

Иммерсивность, присутствие и интерактивность в обучающих средах

Сергей Фёдорович Сергеев, академик РАО, кандидат психологических наук

Технологии средоориентированного обучения привлекают внимание педагогов в связи с широким внедрением в практику образования и профессионального обучения средств вычислительной техники и компьютерных методов моделирования и представления информации. Они позволяют создавать управляемые динамические полимодальные виртуальные среды, обладающие направленным дидактическим эффектом. Возникают вопросы определения специфики подготовки в искусственных обучающих средах и выделения ключевых факторов, влияющих на психолого-педагогическое содержание и структуры сред с заранее заданными обучающими свойствами.

Рассмотрим основные психологические механизмы, обеспечивающие обучение в средах и характеристики многомерных сред, определяющие их педагогическую эффективность. Речь идёт прежде всего о методах обучения, связанных с получением непосредственного опыта в контакте с объектом изучения, и понятиях «иммерсивность», «интерактивность», «присутствие». Они известны в школьной педагогике главным образом из технологий обучения иностранным языкам методом погружения и использовались до недавнего времени в технологиях тренажёрного моделирования с целью создания высокоточных имитаций рабочей среды.

Тренажёрное обучение отличается от школьного прежде всего наличием непосредственного контакта ученика с изучаемым явлением, вовлечённостью в процессы формирования навыка.

Многочисленное повторение учебных упражнений при минимальном участии инструктора — основной метод обучения на тренажёрах.

В школьных же технологиях основной акцент делается на поиск смысла в интерпретациях опыта,

полученного другими. Наглядные пособия в большинстве своём носят иллюстративный, вспомогательный характер. В школе обучают искусству интерпретации. Однако интерпретация ввиду её неограниченного объёма и потенциальной незавершённости служит и источником неопределённости и неконкретности знания. Каждое изменение ракурса, с которого мы смотрим на изучаемый объект, ведёт к появлению новых смыслов, новых интерпретаций, и этот процесс бесконечен. В результате в сознании ученика постоянно присутствует множество интерпретаций, что ведёт к непрерывной рефлексии и умственной жвачке. Знание теряет свою определённую силу и значение инструмента влияния на мир, превращаясь в сумму ненужных сведений, объединённых теоретическими конструктами. Подлинное знание в известном смысле компактно и не обременяет своего носителя.

Вместе с тем развитие технологий представления и обработки информации позволяет создавать и применять искусственные многомерные среды в образовательных целях, снимая вышеописанные негативные эффекты. Правда, обучение в данных средах имеет свою специфику, связанную с их динамическим характером. Необходимы учёт предыдущего опыта каждого ученика, документирование процесса и результатов обучения. Очевидно, что возникают нетривиальные проблемы. Однако они вполне решаемы на приемлемом практическом уровне.

Рассмотрим ключевые понятия средоориентированного подхода к обучению¹. Основными из них являются понятия «среда» и «действительность», интерпретируемые как результат конструирующих функций человека.

Среда — конструируемая часть физической реальности (представлена субъекту в форме действительности), познаваемая путём непосредственного взаимодействия органов чувств человека с изменяемыми объектами физической реальности, связанная и опосредованная опытом рекурсивных взаимодействий организма². То, что человеком не воспринимается, сре-

¹ Сергеев С.Ф. Средоориентированное обучение // Новые ценности образования: тезаурус для учителей и школьных психологов / Ред.-сост. Н.Б. Крылова. М., 1995. С. 94–96.

² Сергеев С.Ф. Среда как структурирующий феномен при разработке человеко-машинных систем // Известия ТулГУ. Серия. Вычислительная техника. Информационные технологии. Системы управления. Т. 1. Вып. 2. Вычислительная техника. Тула: ТулГУ, 2003. С. 159–166.

дой для него не является. Например, нам не доступен широкий диапазон электромагнитных волн, в том числе инфракрасное, ультрафиолетовое и рентгеновское излучения. Их действие не включается в непосредственный опыт. Однако их интерпретация может быть элементом какой-либо другой среды, например, среды научного опыта и т.д.

В более узком значении мы будем говорить о среде как о действительности, связанной с внешним миром, в котором происходит созидательная деятельность человека. Изменения физической реальности, воспринимаемые органами чувств, порождают в человеке действительность. Подобие сред — подобие действительностей. Одни и те же действительности (субъективные компоненты среды) могут порождаться различными физическими средами (реальностями). При таком рассмотрении совершенно неважно, какими технологиями представления информации созданы среды: сама ли это физическая реальность, либо созданная искусственным образом виртуальная реальность, либо их комбинации. Важен результат, отражаемый в сознании человека.

Отметим в значительной мере автоматический характер работы механизма генерации действительности, с высокой скоростью и точностью создающего, воссоздающего и поддерживающего наш внутренний мир в его динамической стабильности и целостности. Генерация действительности осуществляется непрерывными рекурсивными самоподдерживающимися процессами, запускаемыми сенсорной извне и субъектной изнутри активностями. В результате наблюдается «разумное» поведение человека, ведущее к сохранению его организма и реализации биологического и социального предназначений.

