

Власов С.А. (Москва);
Девятков В.В. (Казань)
Кобелев Н.Б. (Москва)
Плотников А.М. (Санкт-Петербург)

ЭЛЕМЕНТЫ МЕТОДОЛОГИИ ОБЩЕЙ ТЕОРИИ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Многие работы по имитационному моделированию не дают представления о методологии моделирования и больше направлены на частные примеры имитационного моделирования или описание программных систем. Авторы применяют различные теории и термины, например, агентные, заоблачные, предсказательные, системно-динамические, многоподходные и др. формы моделирования. Но разнообразие терминов и подходов к видам имитационного моделирования не меняет суть методологии, а только усложняет процесс моделирования объектов, поэтому важно понять сами основы имитационного моделирования.

Слово **имитация** (от лат. imitatio-воспроизводить, англ.imitation-подражание,) **используется для воспроизведения явлений, событий, действий, объектов и т.п. определенным образом.** В известном смысле термин «имитация» является синонимом понятия **модель** (от латинского modulus – мера, образец), которая определяется как любой **материальный или нематериальный образ** (изображение, описание, схема, воспроизведение, материальное воплощение, представитель и т.п.). По сути имеющихся определений, словосочетание **«имитационная модель»**, как и понятие simulation не является корректным, однако в середине XX века оно было введено в практику физического и математического моделирования.

Философское понятие категории **имитация** – это метод познания действительности реального мира, помогающей человеку анализировать практику различных проявлений жизненных ситуаций, проблем или объектов. Какие же основные инструменты нужны человеку для того, чтобы анализировать практику различных проявлений жизненных ситуаций и проблем? Человечество в ходе своего развития накопило множество практических инструментов. Это история, философия, астрономия, социология, политика, наука, экономика, производство, технология и др., но могут ли эти инструменты взаимодействовать без фактически абстрактного понятия **системы и имитации этих систем различным образом.** Любое проявления каждого инструмента требует описания практического объекта или ситуации с помощью систем в различных формах или языках. И, когда объект или ситуация в какой-то форме построены, то исследователь начинает имитировать это построение, т.е. задавать различные входные сигналы, наблюдая состояния и проявления этого построения через выходные сигналы. Основные достижения человечества это открытия, например, в физике – атомной энергии; в биологии – генетических структур; в медицине – антибиотиков; в технике и производстве – конвейерные системы; понятие компьютерной обработки – ЭВМ; интернет – мировая информация и т. д. связаны с понятием **различных системы и имитационных экспериментов на моделях.**

Модели могут быть описаны на различных языках, например, языке физики, химии, экономики, биологии и др., в том числе на языке математики.

Математический язык многолик и выражается во множестве математических моделей, которые являются важнейшим достижением человечества. Различные математические модели помогают описать, формализовать, анализировать и синтезировать определенную модель практического объекта или ситуации в определенную систему. Однако, математика не может понять важнейших закономерностей различных практических объектов и выступает как атрибут только

формального описания. При имеющемся содержательном или словарном описании принципов, задач, уровней, целей любого объекта или ситуации, математика помогает в любой науке и практике построить модель.

Имитационные модели имеют определенное математическое обеспечение, но их нельзя отнести только к математическим, как часто делают при определении классификации моделей. Эти модели впитывают множество специальные методов, которые используются при описании необходимого объекта в различных отраслях науки и практики. Язык математики, в основном, применяется лишь тогда, когда построена структура объекта и описаны его элементы, их относительные уровни важности, а также цель функционирования объекта. Математическое построение объекта начинается при его формализации, т.е. описании на формальном математическом языке структуры, элементов, связей, целей и т.д.

Причем, при описании объекта, различные математические основания (модели) и алгоритмы не могут использоваться совместно. Для одних требуется обязательная непрерывность, гладкость, дифференцируемость функций, а для других – дискретность, вероятность, эргодичность, ординарность потоков данных; для третьих – иерархичность и дерево решений; для четвертых – критический путь, работа, событие; для пятых – понятие автомата и способов его описания и т.д. **Соединить все эти требования и понятия в рамках какой-то одной аналитической модели не представляется возможным.**

Математические модели могут получить в общем виде явные аналитические зависимости для искомых величин, а также численные зависимости, если трудно найти решение в явном виде, при конкретных начальных данных. При аналитическом описании можно определить некоторые свойства объекта или решения, например, оценить устойчивость и т.п. Однако, если объект или система достаточно сложны, то при аналитическом описании требуется накладывать жесткие ограничения на ее модель и прибегать к упрощениям. При этом модель становится не похожей на объект моделирования, ее параметры и состояния выражаются в приблизительной форме, непонятной для специалистов и, даже, математиков, которые строили эту модель. Структура этой модели не напоминает структуру объекта моделирования.

