

УДК 378.147:004

## Компьютерные модели сложных систем и их применение в образовательном процессе современных университетов

Федоров Сергей Евгеньевич – кандидат технических наук, профессор,  
Заведующий кафедрой информатики

Открытый гуманитарно-экономический университет (г. Москва)

Адерихин Иван Владимирович – доктор технических наук, профессор,  
профессор кафедры управления судном  
Московская государственная академия водного транспорта

*Рассматриваются научно-методические аспекты разработки и внедрения в образовательный процесс современных университетов компьютерных моделей сложных систем. Показана эффективность их применения для формирования компетенций студентов.*

**Ключевые слова:** моделирование, образовательный процесс, сложная система.

При реализации интерактивной и мультимедийной формы обучения и практико-ориентированного подхода к образовательному процессу в современных университетах одним из базовых методов обучения становится метод применения компьютерных моделей изучаемых сложных систем и процессов [1-4]. Применение компьютерных моделей сложных систем и процессов обеспечивает погружение студентов в образовательную интерактивную среду, имитирующую и(или) копирующую будущую профессиональную деятельность выпускника университета.

Широкое внедрение компьютерных моделей в образовательную практику университетов обуславливает необходимость разработки научно-методического обеспечения. Здесь возникают задачи дидактики, постановка которых требует решений, учитывающих специфику обучения студентов в новом образовательном пространстве. Эти дидактические задачи внедрения в образовательный процесс обучающихся компьютерных моделей можно сформулировать следующим образом:

- разработка дидактических требований к учебным компьютерным моделям, имитирующим и (или) копирующим реальные системы и протекающие в них процессы, с целью проектирования процесса приобретения студентами заданных основной образовательной программой компетенций и построения в конечном счете нового образовательного пространства;
- разработка методик применения компьютерных моделей для приобретения студентами знаний, развития у них умений и навыков решать профессиональные задачи анализа и синтеза сложных систем и процессов;
- научно-методическое обеспечение интегративного процесса формирования профессиональных компетенций студентов – их способности эффективно применять знания, умения и навыки в профессиональной деятельности, при эксплуатации и разработке сложных систем и при управлении техническими и технологическими процессами;
- научное обоснование и формулировка основных дидактических требований к проектированию автоматизированной информационной системы управления образовательным процессом в новом об-

разовательном пространстве – пространстве, использующем метод моделирования для обучения студентов и квалитетический мониторинг приобретения ими компетенций в условиях виртуальной реальности.

В разработке компьютерных моделей и их актуализации в образовательном процессе преобладающая роль должна принадлежать преподавателям вуза, которые совместно со специалистами в области информационных технологий должны участвовать как в разработке технического задания на создание компьютерных моделей, так и в процессе их реализации. При этом главной задачей для кафедр вуза, безусловно, является разработка научно-методического обеспечения внедрения компьютерных моделей в образовательный процесс.

Перспективным направлением развития метода моделирования и его применения в образовательном процессе вуза является разработка статистических моделей сложных систем и процессов, которые в отличие от ранее применяемых в образовательном процессе детерминированных моделей [4], учитывают стохастические характеристики реальных систем и процессов.

При разработке статистических моделей информационных систем протекающие в них процессы, как правило, представляют однородным марковским процессом, предполагая, что потоки, переводящие систему из одного состояния в другое, являются стационарными пуассоновскими с распределением интервалов времени между состояниями по показательному закону. Однако, в практике создания моделей возникает ситуация, когда неизвестны виды и параметры законов распределения процессов, протекающих в сложных системах в условиях их реальной эксплуатации.

Следует отметить, что проведенный анализ известных технических решений по разработке статистических моделей сложных систем показал, что большинство из них не отражают в достаточной мере стохастическую природу процесса их эксплуатации. Это прежде всего объясняется следующими причинами. Во – первых, процесс эксплуатации сложных систем описывается дихотомической моделью, при которой поведение системы характеризуется только

двумя состояниями (исправное и неисправное), а динамика функционирования, условия применения и множество возможных режимов (состояний) сложных систем не учитывается. Во-вторых, не рассматриваются различные стратегии применения сложных систем с ограниченной надежностью.

