динамику приблизительно в одну треть школ в Соединенных Штатах. Эта оценка может вам показаться пессимистичной, но с точки зрения стоимости и требуемого времени она, вероятно, окажется слишком оптимистичной.

## **Покровители**

Будущее, которое я предложил, зависит от того, появится ли в области руководящая группа, которую я еще не был в состоянии идентифицировать. Мы нуждаемся в постоянной группе восторженных, харизматических, призрачных, энергичных покровителей. Я использую «покровитель» в лучшем значении слова. Такой человек может спроектировать ясную картину будущего, в которой для дела сплотятся деньги и люди. Такой человек может думать в терминах сотен миллионов долларов. Наиболее вероятно, это будет не поддержка правительства или более старых фондов, а частные деньги.

Я имел возможность наблюдать эффективность детального долгосрочного

планирования и знаю, что это может быть сделано. В 1948 году мы писали отчет и прогнозировали будущее цифровых компьютеров военного назначения. Тогда еще не было компьютеров общего назначения, быстродействующих и надежных. Документ на 29 страницах заканчивался большой таблицей с 15 годами по горизонтали и 10 областями военного назначения по вертикали. В каждом пересечении был указан ожидаемый статус компьютерного использования и ежегодные расходы на исследования, инженерные разработки и производство. Расположившийся в нижнем правом углу итог насчитывал приблизительно шесть миллиардов долларов. Мы взяли отчет на встречу с руководством ВМС США, которое предполагало, что повестка дня состояла в том, давать ли нам еще 100 000 долларов или нет, а мы сказали, что им придется потратить шесть миллиардов. На той встрече мы не добились взаимного понимания. Тот отчет стал основой для планирования, которое привело к созданию Линкольнской лаборатории ПВО при МТИ. Линкольнская лаборатория спроектировала компьютеризированную информационную систему для ПВО, которая была установлена по всей Северной Америке в конце 1950-ых. Эта была закончена на год или два года раньше, чем было запланировано в 1948 году.

### **Общественное понимание и поддержка**

Вероятно, время тех покровителей, которых я описал, еще не пришло. Почва еще не достаточно подготовлена. Общественность, включая так называемых неформальных лидеров, еще не понимает, что в том, как устанавливается политика, есть серьезные недостатки. Государственная политика подчинена краткосрочным давлениям в ущерб долгосрочной пользе. Большая часть обсуждений касается политики малых изменений. Эффективная политика обычно выдвигается в неправильном направлении. Но общественность ничего этого не понимает и даже не подозревает об этом.

Мы нуждаемся в книгах авторов, которые желают быть политически некорректными, у которых есть смелость, чтобы напасть на «священных коров», и которые знают, как показать общественности, что «король голый». Глобальное потепление - теперь горячая тема, но все обсуждения касаются того, как уменьшить признаки, а не устранить причины. Экологические проблемы вызваны возрастающей численностью населения и увеличивающимся объемом промышленного производства на душу населения, но эти причины, кажется, являются запретными темами. Специалисты по системной динамике должны выйти за границы признаков проблемы и идентифицировать ее основные причины. Сначала подобные доводы будут встречены с недоверием, презрением и насмешкой. Чтобы победить, сражение нужно продолжать, пока общественное понимание не начнет изменяться.

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. Необязательно переучивать большую часть общественности - достаточно газетных авторов, выборных должностных лиц и мыслящих неформальных лидеров. Когда это будет

достигнуто, мы будем готовы к созданию университетов, которые смогут обучать истинной профессии системной динамики.

Первый шаг - 50-летний детальный план на каждый год, который реалистичен, который определяет работы, которые будут сделаны, который разъясняет шаги, которые будут предприняты, который обрисовывает в общих чертах всесторонние программы обучения, которые будут созданы, который признает сопротивление, с которым придется столкнуться, который ясно формулирует цели, которые будут достигнуты, и с этого начинаются следующие 50 лет.

