

УДК 004.032

**СИСТЕМНОЕ ОСМЫСЛЕНИЕ ЭТАПОВ РАЗВИТИЯ  
КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ  
СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ**

**SYSTEM UNDERSTANDING THE DEVELOPMENT  
STAGES OF A COMPUTER SIMULATION**

д.т.н., профессор, почетный член РААСН **Абовский Н. П**

д.т.н. профессор, академик РАЕН **Инжутов И. С.**

д.т.н., профессор, член-корр. РААСН **Енджиевский Л. В.**

к.т.н., доцент **Деордиев С. В.**

к.т.н., доцент **Палагушкин В. И.**

к.т.н., доцент **Максимова О. М.**

К.т.н., доцент **Марчук Н. И.**

(Инженерно-строительный институт Сибирского федерального университета г. Красноярск)

Dr. Sc. in Engineering, Professor **Abovskiy N. P** (Construction institute of the Siberian Federal University, Krasnoyarsk)

Dr. Sc. in Engineering, Professor **Inzhutov I. S.** (Construction institute of the Siberian Federal University, Krasnoyarsk)

Dr. Sc. in Engineering, Professor **Endzhiyevsky L. V.** (Construction institute of the Siberian Federal University, Krasnoyarsk)

D.S.in Engineering, Assoc. Prof. **Deordiyev S. V.** (Construction institute of the Siberian Federal University, Krasnoyarsk)

D.S.in Engineering, Assoc. Prof. **Palaguskin B. I.** (Construction institute of the Siberian Federal University, Krasnoyarsk)

D.S.in Engineering, Assoc. Prof. **Maksimova O.M** (Construction institute of the Siberian Federal University, Krasnoyarsk)

D.S.in Engineering, Assoc. Prof. **Marchuk N.I.** (Construction institute of the Siberian Federal University, Krasnoyarsk)

**Аннотация**

В работе излагаются вопросы развития психолого-инженерных аспектов за последние годы. Обсуждаются вопросы области применимости компьютерного моделирования, ограничения и перспективы развития, синтез традиционного компьютерного

моделирования с нейросетевыми технологиями, оценка возможности нейросетевого компьютерного моделирования с позиций конструкторского проектирования, компьютерная составляющая в более чем 30 лет разрабатываемом на кафедре новом перспективном направлении создание систем автоматического управления конструкциями (САУ НДС).

**Ключевые слова:** строительные конструкции, компьютерное моделирование, формализация инженерных задач, сейсмостойкость, нейросетевая технология.

### **Summary**

This paper describes the questions of development psychological and engineering aspects in recent years. We discuss the applicability of computer modeling, constraints and prospects for development, the synthesis of a traditional simulation with neural network technology, assessment the possibility of neural network computer modeling in terms of constructive engineering, the computer component is developing in a new perspective direction the creation of automatic control structures in more than 30 years in the department (CSC SSB).

**Keywords:** building structures, computer modeling, the formalization of engineering problems, seismic stability, the neural network technology.

Важность и значение компьютерного моделирования в инженерной деятельности сейчас общепризнано. Однако история его развития была не очень гладкой. В связи с этим следует учитывать эти уроки и реалистично прогнозировать развитие компьютерного моделирования.

### **1. Психолого-инженерные аспекты развития**

Сейчас трудно представить, что всего 40 с небольшим лет назад численные методы в механике не воспринимались АН СССР, вплоть до отказа в приеме докладов на всесоюзную конференцию по теории оболочек. А на V съезде механиков результаты расчетов численными методами воспринимались с недоверием. Так было, например, с нашими дискретными методами расчета пластинчатых систем. Следующим этапом развития для преодоления ограниченных возможностей ЭВМ того периода были предложены супер элементы. Это был очередной всплеск эйфории. Затем наступил этап, когда раздавались голоса, что развитие строительной механики уже прекратилось, так как компьютерные методы расчета могут все.

В настоящее время наступил новый период компьютерной эйфории, компьютеры могут все и безмерная вера в точность и достоверность расчета. На ранних этапах развития численных методов обязательным требованием было обоснование достоверности и точности расчета (например, на основе исследования сходимости решения, сравнения с эталоном или с физическим экспериментом). Сейчас же, как правило, к сожалению, это не делается, даже в научных статьях. Пользователи компьютерных программ расчета часто не ведают об исходных гипотезах и ограничениях методов, которые они применяют, но слепо верят в полученные результаты. Программы расчета являются для пользователей неким «черным» ящиком. Инструкции к программам не нацеливают на эти знания.