В основу разработки рассматриваемых моделей должны быть положены следующие основные требования:

- возможность моделирования различных режимов условий и стратегий применения сложных систем;
- возможность изменения моделируемых режимов сложных систем без перестройки структуры модели;
- возможность использования моделей для анализа потоков с любыми видами законов распределения и значениями их параметров. Выполнение данного требования особенно полезно для оценки погрешностей, возникающих при использовании аналитических зависимостей в случае отклонения потоков событий от пуассоновских.
- возможность моделирования эргатических систем ограниченной надежности, функционирующих в различных условиях эксплуатации с участием человека.

Как показано в работах [3-5], эти проблемные вопросы находят свое разрешение в последние годы на основе создания современных симуляторов и эмуляторов, которые динамично совершенствуются благодаря бурному развитию информационных технологий. Это предопределило возможность создания компьютерных моделей для имитации и(или) копирования работы реальных систем и процессов с высокой степенью их достоверности с учетом статистических свойств, протекающих в них процессов. При этом современные компьютерные технологии позволяют исследовать статистические свойства реальных систем в условиях априорной неопределенности и создать статистические модели, наиболее полно отражающие реальные процессы в их динамике с учетом случайных факторов их эксплуатации.

Важным направлением создания современных компьютерных моделей может стать цифровизация аналоговых физических моделей, ранее разработанных в виде электрических структурных схем с применением дискретных элементов. С начала 2000-х годов процесс цифровизации характеризуется переходом от аналоговых вычислительных комплексов моделирования к компьютерным цифровым моделям.

Примером такого перехода является внедряемый в вузах пакет прикладных программ программа Matlab Simulink, который позволяет моделировать технические, физические, финансовые и математические системы. Программа Simulink дает возможность иерархического моделирования с помощью структурных графических блоков. В результате в вузах произошел переход от моделирования на аналоговых вычислительных комплексах к цифровому моделированию на персональных компьютерах [3, 5]. Большая база ранее разработанных устройств моделирования сложных систем и защищенных авторскими свидетельствами и патентами на изобретения

РФ, может быть использована для их реализации в виде цифровых компьютерных моделей.

Подготовка и повышение квалификации специалистов, чья профессиональная деятельность непосредственно связана с эргатическими системами управления, кардинально меняется при внедрении в образовательный процесс учебных тренажеров, построенных на компьютерных моделях с применением современных аудиовизуальных технологий. Такие модели человеко-машинных комплексов создают предпосылки к разработке новых методик обучения, что обусловлено изменением психологии обучения на подобных тренажерах, имитирующих реальные процессы управления. Рассматриваемая тренажерная форма обучения способствует не только повышению уровня подготовки обучаемых, но и позволяет с высокой степенью достоверности вести квалитетный контроль процесса формирования их компетентностей.

Таким образом, без должного научно-методического обеспечения положительный эффект от внедрения компьютерных моделей в образовательный процесс может быть сведен к минимуму. Это обусловлено кардинальными изменениями образовательного пространства при широком внедрении в него мультимедийных и интерактивных образовательных технологий, построенных на основе компьютерного моделирования.

Действительно, применение компьютерных моделей погружает студентов в новую образовательную среду, в которой роли и функции преподавателя и студента в образовательном процессе претерпевают принципиальные изменения, в результате которых преподаватель управляет процессом познания и приобретения студентами профессиональных компетенций. Студенты погружаются в виртуальную профессиональную среду и приобретают не только знания, но и посредством активных действий в процессе обучения приобретают способности действовать на практике, применяя знания, умения и навыки в различных ситуациях профессиональной деятельности. При этом каждый студент находится в центре внимания преподавателя.

Действительно, реализация практико-ориентированного обучения с широким применением детерминированных и статистических компьютерных моделей становится доминирующей педагогической формой индивидуализации обучения студентов открытого университета и обеспечивает становление студента как творческой личности, способной к самоорганизации и самореализации в профессиональной деятельности.

В результате достигается новое качество образования, при котором происходит значительный рост мотивации студентов к процессу познания и самообразованию. Кардинально повышается уровень индивидуального контроля формирования у студентов профессиональных компетенций.

Так, например, в технических вузах методическое обеспечение применения пакетов прикладных программ MATLAB и Simulink для лабораторной симуляции систем автоматического управления и протекающих в них процессов позволяет на новом каче-

ственном уровне проводить все виды занятий с использованием виртуальной лаборатории. Такая лаборатория позволяет студенту на персональном компьютере проводить анализ и синтез сложных систем автоматического, проводить необходимую коррекцию систем, изменяя ее параметры и структуру.