Описание объекта можно получить не только в форме аналитической записи, а также **при алгоритмическом описании**, но алгоритмическое описание также наталкивается на большие трудности при описании сложных объектов или систем.

Таким образом, математическое, в том числе аналитическое или алгоритмическое описание сложных объектов или систем очень затруднительно и, даже, часто не возможно.

Имитационные модели описывают и формализуют сложные или большие (глобальные) системы другим способом, который включает **математические, алгоритмические, физические, натурные и другие способы.** Поэтому имитационные модели можно называть математическими только отчасти, т.к. часто не используют так называемые математические методы, а используют только элементарные понятия математического построения – знаки, действия, вероятности, формулы, интегралы и др., не объединяя их в определенные математические методы.

Имитационные модели описывают функционирование объекта во времени и в пространстве, причем имитируются элементарные части или явления, составляющие структуру с сохранением логических связей и последовательности протекания во времени. Можно сказать, что **имитационная модель близка к натуральному эксперименту.**

Сущность имитационной модели при реализации на компьютере заключается в разработке специального алгоритма, который воспроизводит формализованный процесс действия сложного объекта или большой системы. Алгоритм должен позволять по входным сигналам, содержащим сведения о начальных состояниях объекта или системы, а

также иметь параметры и информацию о состояниях объекта или системы в произвольные моменты времени.

Таким образом, современное исследование объектов и систем большой сложности при помощи имитационных моделей заключается в:

- содержательном описании и постановке задачи в виде **системы** (не математической) и ее структуры, элементов, их связей, уровней отношения и целей;
- математической формализации структурной схемы объекта или системы с точки зрения сохранения элементов и их логических связей для **простоты понимания специалистом этого объекта**, не являющимся программистом;
- разработке **универсального программного обеспечения** на основе типовых универсальных блоков (ТЭБ), которые имеют типовые входы; определенные состояния, параметры и выходы. Эти ТЭБы задают необходимые математические и логические действия, применяемые в модели. Программное обеспечение должно связывать части модели; передавать или получать информацию от других компьютеров, в том числе супер-ЭВМ экзафлопного класса;
- выдаче практическим специалистам этого объекта информации по каждому выходу модели с анализом получаемых статистических данных;
- выдаче специалистами этого объекта рекомендаций соответствующему управляющему органу.

Имитационное моделирование сложных или больших систем принято называть статистическим моделированием, хотя имитационные модели применимы и в детерминированном случае, где нет никаких статистических данных.

Имитационное моделирование использует численный метод или **метод статистического моделирования**, позволяющий приближенно воспроизводить функционирование некоторого объекта или системы. Первоначально этот метод применялся для моделирования случайных величин и для вычисления приближенных аналитических зависимостей, и назывался **методом статистических испытаний или методом «Монте-Карло»**.

В дальнейшем было подмечено, что этот метод можно использовать для исследования сложных систем или объектов, подверженных случайным возмущениям, т.е. появился **метод статистического моделирования**.

Эти методы близки, но имеют существенные различия в применении, поэтому эти методы называют по-разному. **Статистическое моделирование** используется при изучении сложных систем или объектов с помощью построения имитационных моделей. **Метод Монте-Карло** применяется при численном решении аналитических задач.

Компьютерные имитационные модели – это не только и даже не столько математическое и программное построение, а “действующей слепок” объекта, который специалист описывает, структурно, возможно интуитивно, эвристически, часто, в простой математической форме, и другими способами. Эти модели могут быть выполнены, естественно, с использованием компьютерной программы. Имитационные модели могут получать определенные решения и их статистические образы, используя экспертные оценки, визуализацию и анимацию.