Разработчики программ расчета, как правило, не считают необходимым снабдить их возможностью оценивать принятые при моделировании гипотезы и допущения. Это тем более досадно, потому что такие возможности практически существуют и нужен лишь определенный научно-технический настрой. Пример возможной организации подобного подхода приведен авторами в работе [1].

Способствуя эффективному развитию компьютерного моделирования целесообразно учитывать уроки истории и современные недостатки. Существует реальная конкуренция между отдельными производителями компьютерных программ, но она имеет рекламный, а не научный характер как в «диком» капитализме, т.к. скрывает ограничения, гипотезы, несовершенства моделей и противоречивость их физической природе.

Нынешнее обучение по государственным образовательным программам инженеров и основных пользователей программных продуктов происходит крайне ограничено, без должного знания теории механики и процессов управления. Фактически происходит подготовка некоторых ремесленников, а не мастеров, творчески деятельных инженеров и ученых. Нет ясного осознания, что современный компьютер и программирование – это мощный инструмент, который надо уметь использовать не механически и не ограничиваться лишь некоторой инструкцией по вводу информации и прочтения результатов. Необходимо неформальное научное осознание всех его возможностей и ограничений, а главное понимание достоверности компьютерной модели в физической системе.

Недооценка этого факта приводит к парадоксальным примерам даже в некоторых научных исследованиях. Например, известно, что нормативный спектральный метод расчета сооружений на

сейсмостойкость не соответствует реальной физической картине сейсмического воздействия, однако это не помешало использовать данный метод для анализа и оценки пригодной интересной физической разработки для внешней сейсмозащиты. Парадокс в том, что спектральный метод не включает в себя такую физическую модель. Однако исследователи сделали вывод о пригодности такой инженерной разработки. На нашу публикацию об этом в центральном журнале в порядке дискуссии не последовало никаких откликов и опровержений.

## **2. Области применимости компьютерного моделирования. Ограничения.**

### **Перспективы развития**

Для многих такая постановка вопроса может показаться странной, так как господствует мнение, что ограничений нет. Необходимо развенчать подобные заблуждения.

Обратим внимание на следующие вопросы:

- математическая формализация – обязательное условие компьютерного моделирования [1-4];
- о связи традиционного компьютерного моделирования с нейросетевыми и другими технологиями [3];
- оценка возможностей компьютерного моделирования с позиций конструкторского проектирования. Взаимосвязь с физическим экспериментом. Проблемы оптимизации [4];
- о развитии управляемых конструкций [1-2].

Возможность формализации инженерных проблем (задач) является, как известно, условием для компьютерного моделирования. Это существенное ограничение области применения методов компьютерного моделирования.

Действительно, в инженерной деятельности компьютерное моделирование занимает весьма важное место, служит мощным современным инструментом проектирования, но является только его составной частью, на основе которой осуществляются, как правило, конструкторские разработки, которые не поддаются формализации и отражают инженерное искусство. Следует отметить, что и начальная постановочная часть, также не формализуемая определяющая часть разработки принятия инженерного решения. Поэтому оценка компьютерного моделирования должна осуществляться по критерию конечного результата целостной инженерной разработки.

Таким образом, в инженерной деятельности, как и в искусстве формализации, а значит и компьютерного моделирования, решению

поддается только часть проблемы. Качественные и конструктивные решения (узлы, связи, структуры и т.п.) остаются инженерным искусством, требующим специального подхода. Без конструктивных методов невозможно обеспечить безопасность создаваемой конструкции и преодолеть неопределенность традиционного компьютерного моделирования.

### **3. Синтез традиционного компьютерного моделирования с нейросетевыми технологиями**

Известно, что нейросетевая технология базируется на исходной информации в виде паттерна числовых (дискретных) решений и обладают возможностью доучивания, что близко к способностям интеллектуальных систем. Это определенный вариант компьютерного моделирования, обходящийся (не опирающийся) без математической формализации модели.

В работах [1-4] разработаны принципы нейросетевой технологии для решения задач оптимизации конструкций, проблем прогнозирования и управления конструкциями. Традиционные компьютерные программы, а также опытные данные позволяют накопить необходимый набор дискретных решений, а нейросетевой подход – обобщить их. В итоге формируется прямая нейросетевая связь между входящими параметрами и конечным результатом, которая обеспечивает быстрое действие и способствует эффективному решению, в том числе оптимизации. Предложенный шаговый процесс прогнозирования с доучиванием позволяет добиться большей глубины и точности прогноза.