Студенту предоставляется возможность проводить исследования в этой лаборатории при выполнении индивидуальных заданий как в часы аудиторных занятий, так и в часы самостоятельной работы на персональном компьютере [1,3]. Контроль знаний, умений и навыков студентов, прошедших обучение на такой лабораторной базе, показывает существенно повышенный уровень их знаний и умений, а главное, показывает более высокий уровень готовности студентов самостоятельно применять их в различных ситуациях будущей профессиональной деятельности. Можно полагать, что здесь возникает синергетический эффект в формировании компетенций будущего специалиста. Этому, безусловно, способствует применение мультимедийных средств отображения изучаемых процессов в статике и динамике.

Важно отметить, что компьютерные модели обеспечивают полноценный лабораторный анализ при минимизации финансовых затрат на лабораторную базу, исключает большие затраты на приобретение многочисленной реальной аппаратуры, исключает реальные аварийные ситуации при проведении экспериментальных натурных исследований и испытаний.

Последнее достоинство является преобладающим при имитации управления транспортными системами и объектами (летательные аппараты, наземный и водный транспорты), техническими и технологическими процессами опасных производств, таких как химические производства, производство электроэнергии на атомных электростанциях.

При разработке компьютерных моделей для их использования в образовательном и научном процессах вуза должна быть предусмотрена технологическая возможность наглядно изучать функциональные элементы и процессы объекта познания в статике и динамике их работы, которые принципиально невозможно увидеть в условиях реального наблюдения сложных систем.

Использование образовательных технологий на базе компьютерного моделирования сокращает

сроки подготовки и повышения квалификации специалистов, сроки формирования их профессиональных компетенций, необходимых для работы в динамично меняющихся условиях практической их деятельности, особенно, в области вычислительной техники, экономики и медицины.

Как показано выше, достаточно перспективными для внедрения в учебный процесс этих направлений обучения студентов является разработка учебных тренажеров. В их составе должны использоваться не только симуляторы и эмуляторы, но и дидактический программный блок, реализующий функции виртуального преподавателя. Здесь ставится задача создания автоматизированных информационных систем обучения, которые при использовании инфокоммуникационных облачных технологий, несомненно, могут быть эффективно применены для индивидуального дистанционного обучения.

При внедрении в образовательный процесс вуза автоматизированной информационной системы обучения на основе компьютерного моделирования особое внимание следует уделить разработке именно дидактического блока, обеспечивающего автоматизацию процесса формирования учебных заданий, процесса наблюдения за действиями студента и их коррекцию при выполнении заданий, а также автоматизацию процесса оценивания деятельности студента при выполнении учебных заданий на компьютерных моделях.

Внедрение компьютерных моделей в образовательный процесс позволяет эффективно внедрять в него игровые формы обучения с наивысшей интерактивностью обучения студентов в составе группы при реализации дистанционных образовательных технологий. Ярким примером тому является бизнес-образование, где использование симуляторов позволяет проектировать имитационные игры, построенные на основе компьютерного моделирования бизнес-процессов.

В заключение следует отметить, что внедрение компьютерных моделей в образовательный процесс как новой формы электронного обучения существенно расширяет возможности и повышает качество преподавания учебных дисциплин естественнонаучного, технического и экономического направлений подготовки в открытых университетах.

#### **Литература:**

1. Информационно-коммуникационные технологии в образовательном процессе открытого университета: Коллективная монография / Науч. ред. С.Е. Федоров. М.: Изд-во СГУ, 2019. 255 с.
2. Федоров С. Е. Новое качество образования и его оценка при реализации компетентностного подхода. // СПб: Инновации, 2008. - №11. - с.61-74.
3. Федоров С.Е. Компьютерное моделирование и исследование систем автоматического управления. Учебно-метод. пособие. М.: РУСАЙНС, 2016. - 94с.
4. Семакин И. Г. Информационные системы и модели. Учебное пособие / И. Г. Семакин, Е.К. Хеннер. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2005. - 303с.: ил.
5. Тимохин, А.Н. Моделирование систем управления с применением Matlab: Учебное пособие / А.Н. Тимохин, Ю.Д. Румянцев. - М.: Инфра-М, 2018. - 272 с.