

СТАНОВЛЕНИЕ И РАЗВИТИЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В УКРАИНЕ

Бигдан В.Б., Гусев В.В., Марьянович Т.П., Сахнюк М.А.

г. Киев, Украина

В настоящем сообщении предпринимается попытка осветить процесс развития имитационного моделирования в Украине. При этом, основное внимание будет уделено оригинальным системам и подходам, которые нашли широкое применение в различных прикладных областях и оказали значительное влияние на развитие отечественных (в Украине и в СССР) методов, технологий и средств имитационного моделирования.

Имитационное моделирование, как новое научное направление в прикладной математике и кибернетике начало интенсивно развиваться в конце 60-х годов, когда стали широко внедряться и использоваться сложные технические системы в самых разнообразных отраслях человеческой деятельности (космос, транспорт, биология, медицина, экономика, новые технологии на производстве и др.).

Такие системы базируются на средствах вычислительной техники, включают в свой состав сложные измерительные и управляющие комплексы, технологическое оборудования, людей-операторов. Их исследование традиционными математическими средствами стало невозможным или же они описываются настолько большим количеством математических соотношений, что найти решения возникающих задач практически невозможно в приемлемое время даже с помощью мощных ЭВМ. Законы функционирования подобных систем не всегда известны, либо имеют вероятностную природу. Поведение систем во многом определяется человеческим фактором, создающим дополнительную неопределенность при попытке его учета. Создаваемые системы во многом уникальны, что не позволяет зачастую в полной мере использовать данные и информацию, полученные на других аналогичных системах. Эксперименты с самой системой либо невозможны либо имеют крайне ограниченное значение. Кроме того, системы большого масштаба - многофункциональны, т. е. качество их работы оценивается по многим составляющим.

Проблемы повышения эффективности различных звеньев в технике и экономике потребовали развития новых методов исследования, учитывающих указанные особенности. Имитационное моделирование по сути и стало единственным методом решения подобного рода задач.

Существует много определений метода “имитационное моделирование”, как инструментария исследования сложных систем, но мы остановимся на определении, приведенном в монографии известного американского специалиста Р. Шеннона “Имитационное моделирование систем - искусство и наука”: “имитационное моделирование является экспериментальной и прикладной методологией, имеющей целью:

- описать поведение системы;
- построить теории и гипотезы, которые могут объяснить наблюдаемое поведение;
- использовать эти теории для предсказания будущего поведения и оценки (в рамках ограничений, накладываемых некоторым критерием или совокупностью критериев) различных стратегий, обеспечивающих функционирование данной системы”.

С точки зрения компьютерной реализации имитационное моделирование - это комплексный метод исследования сложных систем на ЭВМ, включающий построение концептуальных, математических и программных моделей, выполнение широкого спектра целенаправленных имитационных экспериментов, обработку и интерпретацию результатов этих экспериментов.

В нашей стране (в Украине и в СССР) становление моделирования, как научной и прикладной дисциплины, связано с именем члена-корреспондента АН СССР Бусленко Н.П.

Методологической основой для развития имитационного моделирования явились работы Н.П. Бусленко, Глушкова В.М., Н.Н. Моисеева, Т.И. Марчука, Коваленко И.Н. Следует заметить, что в бывшем СССР сложились четыре школы в области имитационного моделирования. Московская - Н.Н. Моисеев, Емельянов С.В., В.В. Калашников, Воскресенская Т.Н., Немчинов Б.В., Андрианов А.Н., Бычков С.П., Хорошилов А.И., Черненький В.М., Лутков В.И., Бусленко В.Н., Ривес Н.Я., - во главе с Н.П. Бусленко. Ленинградская - Фомин Б.Ф., Аврамчук Е.Ф. - во главе с член-корреспондентом АН СССР Вавиловым А.А.. Новосибирская - М.И. Нечипоренко, Г.Д. Чинин, Окольников В.В., возглавляемая академиком АН СССР Марчуком Г.И.. Киевская - Т.П. Марьянович, В.В. Литвинов, И.Н. Коваленко, Л.А. Калиниченко, В.В. Гусев, Жук К.Д., Яровицкий Н.В., Бакаев А.А., А.И. Никитин во главе с академиком АН СССР Глушковым В.М.