### **4. Оценка возможности нейросетевого компьютерного моделирования с позиций конструкторского проектирования**

Особое место занимает проблема инженерного проектирования с помощью нейросетевых компьютерных технологий. Её составными частями являются, как известно, формализованная (часть - традиционной строительной механики) и неформализованная (нормативная, СНиПовская, экспериментальная), содержащая рекомендации и различные ограничения, а также творческая, относящаяся к области инженерного искусства. Эти проблемы затронуты в [1].

Проектирование с позиции нейросетевой методологии – это некоторая многопараметрическая и многообразная аппроксимация неявно заданных моделей, содержащаяся в обучающей выборке, позволяющая получать определенные интерполяционные и

экстраполяционные решения с выбором среди них рациональных вариантов. Тираж и область возможных решений проектирования неявно содержатся в обучающей выборке. Ограничения включаются явно в обучающую выборку задач и могут дополнительно учитываться при доучивании. Это же относится к конструкциям, нормативным требованиям и рекомендациям [5].

Если выбрать архитектуру нейросетевой модели адекватно структурной модели конструкции, то существует принципиальная возможность поручить нейросетевой модели проектирование конструкций, используя разработанные нейросетевые алгоритмы обучения.

Особое внимание необходимо уделить использованию распараллеливания процессов, а также использованию традиционных подходов в сочетании с нейропрограммированием (т.е. разработке гибридных систем). Необходимо отметить, что для реализации нейропроектирования с параллельной обработкой требуются специализированные ЭВМ, которыми многие проектные организации пока не располагают. Тем не менее, эта задача весьма полезна и интересна.

## **5. Компьютерная составляющая в развитии систем автоматического управления конструкциями (САУ НДС)**

Компьютерное моделирование должно использоваться не только для анализа (расчета) конструкций, но и для управления их напряженно-деформированным состоянием, т. е. является управляющим модулем системы автоматического управления (САУ НДС). Основные принципы САУ НДС и примеры реализации приведены в [1-2].

Инновационным подходом к САУ НДС служит применение нейросетевой технологии, позволяющей доучивать систему управления на основе поступающей информации и тем самым превращать конструкции в разновидность интеллектуальных систем [4]. Таким образом, возможности современного компьютерного моделирования позволяют не только проникнуть в тайны механики деформирования конструкций, но и превратить их в интеллектуальные системы.

В заключении можно прийти к следующим выводам:

1. Развитие традиционного компьютерного моделирования в определенной мере ущербно, т.к. скрывает от пользователей ограничение (гипотезы, упрощение, принципы и др.), которые не позволяют пользователям сделать заключение о соответствии

компьютерной и физической модели, ее достоверности и точности решения.

2. Компьютерное моделирование не в достаточной мере используется для разработки систем автоматического управления напряженно-деформированного состояния конструкций как ее управляющий модуль.

3. Наряду с традиционным компьютерным моделированием, опирающимся на математическую формализацию проблемы, необходимо использовать другие технологии, в частности, нейросетевые технологии, позволяющие обучать систему и повышать ее интеллектуальный уровень.

#### *Список литературы*

1. Абовский, Н.П. Современные аспекты активного обучения. Строительная механика. Теория упругости. Управление строительными конструкциями: уч. пособие. Под ред. проф. Абовского Н.П. / Н.П. Абовский, Л.В. Енджиевский, В.И. Савченков, А.П. Деруга, Н.И. Марчук, Б.А. Стерехова, В.И. Палагушкин. Красноярск: КрасГАСА, 2003.- 284 с.

2. Абовский, Н.П. Управляемые конструкции: уч. пособие /Н.П. Абовский. Красноярск: КрасГАСА, - 1988.- 433 с.

3. Абовский, Н.П. Нейроуправляемые конструкции и системы: уч. пособие для вузов. Под ред. проф. Абовского Н.П. / Н.П. Абовский, А.П. Деруга, О.М. Максимова, П.А. Светашков. М.: Радиотехника, 2003.- 368с. (научная серия «Нейрокомпьютеры и их применение»).

4. Абовский Н.П., Инженерные аспекты оптимизации конструкций. /Н.П. Абовский, Енджиевский Л.В., Максимова О.М., Палагушкин В.И., Марчук Н.И., Инжутов И.С. Всероссийская конференция «Проблемы оптимального проектирования сооружений» Новосибирск, 2008.

5. Абовский Н.П., Деруга А.П., Савченков В.И. Осмысление проектирования как разновидности нейросетевого моделирования. Возможности синтеза традиционной конструкторской и нейросетевой методологий // «Нейрокомпьютеры. Разработка, применение», 2001, № 9,с.61-65.

660041, г. Красноярск, Свободный пр. 82  
E-mail:abnaum@yandex.ru