## Glossary

<b>Air defense system</b>	- система противовоздушной обороны
<b>Aircraft flight simulator</b>	- имитатор полета самолета
<b>Business cycles</b>	- короткие экономические циклы
<b>Capital-producing sector</b>	- капиталопроизводящий сектор
<b>Casual loop diagram</b>	- диаграмма причинно-следственных связей
<b>City government</b>	- городская администрация
<b>Computer simulation</b>	- имитационное моделирование
<b>Decision-making policy</b>	- политика принятия решений
<b>Digital computer</b>	- цифровой компьютер
<b>Economic long wave</b>	- длинные волны (циклы Кондратьева)
<b>Feedback control system</b>	- система управления с обратной связью
<b>Forecast time horizon</b>	- горизонт прогнозирования
<b>Generic structure</b>	- типовая структура
<b>Graphical user interface</b>	- графический пользовательский интерфейс
<b>Group model building</b>	- групповое построение моделей
<b>High-leverage policy</b>	- эффективная политика (политика «высокого рычага»)
<b>Industrial dynamics</b>	- динамика развития предприятия
<b>Inventory</b>	- запасы
<b>Lag</b>	- лаг, временной сдвиг
<b>Learner-directed learning</b>	- изучение, направляемое учащимся
<b>Long run</b>	- долгосрочный период
<b>Low-cost housing</b>	- жилищное строительство для малоимущих

<b>Low-leverage policy</b>	- политика малых изменений (политика «низкого рычага»)
<b>Management information system</b>	- информационная система управления
<b>Management simulation game</b>	- деловая игра
<b>Money flow</b>	- денежный поток
<b>Money supply</b>	- денежная масса
<b>Nonlinear feedback system</b>	- нелинейная система с обратными связями
<b>Operations research</b>	- исследование операций
<b>Output graph</b>	- выходной график
<b>Price setting</b>	- ценообразование
<b>Production rate</b>	- норма производства
<b>Semi-Automatic Ground Environment</b>	- полуавтоматическая система управления ПВО «Сейдж»
<b>Servomechanism</b>	- сервомеханизм
<b>Short run</b>	- краткосрочный период
<b>Simulation-based case studies</b>	- учебные имитационные модели
<b>Stagflation</b>	- стагфляция
<b>Supply chain</b>	- канал поставок
<b>Supply-line</b>	- сеть поставок
<b>System dynamicist</b>	- специалист по системной динамике
<b>System dynamics</b>	- системная динамика
<b>Systems thinking</b>	- системный подход
<b>Uncertainty range</b>	- диапазон неопределенности
<b>World population problem</b>	- мировая проблема роста численности населения

## Bibliography

1. Draper F, Swanson M. 1990. Learner-directed systems education: a successful example. *System Dynamics Review* 6(2): 209-213.
2. Forrester JW. 1961. *Industrial Dynamics*. Pegasus Communications: Waltham, MA.
3. Forrester JW. 1969. *Urban Dynamics*. Pegasus Communications: Waltham, MA.
4. Forrester JW. 1971. *World Dynamics*. (2nd edn 1973). Pegasus Communications: Waltham, MA.
5. Forrester JW. 2007. System dynamics – a personal view of the first fifty years. *System Dynamics Review* 23(2-3): 345-358.
6. Forrester JW. 2007. System dynamics – the next fifty years. *System Dynamics Review* 23(2-3): 359-370.
7. Meadows DH, Meadows DL, Randers J, Behrens III WW. 1972. *The Limits to Growth*. Universe Books: New York.
8. Meadows DH, Meadows DL, Rendens J. 2004. *Limits to Growth: The 30-Year Update*. Chelsea Green: White River Junction, VT.

## Table of Contents

SUMMARY .....	2
ПЛАН .....	5
PLAN .....	6
СИСТЕМНАЯ ДИНАМИКА - ПЕРСОНАЛЬНЫЙ ВЗГЛЯД НА ПЕРВЫЕ ПЯТЬДЕСЯТ ЛЕТ.....	7
Начало .....	7
Историческое развитие основополагающих проектов .....	10
Настоящее .....	16
Будущее.....	19
СИСТЕМНАЯ ДИНАМИКА - СЛЕДУЮЩИЕ ПЯТЬДЕСЯТ ЛЕТ .....	20
Прошлые 50 лет.....	20
Настоящее .....	20
Воздействие на правительство.....	21
Сосредоточение на эффективной политике .....	23
Качество работы в системной динамике .....	26
Следующие 50 лет.....	27
Покровители .....	30
Общественное понимание и поддержка .....	31
GLOSSARY .....	33
BIBLIOGRAPHY .....	35