Указанные школы не имели официального статуса, но их руководители имели высокий научный авторитет и публикации основополагающих работ по вопросам компьютерного имитационного моделирования, а их ученики возглавили научные коллективы, которые выполнили и продолжают выполнять большой объем исследований по следующим традиционным направлениям в области имитационного моделирования:

- развитие методологии, методов и технологий моделирования;
- разработка средств и систем моделирования на базе универсальных алгоритмических языков моделирования;
- разработка пакетов моделирования широкого назначения;
- разработка проблемно-ориентированных пакетов моделирования.

Представители Киевской школы имитационного моделирования во главе с академиком Глушковым В.М. вели разработки и исследования по всем указанным направлениям в области имитационного моделирования. Институт кибернетики является пионером в области разработки методов и средств имитационного моделирования на основе языков моделирования высокого уровня для отечественных ЭВМ всех поколений.

Естественно, что создатели средств и систем имитационного моделирования в Украине использовали по мере возможности зарубежный опыт разработки таких систем.

История становления и развития имитационного моделирования в Украине и в СССР связана с соответствующими этапами в мировой практике в данной области.

Определяющими факторами в истории имитационного моделирования были генерации языков моделирования. Однако на протяжении более, чем 30-летней истории изменялись концепции, парадигмы программирования, платформы, что повлияло на специфику соответствующих этапов.

Известные специалисты в области имитационного моделирования Р. Нэнси и Ф.Кивиат в своих работах определяли несколько этапов в практике развития имитационного моделирования (таблица 1).

Этап 1 (1955-1960). Программы для задач моделирования разрабатывались на основе таких общеизвестных универсальных языков как FORTRAN и ALGOL.

Этап 2 (1961-1965). Появились первые языки моделирования: GPSS, SIMSCRIPT, SIMULA, CSL, SOL. Была разработана так называемая концепция взгляда на мир (world view).

Этап 3 (1965-1970). Появилось второе поколение языков моделирования GPSS V, SIMSCRIPT II.5, SIMULA 67.

Этап 4 (1971-1978). Развитие уже разработанных языков и средств моделирования, ориентированное на прежде всего повышение эффективности процессов моделирования и превращение моделирования в более простой и быстрый метод исследования сложных систем.

Работы Зейглера (Zeigler) и Ёрена (Oren) сыграли важную роль в решении проблемы таксономии имитационных моделей (они ввели мета концепции модели и схемы эксперимента).

Этап 5 (1979-1984). Годы перехода от программирования к развитию моделей. Основной акцент был перенесен на идентификацию интегрированных средств имитационного моделирования.

Процесс моделирования включает такие этапы, как создание модели, программирование, проведение имитационных экспериментов, обработку и интерпретацию результатов моделирования. Однако традиционно предпочтение отдавалось этапу программирования. Возникающая при этом схема моделирования во многом повторяет схему проведения натурных испытаний и сводится лишь к имитации траекторий изученных моделей. С появлением имитационных моделей изменилась концепция моделирования, которая теперь рассматривается как единый процесс построения и исследования моделей, имеющий программную поддержку. Теперь во главу угла ставится формальное понятие модели, которое не только поясняет динамику системы, но и служит предметом математических исследований. Становится возможным достоверный анализ многих практически важных свойств модели (стационарных распределений, малых вероятностей, чувствительности, надежности и достоверности результатов моделирования). Эти свойства особенно

существенны при исследовании высокоответственных и крупно масштабных систем, где цена ошибки особенно высока.

Этап 6 (1985-1994). Перенос программного обеспечения для имитационного моделирования на персональные ЭВМ с использованием средств графического интерфейса (для визуализации и анимации процессов моделирования).

Этап 7 (1995-1998). Разработка средств технологической поддержки процессов распределенного имитационного моделирования на мультипроцессорных ЭВМ и сетях.