Имитационные модели строят, когда объект моделирования настолько сложен, что описать его поведение, например, математическими уравнениями невозможно или очень трудно. В некоторых случаях такой объект моделирования называют «**черным ящиком**», т.е. объектом с неизвестной внутренней структурой и, следовательно, с неизвестным поведением при воздействии на него как извне, так и при внутренних изменениях. В этих случаях имитационная модель позволяет задавать входные воздействия, сходные по параметрам с реальными или желаемыми воздействиями и, измеряя реакцию модели объекта на них, изучать структуру объекта и его поведение.

Имитационные модели позволяют использовать многокритериальные подходы и условия заданного компромисса, что способствует, в определенной степени,

разрешению проблем стыковки различных математических методов без нарушения строгости математического описания объекта.

Сопряжение различных математических методов в рамках имитационной модели упрощается в связи с тем, что стыковка частей имитационной модели **осуществляется** не в терминах того или иного математического аппарата, а **на языке цифр**. Даже если моделирование частей объекта ведется на языках различных математических методов то, в имитационных моделях соединение частей объекта, оценка целей, критериев их достижения, результатов моделирования осуществляется через матрицы, потоки и иные общематематические понятия, задаваемые или получаемые исключительно в виде числовых, а не аналитических значений. Это, конечно, не означает полную количественную сопоставимость результатов, т.к. масштабы каждого числового значения могут быть различны, но упрощает процедуры сведения их к сопоставимости.

Имитационные модели, несмотря на то, что **воспроизводят сложные объекты**, при разумном подходе **обеспечивают бóльшую близость модели и моделируемого объекта**, чем при применении какого-либо одного точного аналитического математического метода. Бóльшая близость получается за счет воспроизведения тех или иных свойств объекта или воздействий на него в форме понятной большому количеству людей, являющихся специалистами по различным аспектам деятельности данного объекта. Таким образом, экспертами при имитационном моделировании может выступать большой круг людей, а, следовательно, обеспечивается большая адекватность модели реальному объекту.

Имитационные модели строятся для **сложных иерархических** или **больших систем** (объектов, проблем). Анализ поведения и управления большими системами начинается, когда мы понимаем, что называется **«большими системами»**. Для этого необходимо рассмотреть из чего состоят эти системы – из каких частей, какие функции выполняют, какая сила при этом используется и т.д. По простому определению, **любая система состоит из множества элементов, их связей и отношения порядка (уровнями действий), объединенных определенной целью**. Деятельность системы и ее время существования зависит от количества энергии (в определенной форме), находящейся в каждом элементе системы. **Функции системы** определены в **подсистемах** различного **уровня**, состоящих из требуемых элементов для данной функции. Элементы и подсистемы системы определяют, например, для проектирования новых объектов, оценки их поведения и параметров (тепловые режимы, вязкость, теплопроводность, прочность и т.д.) системы.

Любые системы состоят из бесконечного количества элементов и соответствующих атрибутов, но рассмотрение и практическое использование требует ограничить описание системы конечными размерами. Описание любой системы должно не зависеть от размера системы и должно, с одной стороны, быть **универсальным**, а, с другой стороны, **унифицированным** для различных применений, в том числе для имитационного моделирования и управления большими объектами. По словам основателя имитационного моделирования в России, член-корр. АН СССР Н.П. Бусленко «Наличие универсальных моделей (имитационных) коренным образом меняет ситуацию в области использования метода моделирования на ЭВМ для решения практических задач».

Большие системы, в отличие от простых, обладают, как не странно, **важной особенностью** – **требуют относительной пропорциональности в действиях или решениях по каждой подсистеме и на каждом уровне управления**. В этом и заключается их оптимальность. Только имитационные модели могут обеспечить такую процедуру управления за счет разнообразия форм описания подсистем и элементов нашей системы. Поэтому, имитационные модели могут управлять большими иерархическими или глобальными объектами в форме квазиоптимальных решений по критерию **относительной пропорциональности**. Это означает, что имитационные модели могут использоваться для проектирования новых объектов, принятия решений и управлении в

глобальных технических, производственных, экономических, политических, государственных и международных системах. При этом, можно использовать опыт групп специалистов, их критерии, а также разнообразия их постановок, не собирая их вместе.