К моменту начала разработки (1966 г.) первого на Украине языка моделирования систем с дискретными событиями были известны зарубежные аналоги таких языков как СИМСКРИПТ, SOL, и SIMULA.

Но по условиям того времени не было возможности приобрести соответствующее программное обеспечение за рубежом. Была возможность ознакомиться с соответствующими разработками только на уровне публикаций.

Поэтому в Институте кибернетики академии наук Украины было принято решение о разработке собственного языка и системы моделирования.

Системы имитационного моделирования, разработанные в ИК в соответствии с вышеперечисленными этапами, приведен в таблице 1. Все представленные системы являются оригинальными разработками, выполненными на уровне зарубежных достижений. В процессе создания этих систем были разработаны входные языки, методологии и технологии моделирования, обеспечена их программная реализация. Важно отметить, что все без исключения работы проводились в связи с выполнением ответственной прикладной тематики и получили широкое внедрение и применение.

В течение 1966-1968 гг. в Институте кибернетики под руководством Марьяновича Т.П. выполнялись работы по созданию языка и системы моделирования систем с дискретными событиями СЛЭНГ (автор языка СЛЭНГ Калиниченко Л.А.), что и положило начало развитию методов имитационного моделирования на Украине. В качестве прототипа был выбран язык SOL.

Разработка такого языка потребовала в первую очередь решения проблемы формализации исследуемых систем.

Традиционно методы имитационного моделирования реализуют процесс формализации исследуемых систем на основе таких понятий как "концептуальная модель" и "обобщенная схема функционирования".

Высокоразвитые языки имитационного моделирования опираются на соответствующие концептуальные базы (наборы понятий), в терминах которых и формулируются (представляются) концептуальные модели исследуемых систем и процессов.

Состав концептуальной базы формируется в зависимости от проблемной ориентации языка моделирования (для систем с дискретными событиями, непрерывных систем и гибридных систем). Так, концептуальная база систем моделирования дискретных процессов включает такие понятия, как объект (процесс), класс объекта, атрибут объекта, схема поведения объекта, приоритет объекта, событие, время, список событий.

Заметим, что в условиях широкого использования парадигмы объектно-ориентированного программирования, указанное множество понятий является общепринятым во многих языках и системах программирования. Однако в начале 70-х годов (до появления языка СИМУЛА-67) использовались различные понятия для описания и представления процессов функционирования сложных систем: сообщение, процесс, активности и др. Разработчики языка СИМУЛА-67 положили начало объектно-ориентированному представлению исследуемых систем.

Обобщенная схема описывает в терминах соответствующей концептуальной базы процесс функционирования исследуемых систем.

Здесь известны два подхода: событийный и процессионный.

Процессионный подход представляет функционирование любой системы как развивающиеся во времени действия и взаимодействия параллельно протекающих процессов. Каждый процесс – это цепочка событий, выполнение каждого такого события приводит к изменению состояния системы. Все события упорядочены во времени и на последовательном компьютере исполняются квазипараллельно.

При событийном подходе в системе выделяются классы событий. Управление процессом моделирования заключается в выборе и активизации программы соответствующего события.

Основные разработки Института кибернетики в области языков и средств имитационного моделирования базировались на процессионном подходе.

Таким образом, метод имитационного моделирования требует разработки концептуальной базы, обобщенной схемы, языка моделирования и имитационной системы, ориентированных на соответствующую область применений.

Созданная в Институте кибернетики система СЛЭНГ была внедрена на всех моделях одной из наиболее распространенной в то время в СССР и в Украине ЭВМ М-20, М-220, БЭСМ-3М, БЭСМ-4М более чем в 20 различных организациях (г.г. Москва, Ленинград, Минск, Ульяновск, Киев, Одесса, Горький, Свердловск, Рязань, Казань, Фрунзе). Средства СЛЭНГ-системы применялись при разработке компонент вычислительных машин и систем, решении задач планирования, для оценки показателей надежности сложных систем и др.

В 1973 году в Институте кибернетики была завершена работа по созданию и реализации на ЭВМ БЭСМ-6 системы АЛСИМ-БЭСМ под руководством доктора технических наук Литвинова В.В.

Система предназначалась для исследования вычислительных систем и сетей.

В системе были выделены три языковых уровня: язык описания моделей, язык управления моделированием, язык управления заданиями.

Система нашла применение при решении задач радиолокации, противовоздушной обороны, решении задач анализа и распределения ресурсов.

В течение 1973-1975 гг. в Институте кибернетики были выполнены работы по созданию языка моделирования НЕДИС и соответствующей

имитационной системы, предназначенных для моделирования широкого класса реальных систем дискретной, непрерывной и непрерывно-дискретной природы (Руководители разработки – Марьянович Т.П. и Гусев В.В; Гусев В.В. – автор языка НЕДИС). Разработка системы НЕДИС базировалась на использовании опыта разработки и внедрения системы СЛЭНГ.

Язык НЕДИС вобрал в себя отдельные детали из известных в то время по публикациям языков СИМУЛА-67 и АЛГОЛ-68. По своим возможностям система НЕДИС близка к системам на базе таких языков, как SIMULA-67 и GASP-IV.

Система НЕДИС не имела аналогов в практике отечественного программирования СССР.

Разработчики системы НЕДИС, кроме работ по внедрению и сопровождению системы, выполнили большой объём работ по адаптации системы НЕДИС в различных прикладных областях. Встроенный в язык НЕДИС механизм библиотечных вступлений и заключений позволял создавать многоуровневые библиотеки приложений.

Система использовалась для проведения исследований и различного рода проектных работ в следующих областях: проектирование вычислительных машин, систем и сетей передачи данных; подземные пожары в угольных шахтах; технологические процессы на железнодорожном транспорте; планирование ремонтных и профилактических работ для различных парков самолётов; проектирование средств и систем космической техники; проектирование технологических процессов в судостроении; системы управления и контроля в конверторном производстве; системы управления и контроля средствами и системами связи на морских судах.

В 1979-1980 гг. были выполнены работы по созданию моделирующего комплекса АЛСИМ-2, под руководством Литвинова В.В., реализованного на ЕС ЭВМ. Математическое обеспечение комплекса АЛСИМ-2 поддерживало решение задач проектирования вычислительных систем и сетей.

Моделирующий комплекс АЛСИМ-2 включал два типа подсистем и средств. К первому типу относятся средства планирования и управления проектированием и генерации документальной части проекта. Вторая группа подсистем обеспечивала решение задач проектирования. В состав комплекса АЛСИМ-2 была включена система управления информацией, базирующаяся на языке определения данных (для описания схем структур данных, хранимых в базе данных) и языке манипулирования данными (для обмена с базами данных, коррекции баз данных, анализа, синтеза и преобразования данных).

Система АЛСИМ-2 широко использовалась при исследовании процессов функционирования военно-морских баз Тихоокеанского побережья.

Система алгоритмического моделирования ТАИС разработана в начале 80-х годов (Руководитель разработки - доктор физ.-мат наук Летичевский А.А.). Система базировалась на специально разработанном языке АЛГОРИТМ-80, предназначенном для отработки проектных решений на уровне межрегистровых и межмодульных передач, для проектирования (представления) и исследования (моделирования) аппаратуры вычислительных систем в основном на этапе алгоритмической и структурно-алгоритмической проработки. С помощью

системы ТАИС был промоделирован макроконвейерный вычислительный комплекс, разработанный в Институте кибернетики.

В течение 1991-1993 гг. в Институте кибернетики выполнялись работы по созданию технологической системы программирования НЕДИС-90 и реализации её на ПЭВМ IBM PC AT/386. Автор языка НЕДИС-90 - Гусев В.В.

Система предназначена для оперативной разработки проблемно-ориентированных языков для самого широкого круга применений, например: дискретные, непрерывные и гибридные модели информационных, экономических, биологических и др. систем, планирование и обработка результатов экспериментов; спецификация устройств в системах проектирования, логическое моделирование, синтез описаний нижнего уровня (схем). Пользователи системы получают возможность строить собственные функциональные эквиваленты таких языков, как SIMULA, GASP-IV, VHDL и их разумно специализированные диалекты без построения новых компиляторов. Создаваемые проблемно-ориентированные языки могут быть как императивными, так и декларативными. Разработанная технология создания новых языков моделирования для различных приложений базируется на использовании механизма контекстных модулей.