Математическое описание объектов в имитационных моделях строится на различных основах. Например, в универсальных имитационных моделях, в системах УИМ-1 или ИКМ, описание строится на типовых элементарных блоках (ТЭБах), которые представляют и выполняют различные математические действия от простых (сумматоры, пороговые, логические, интегрирующие, функциональные, случайные и т.д.) до сложных (системы массового обслуживания, системы автоматического управления и т.д.), а также типовых схемах различных объектов (склад, цех, предприятие и т.д.). Естественно, библиотека математического обеспечения ТЭБов зависит от того, какой объект описывается. ТЭБ может представлять любую математическую схему.

Учитывая, что имитационная модель строится для сложных иерархических систем, имеющих обычно древовидную структуру, то используемые ТЭБы или элементы (подсистемы) соединяются между собой связями, объединяющими всю систему. Индивидуальные имитационные модели могут использовать оригинальное матобеспечение для получения квазиоптимального решения задач размещения, планирования, выбора и т.д. Таких моделей множество, поэтому математическое обеспечение имитационных моделей многообразно.

Существующие обзоры по истории, этапам развития и современному состоянию имитационного моделирования в России, к сожалению, отличаются неполнотой и забвением российской школы, которая в общетеоретическом плане всегда была, по нашему мнению, на уровень выше большинства американских и западных подходов. Причина этого заключалась в более обобщенном и более глубоком подходе российских ученых к проблемам моделирования в связи с большим практическим опытом работы с большими системами. Начиная с плана ГОЭЛРО и далее с пятилетними планами развития народного хозяйства, российскими учеными был накоплен огромный опыт управления большими системами, в том числе и с использованием имитации.

В Советской России практические исследования и планирование сложных объектов началось гораздо раньше, чем появилось на Западе, хотя, например, термин «исследование операций» пришел из Англии благодаря работам С. Карлина и Р. Акоффа. Однако, российские аналитики Л.В.Канторович, М.К.Гавурин, В.В.Новожилов, В.С.Немчинов, А.Н.Колмогоров и многие другие вели исследования в области эффективности, оптимальности, теории управления, статистического моделирования еще в конце 30-х годов, хотя это тогда не называлось (а фактически являлось) исследованием операций, или, тем более, имитационным моделированием. Эти исследования возникли в России исходя из практической необходимости принятия решений по большим и сложным народнохозяйственным задачам, а не в результате умозрительных теорий управления сравнительно небольшими объектами типа участок, цех, отдельное предприятие.

Современные обзоры по имитационному моделированию не учитывают российского опыта; узко направлены до перечисления иностранных пакетов, многие из которых трудно отнести к имитирующим программам; фактически сводят имитационное моделирование только к использованию конкретных пакетов программ и не учитывают сути процессов имитации - как построения модели объекта на основе аналогии протекающих в ней процессов.

С середины 50-х годов Н.П. Бусленко и группа его последователей: Аверкин А.М., Гнеденко Б.В., Коваленко И.Н., Соколов Г.А., Шрейдер Ю.А., Юркевич О.М. и др. стали заниматься имитационным моделированием, которое тогда называлось моделирование сложных систем.

Так, например, первая большая книга по основам имитационного моделирования Н.П. Бусленко и Г.А. Шрейдера вышла в 1961г. «Метод статистических испытаний и его

решения на цифровых вычислительных машинах»», а сам Н.П. Бусленко в 50-х годах был директором оборонного НИИ, который проектировал системы управления зенитным огнем и использовал имитационные подходы. Работа группы Н.П. Бусленко, Д.И. Голенко, И.М.Соболя, В.Г. Страговича и Ю.А. Шрейдера, опубликованная в 1962г. в книге «Метод статистических испытаний», подробно излагает методы исследования случайных процессов, а также примеры и способы их применения для различных сложных объектов. Монография Н.П. Бусленко «Математическое моделирование производственных процессов на цифровых вычислительных машинах», вышедшая в 1964г., фактически явилась фундаментальным трудом по имитационному моделированию. В этой работе, а также в ряде статей, например, «К теории сложных систем» (1963г.), впервые было введено понятие «агрегата» как элементарной модели сложной системы. Монография Н.П. Бусленко «Моделирование сложных систем» (1968 г.) сыграла важную роль в разработке теории универсальных имитационных моделей.

В большом учебнике «Лекции по моделированию сложных систем» описана теория моделирования сложных систем (1973 г.). Отметим, что во всех работах речь идет не только о создании имитационных программ и языков, а главным образом о теории имитационного моделирования.