Система построена на основе компилятора с базового языка объектно-ориентированного программирования НЕДИС-90, регламентирующего исключительно методы построения новых определений на основе используемой системы обозначений. Система реализована в 1994 г. как компилятор на языке С для компьютеров, совместимых с IBM PC.

Значительные работы были выполнены в ИК по созданию проблемно-ориентированных пакетов на основе языка НЕДИС под руководством Т.П.Марьяновича и доктора технических наук А.И.Никитина. Это такие пакеты как СИМПО, САУККС, ПАРК, СЕТЬ, КОМПЛЕКС (таблица 2).

Большой объем работ был выполнен в Институте кибернетики по созданию средств имитационного моделирования для систем, формализованное представление которых обеспечивается с помощью моделей конечных автоматов Мура с детерминированными выходами (руководители доктор физ.-мат. наук Яровицкий В.Н. и академик Бакаева А.А.), кусочно-линейных агрегатов (руководитель академик Коваленко И.Н.), логико-дифференциальных уравнений (руководитель д.т.наук Жук К.Д.), моделей теорий оптимальных решений (руководители академик Пшеничного Б.Н. и доктор физ.-мат. наук Онопчука Ю.Н.), интегро-функциональных моделей (руководитель академик В.М.Глушков). Программной реализации указанных средств предшествовал этап исследований по созданию теоретико-концептуальной базы соответствующих математических моделей и методов. Перечень этих разработок представлен в Таблице 3.

К числу прикладных разработок для персональных ЭВМ относятся пакеты, разработанные в отделе В.В.Литвинова МОРЖ, СУЗ, РЕМ (таблица 4). Входные языки указанных пакетов являются непроцедурными, в качестве инструментальных средств использовался язык С и СУБД Fox Pro.

Немалый вклад в становление имитационного моделирования внесли работы, выполненные в Одесском институте народного хозяйства на кафедре "Вычислительные машины и программирование на ЭВМ".

В 1975-1977 гг., а затем в 1978-1980 гг. разработаны соответственно первая и вторая версии пакета прикладных программ (ППП) ДИСМ, ориентированного на моделирование систем с дискретными событиями. ДИСМ базировался на языке PL/1, был реализован на ЕС ЭВМ под управлением ОС ЕС. Руководители разработки - Мановицкий В.И., Сурков Е.М.

В 1980 г. была завершена работа по созданию программного комплекса ПОСИМЕЯ -ФОСИМ, ориентированного на моделирование систем с дискретными событиями. Руководитель работы - Сурков Е.М. Разработчики комплекса - Ахламов А.И., Пигарев Ю.Б. Комплекс обеспечивал автоматизацию процесса конструирования имитационных моделей в диалоговом режиме.

Разработанные пакеты использовались при исследовании производственных процессов в морском порту, производственной деятельности судов тралового флота, систем обработки данных в реальном масштабе времени, управления пассажирским городским транспортом, планирования работ службы сети Министерства связи СССР, задач управления и статистической обработки в информационно-вычислительном центре ЦСУ Молдавской ССР.

Среди других работ по созданию проблемно-ориентированных пакетов моделирования следует отметить разработки Винницкого политехнического института (Диденко В.Я., средства автоматизации эрготехнических систем), Львовского Вычислительного Центра Института прикладных проблем механики и математики (Власенко В.И., инструментальные средства моделирования систем с микропроцессорным управлением); Киевского НИИ автоматизации строительных систем (Бушуев С.Д., средства имитационного моделирования для исследования технологических процессов на строительных объектах, Киевского политехнического института.