Языки имитационного моделирования в этот период также создавались и в России. Например, в ЦЭМИ под началом Е.И. Яковлева был создан имитационный транслятор с языка СИМУЛА, а группой Н.П. Бусленко имитационный язык УАИМ (универсальная агрегативная имитационная модель).

После 70-х годов многие исследователи в связи с недостаточным уровнем развития российских имитационных пакетов стали переходить на западные языки GPSS, SIMSCRIPT и т.п., а также на разработку частных имитационных моделей эвристического характера на обычных алгоритмических языках типа Фортран, PL-1 и т.д.

Языки SPL, на основе которых Т. Нейлор в 1975г. издал сборник статей под общим названием «Машинные имитационные эксперименты с моделями экономических систем» вовсе не раскрывает **сути имитационного моделирования**, а является очень квалифицированным обзором применения различных математических методов и ЭВМ для исследования экономических объектов. Весьма похожее исследование «Применение математики в экономических исследованиях» 2 тома, было опубликовано под редакцией В.С. Немчинова в 1959-61гг. Работа Т. Нейлора носит скорее характер демонстрации примеров имитационного моделирования, хотя суть имитационного моделирования была сформулирована намного раньше в 1950-60гг. российскими учеными. Еще в феврале 1967г. в Москве проходила работа I Всесоюзного симпозиума по статистическим проблемам и технической кибернетике. На симпозиуме работало 11 секций: 1.Оптимальные в статистическом смысле системы; 2. Нелинейные проблемы статистической динамики; 3. Идентификация объектов; 4. Адаптированные системы; 5. Распознавание образов; 6. Статистический контроль; 7. Надежность систем; 8. Статистическое моделирование; 9. Теория массового обслуживания; 10. Приборы для статистических исследований; 11. Общие вопросы теории случайных процессов. Было заслушано в общей сложности около 200 докладов. По докладам проводились дискуссии. Из докладов и дискуссий составлено 3 тома трудов симпозиума. Том 1. – Нелинейные и оптимальные системы; Том 2. – Идентификация и аппаратура для статистических исследований; Том 3. – Адаптивные системы. Большие системы. Примерно треть статей 3 тома рассматривало теорию и практику моделирования больших систем в имитационном режиме. Эти достижения российских ученых в 1967г. полнее и шире, чем обзор американских работ Т. Нейлора, вышедший в 1975г.

Однако **суть вопроса заключается не столько в приоритете российских ученых, сколько в понимании существа имитационного подхода**. Что же понимает Т.Нейлор под имитационной моделью? Ответ дан им самим в предисловии к своей книге, с.9. «Основой любого имитационного эксперимента на ЭВМ служит модель имитируемой

системы. **Мы предполагаем, что такая модель уже построена и ее параметры заданы».** Таким образом, **главным в походе Т.Нейлора является программная среда имитации, а не способы построения адекватных имитационных моделей.** Подтверждая этот тезис, можно привести еще одно его определение имитации: «имитация ... численный метод проведения на цифровых вычислительных машинах экспериментов с математическими моделями, описывающими поведение сложных систем в течение продолжительных периодов времени», с.12.

Концепция Т.Нейлора является отражением идей группы Форрестра-Мидоуза, по идеологии которой считалось, что большинство экономических показателей носит случайный характер, а распределение случайных величин является известным. Вместе с тем, **самый трудный вопрос исследования большой, в том числе, реальной экономической системы и заключается в формулировке гипотезы о законе распределения.** Именно в этом и состоит различие в школах имитационного моделирования. Российская школа имитационного моделирования базируется на экономико-математических подходах Немчинова В.С., Новожилова В.В. и других видных российских ученых, сформулированных в 30-40 годах, когда вся экономика СССР рассматривалась как единое целое с позиции устанавливаемых на каждое пятилетие целей и задач, способствующих их реализации. Американский подход того периода базировался на целях развития отдельных частных фирм с небольшим плановым горизонтом, а отсюда - упрощенный подход к определению законов распределения и построению небольших моделей с заданным законом распределения их параметров.

Первая работа Дж. Форрестра «Динамика развития города», вышедшая в 1968 г., где он переместил термин «системной динамики» от моделирования корпораций до больших социально-экономических систем, только показала трудность анализа этих систем без знания экономической генетики.

Характеристика имитационных моделей системной динамики больших систем, в том числе социально-экономических систем, часто вводит в заблуждение исследователя. Такой подход не позволяет понять действительную структуру объекта или системы. Этим подход может только сформулировать проблемы объекта, но не цели, т.к. интуитивные решения не являются оптимальными и рациональными. Интуитивные решения не имеют какой-либо математической теории достижения цели, а последовательность действий субъекта интуитивного решения является произвольной.

Другое дело, если субъект или специалист знает объект управления и может рассмотреть различные варианты управления объектом, но выбор лучшего варианта требует тщательного обсуждения на междисциплинарном уровне, т.е. на словах.

Имитационные модели системной динамики не являются прогнозными моделями, их можно отнести к другому классу моделей, которые можно назвать интуитивно-образные имитационные модели. Правда, Дж. Форрестер предупреждал специалистов, занимающихся системной динамикой, о ловушках этого моделирования:

- субъект может назвать только часть показателей объекта, и тогда объект становится другим, а результаты моделирования не отвечают начальному объекту;
- кратко- и долговременная реакция объекта, как и методы управления, обычно противоречат друг другу. В больших системах коротким может являться срок в несколько десятилетий, а длительный срок – от 50 до нескольких сотен лет;
- локальные цели для части системы находятся в противоречии с интересами системы в целом;
- часто субъект пытается воздействовать на систему в тех местах, где она малочувствительна к такому воздействию.

Таким образом, методы системной динамики могут применяться к большим системам, у которых время прогнозирования больше десятилетия и вряд ли к небольшим системам, у которых время прогнозирования небольшое – месяцы и годы.

Больше того, модели системной динамики отличаются тем, что у них нет постоянной постановки задачи или постановка задачи изменяется, когда показатели системы другие. Это условие задает неопределенность управления системой. То есть модели системной динамики могут использоваться для исследования различных вариантов управления системой в учебных целях или игровых процессах.

Фактически, модели системной динамики используются как средства анализа вариантов прогнозирования поведения больших систем, но этот прогноз мы не можем считать оптимальным, потому что не знаем, как поведут себя показатели или факторы, которые мы не исследовали и не знаем.

Поэтому идеи группы Форрестра-Мидоуза и их попытки моделирования более сложных экономических процессов и объектов с позиции экономистов были весьма упрощенными, т.к. смело задавали уровни управления и теоретические законы распределения экономических явлений и показателей. Неучет экономической генетики явления, когда элементарный кирпичик – ген, заложенный в основание явления, может привести это явление к совершенно другим, даже прямо противоположным проявлениям и является главной проблемой имитационного моделирования системой динамики экономических явлений.

Заканчивая наше понимание методологии имитационного моделирования, можно сказать, что российский подход относится к имитационному моделированию как к системе, в которой две главные части: адекватное генетически глубокое отношение к объекту моделирования, к его исследованию и описанию и соответствующее программное обеспечение имитационных процедур. Западный подход характеризуется весьма развитым программным обеспечением, пока превосходящим российские пакеты имитационного моделирования, и сравнительно слабым развитием способов целостного генетического исследования и описания объектов для имитационного моделирования.

Современные воззрения российских ученых на имитационное моделирование в период 1998-2012гг. быстро прогрессируют, появляются издания учебников и монографий по широкому кругу важных вопросов, в том числе, по методологии построения имитационных моделей и их программированию. Здесь можно только перечислить руководителей групп ученых, занятых этими вопросами: Борщев А.В., Власов С.А., Вишнякова Л.В., Девятков В.В., Емельянов А.А., Карпов Ю.Г., Кобелев Н.Б., Конюх В.Л., Лычкина Н.Н., Охтилев М.Ю., Павловский Ю.Н., Плотников А.М., Поспелов И.Г., Рудакова О.С., Рыжиков Ю.И., Соколов Б.В., Юсупов Р.Н и др.

ВЫВОДЫ:

1. Имитационная методология имеет историческое значение в практике и науке познания сущности мироустройства.
2. Понятие системы в имитационной методологии является главным унифицированным способом понимания и описания практического объекта.
3. Имитационные модели описывают и формализуют большие (глобальные) системы способом, который включает математические, алгоритмические, физические, натурные и др. способы.
4. Имитационные модели в любых постановках и языках позволяют понять правила функционирования сложных систем.
5. Компьютерные имитационные модели являются не только и даже не столько математическим и программным построением, а представляют действующий «слепок» объекта.
6. Имитационные модели позволяют использовать многокритериальные подходы и условия заданного компромисса, а также обеспечивать оптимальное управление объектом.
7. Математическое обеспечение имитационных моделей должно быть универсальным и унифицированным для различных применений.