Таким образом, Украина благодаря пионерским работам Института кибернетики имеет более чем 25-летний опыт разработки и внедрения в различных прикладных областях средств и систем имитационного моделирования. В таблице 5 приведен далеко не полный перечень разработок института только относительно систем СЛЭНГ и НЕДИС. Обширная география внедрений свидетельствует о значительном влиянии указанных разработок на решение таких общегосударственных и национальных проблем как: принятие ответственных проектных решений в различных прикладных областях; подготовка и обучение научных и научно-технических специалистов наиболее современным инструментариям исследований на базе ЭВМ; накопления и использования опыта исследований в различных прикладных областях в стандартной для всех пользователей и исследователей форме.

Следует заметить, что за каждым таким внедрением стояла группа или даже целые коллективы научных сотрудников или инженеров, как правило являющихся высококвалифицированными специалистами в своих проблемных областях. Например, в НИИ автоматической аппаратуры (г. Москва), такой коллектив включал свыше 100 специалистов. Сотрудники Института

кибернетики помогали им овладевать основами имитационного моделирования, а они в свою очередь обучали своих младших коллег студентов различных вузов. Таким образом расширялся круг пользователей систем имитационного моделирования.

Украинские разработчики много внимания уделяли вопросам популяризации методов и средств имитационного моделирования (читали лекции в различных вузах страны, выступали с докладами на Всесоюзных, Республиканских и международных семинарах и конференциях, выполняли большой объем работ по авторскому сопровождению, оказывали систематическую методическую помощь по вопросам разработки имитационных моделей в различных приложениях).

На основании совместной работы с пользователями отрабатывались методики построения имитационных моделей и проведения модельных экспериментов. При этом особое внимание уделялось вопросам понимания сущности метода имитационного моделирования и формирования соответствующего программистского мировоззрения.

Хотелось также отметить еще один важный методологофилософский аспект имитационного моделирования на основе высокоразвитых языков. Высокоработные языки моделирования превзошли своим значением их первоначальное назначение и стали важным фактором в познании мира и получении информации о нем. С их появлением реальной стала возможность изучать исследуемые системы во всей их сложности, не втискивая их в модели, удобные для применения тех или иных известных математических методов анализа. Процесс разработки имитационных моделей позволяет осмыслить действительность (выявить взаимозависимости, необходимые мероприятия, временные соотношения, требуемые ресурсы), кроме того, появляется возможность упорядочить наши нечеткие или противоречивые понятия и несообразности. Такая модель вынуждает разработчика организовать его замыслы, оценить и проверить их обоснованность.

В настоящее время в Институте кибернетики начат цикл работ по созданию средств и систем распределенного имитационного моделирования на платформе современных ПЭВМ и операционных систем.

Таблица 1. Основные этапы развития методов имитационного моделирования

№ п/п	Этапы ¹	Страна	Языки и системы моделирования	Класс исследуемых систем	Примечание
1	1955-1960		FORTRAN, ALGOL	дискретные, непрерывно-дискретные	
2	1961-1965	USA	GPSS, SOL, SIMSCRIPT, CSMP360	дискретные	
		UK	CSL	непрерывно-дискретные	

¹ Этапы 1-5 определены R.Nance и Ph.Kiviat.

		Norway	SIMULA	дискретные
3	1966-1970	USA Norway UKRAINE	GPSS V, SIMSCRIPT II.5 SIMULA 67 СІЭНГ	дискретные дискретные непрерывно-дискретные
4	1971-1978	USA UK Russia Ukraine	GASP IV CADSIM DEMOS, ECSL MODEL-6 АЛСИМ- БЭСМ НЕДИС	дискретные непрерывно-дискретные непрерывно-дискретные дискретные дискретные дискретные непрерывно-дискретные
5	1979-1984	USA UK Ukraine	GPSS/H, HOCUS, MICROSAINT 3.1, MIC-SIM Inter-SIM АЛСИМ-2 ТАИС	дискретные дискретные дискретные дискретные
6	1985-1994	USA UK Germany Ukraine	SLAM II PC System Animation PC Model ESL SIMPLE ++ НЕДИС-90	непрерывно-дискретные дискретные дискретные непрерывно-дискретные непрерывно-дискретные
7	1994-1998	USA UK Germany Ukraine	Разработка технологий и средств поддержки распределенного имитационного моделирования	

Таблица 2. Проблемно-ориентированные имитационные пакеты на базе языка НЕДИС.

Наименование пакета	Год создания	Разработчик	Тип ЭВМ	Класс исследовательских систем	Входной язык (язык программирования)
СЕТЬ	1986	ИК УССР	АН БЭСМ-6	Сети передачи данных. Сетевой и транспортный уровни.	НЕДИС
ПАРК	1985	ИК	АН БЭСМ-6	Железнодорожные	НЕДИС

СИМПО	1985	УССР ИК УССР	АН	БЭСМ-6	транспортные системы Процессы пожаротушения в угольных шахтах	НЕДИС
САУККС	1984	УССР ИК УССР	АН	БЭСМ-6	Системы контроля и управления комплексом связи на судах	НЕДИС
КОМПЛЕКС	1985	УССР ИК УССР	АН	БЭСМ-6	Вычислительные системы	НЕДИС

Таблица 3. Модельно-ориентированные имитационные пакеты.

Наименование пакета	Год созда- ния	Разра- ботчик	Тип ЭВМ	Класс исследуемых систем	Тип математи- ческих моделей	Входной язык (язык програм- мирования)
АМОС-М	1979	ИК АН УССР	БЭСМ-6	системы с дискретными событиями	кусочно- линейные агрегаты	FORTTRAN
ДЕПРОГ	1981	ИК АН УССР	ЕС ЭВМ	прогнозирование демографических факторов	дискретно- инициальные автоматы Мура с детер- минированны ми выходами	PL-1
ВОКОН	1981	ИК АН УССР	ЕС ЭВМ	временная оценка качества обслуживания населения	- " -	PL-1
ПАТ-1	1983	ИК АН УССР	БЭСМ-6	физиологические системы, системы дыхания и кровообращения	уравнения теории оптимальных решений	FORTTRAN
ЭСКИЗ	1983	ИК АН УССР	БЭСМ-6	нелинейные динамические системы	дифференци- альные и логи- ко-динами- ческие уравнения	FORTTRAN
МРС-1	1984	ИК АН УССР	ЕС ЭВМ	экономические и биологические системы	интегро- дифференци- альные	FORTTRAN

динамические
модели

Таблица 4. Пакеты имитационного моделирования для ПЭВМ.

Наименование пакета	Год создания	Разработчик	Тип ЭВМ	Класс исследовательских систем	Входной язык (язык программирования)
МОРЖ	1990	СКБ ПО	ПЭВМ	Сложные технические системы	Smalltalk-80
РЕМ	1991	СКБ ПО	ПЭВМ	Система базирования судов	Smalltalk-80
СУЗ	1991	СКБ ПО	ПЭВМ	Система управления запасами	Smalltalk-80

Таблица 5. Внедренные разработки Института кибернетики НАНУ Украины.

Наименование системы	Фирма, НИИ	Город
СЛЭНГ	Научный центр электронной техники	Москва
СЛЭНГ	Ульяновский филиал Центрального Морского научно-исследовательского института	Ульяновск
СЛЭНГ	Научно-исследовательский институт коммутационных систем	Ленинград
СЛЭНГ	Московский энергетический институт	Москва
СЛЭНГ	Ленинградский электротехнический институт	Ленинград
СЛЭНГ	Рязанский Государственный университет	Рязань
СЛЭНГ	Институт математики и кибернетики	Минск
НЕДИС	ЛПО имени Козинского	Ленинград
НЕДИС	НИИ автоматической аппаратуры	Москва
НЕДИС	Акустический институт	Москва
НЕДИС	Летно-исследовательский институт	Жуковский
НЕДИС	Специализированный НИИ	Бийск
НЕДИС	Институт Морфизприбор	Ленинград
НЕДИС	Институт Математики и физики	Вильнюс
НЕДИС	Специализированный НИИ	Болшево
НЕДИС	Специализированный НИИ	Зеленоград
НЕДИС	КБ "Южное"	Днепропетровск
НЕДИС	ВНПО "Респератор"	Донецк
НЕДИС	НПО "Минприбор"	Киев
НЕДИС	Киевский научный институт радиоэлектроники	Киев