8. Имитационные модели системной динамики являются интуитивно-образными имитационными моделями. Они не могут называться прогнозными моделями, так как их прогноз не может считаться оптимальным.

ЛИТЕРАТУРА

1. Емельянов А.А., Власова Е.А., Дума Р.В. «Имитационное моделирование экономических процессов» - М., «Финансы и статистика», 2002.
2. Карпов Ю.Г. «Имитационное моделирование систем. Введение в моделирование с AnyLogic 5.», - С.-П., «5xВ – Петербург», 2005.
3. «Применение математики в экономических исследованиях» под ред. В.С.Немчинова, том 1, Издательство социально-экономической литературы, М., 1959.
4. «Применение математики в экономических исследованиях» под ред. В.С.Немчинова, том 2, Издательство социально-экономической литературы, М., 1961.
5. Бусленко Н.П., Шарагина З.И. «Математическое моделирование производственных процессов на цифровой вычислительной машине», - М., «Физматгиз», 1964.
6. Бусленко Н.П. и др. «Метод статистических испытаний (Метод Монте-Карло)» под ред. Ю.А.Шрейдера, «Физматгиз», 1962.
7. Бусленко Н.П., Шрейдер Ю.А. «Метод статистических испытаний и его реализация на цифровых вычислительных машинах», - М., «Физматгиз», 1961.
8. Бусленко Н.П., Юркевич О.М. «Об операциях над агрегатами в сложных системах», Изв. АН СССР, «Техническая кибернетика», №2, 1964.
9. Нейлор Т. «Машинные имитационные эксперименты с моделями экономических систем», - М., Мир, 1975.
10. Кобринский Н.Е. «Информационные фильтры в экономике», - М., «Статистика», 1978.
11. Рыжиков Ю.И. «Имитационное моделирование», СПб., «Корона принт», - М., «Альтекс – А», 2004.
12. Кобелев Н.Б. «Методы оптимального управления отраслью обслуживания населения», М., «Изд-во легкой и пищевой промышленности», 1981.
13. Кобелев Н.Б. «Практика применения экономико-математических моделей», М., «Финстатинформ», 2000.
14. Кобелев Н.Б. «Основы имитационного моделирования сложных экономических систем», М., «Дело», 2003.
15. Кобелев Н.Б. Повышение электронной готовности принимаемых решений на основе имитационного моделирования., «Прикладная информатика», №5, 2006, с.49-59.
16. Кобелев Н.Б. «Введение о общую теорию имитационного моделирования», М., «Принт- Сервис», 2007.
17. Кобелев Н.Б. «Качественная теория больших систем и их имитационное моделирование», М., «Принт- Сервис», 2009.
18. Кобелев Н.Б. «Большие системы и их имитационное моделирование», М., «Принт- Сервис», 2011.
19. Власов С.А., Девятков В.В., Кобелев Н.Б. Методология, технология и принципы программной реализации имитационных приложений. С-Пб., ФГУП ЦНИИ технологии судостроения, 2007.
20. Власов С.А., Девятков В.В., Кобелев Н.Б. Проблемы и возможности создания систем имитационного моделирования для супер ЭВМ на основе развития

- российских разработок и совершенствования подготовки специалистов. Журнал «Экономика. Налоги. Право», №5-2010, Специальный выпуск.
21. Садовский В.Н. «Некоторые принципиальные проблемы построения общей теории систем», «Системные исследования, ежегодник, 1971», М., «Наука», 1972.
 22. Ляпунов А.А. «В чем состоит системный подход к изучению реальных объектов сложной природы? «Системные исследования, ежегодник 1971», М., «Наука», 1972.
 23. Месарович М. «Общая теория систем и ее математические основы», «Исследования по общей теории систем», М., 1969.
 24. Снапелев Ю.М., Старосельский В.А. Моделирование и управление в сложных системах. «Советское радио», 1974 г.
 25. Яковлев Е.И. «Машинная имитация», М., «Наука», 1975.