Действительность по своей природе всегда динамична, даже если она порождается относительно стабильной во времени и пространстве физической реальностью. Кроме того, мы видим, слышим и делаем только то, что необходимо нам для сотворения своей истории в соответствии с планами нашей жизни — таким образом на содержание действительности влияют механизмы, обеспечивающие направленную историю субъекта³.

Интересующие нас обучающие среды — это среды, основным содержанием действительности в которых является деятельность обучаемого по получению опыта, ведущего к эффективному поведению⁴.

Обучение в среде обеспечивается определённым уровнем погружения в содержание среды и возможностями интерактивного манипулирования. В результате ученик получает опыт, ведущий к научению в среде. Степень погружения в среду определяется уровнем вовлечённости эмоционально-когнитивных структур обучаемого в деятельность в среде и совместным функционированием его перцептивных и моторных систем. Отметим, что рассматриваемое нами понятие среды шире, чем её традиционные физическое (предметное) и социальное (поведенческое) представления, с которыми непосредственно контактируют ученики. Важны и её свойства, возникающие в процессе включения в среду субъекта деятельности. Можно говорить о среде виртуальной реальности, в которой разворачивается деятельность человека.

Отметим, что понятие «виртуальная реальность» в данном контексте рассматривается в широком смысле — как реальность, в том числе и искусственная, отражающая перцептивно и когнитивно воспринимаемое содержание обучающей среды в форме презентаций социального и физического миров. В соответствии с определением J. Steuer, виртуальный мир отражает специфический тип опыта, возникающего в моделируемой или реальной средах⁵. В узком кибернетическом смысле это сенсорная копия мира, генерируемая техническими системами компьютерного моделирования.

Совокупность технологических, психологических и поведенческих феноменов, связанных с интегрированной синхронной деятельностью перцептивных систем человека при его погружении в среду, отражена в понятии *иммерсивность* (англ. immersion — погружение)⁶. Она рассматривается в качестве одной из основных характеристик виртуальной реальности и содержательно интерпретируется как мера неразличимости участниками виртуального погружения реального и виртуального миров. Максимально иммерсивная среда в восприятиях обучаемых абсолютно неотличима от реальности. Аналогично все системы, обеспечивающие контакт человека с данным миром,

³ Сергеев С.Ф. Педагогика самопроектирования личности // Школьные технологии. № 4. 2006. С. 9–12.

⁴ Сергеев С.Ф. Методологические основы проектирования обучающих сред // Авиакосмическое приборостроение. № 2. 2006. С. 50–56.

⁵ Steuer J. S. (1992). Defining virtual reality: Dimensions determining telepresence. Journal of Communication, 4(24). P. 73–93.

⁶ Immersive virtual environment technology as a basic research tool in psychology. Loomis J.M., Blascovich J.J., Beall A.C. Behav. Res. Methods Instrum. Comput. 1999 Nov; 31(4). P. 557–644.

работают интегрированно и полностью сочетаются с перцептивным и личностным опытом субъекта. Это своего рода «матрица», в которой актуализуется полное погружение в виртуальный мир.

Иммерсивность отражает степень представляемых технологией свойств имитируемой среды и связана со степенью погружения субъекта в искусственную окружающую среду. Это степень, с которой имитирующая система поставляет искусственную среду окружения — ту, которой закрываются от реального мира, которая замещает свойства реального мира. Чем более содержательным является представляемый сенсорным системам человека поток стимуляции, тем большее число сенсорных систем может вовлекаться во взаимодействие со средой.

Поведение человека в условиях абсолютной иммерсивности ничем не отличается от его поведения в условиях привычной действительности. Однако это справедливо лишь в случае полного подобия среды физического опыта виртуальной среде: если рассматриваемые среды по их воздействию на перцептивные системы человека неразличимо подобны, то виртуальная среда обладает свойствами реальности. В противном случае человек легко определяет различие в источниках действительности.

Ученик, погружаясь в мир виртуальной реальности обучающей среды, ощущает себя и воспринимаемые им объекты частью этого мира. Различают три формы иммерсивности: прямая, опосредованная и зеркальная, когда участник погружения соответственно чувствует себя частью виртуального мира, видит в виртуальном

мире себя или часть своего тела или видит виртуальный мир и самого себя как бы в зеркале. Все формы иммерсивности широко используются в компьютерных играх и средовых обучающих системах, включающих тренажёрные учебно-тренировочные средства.

Иммерсивность обеспечивает возможность воспроизведения в среде естественных способов сенсорного представления, сформированных

в процессе жизни человека в естественной среде. Иммерсивность — технологическое понятие и определяет возможности моделирования в искусственной среде свойств реальной. Создаётся «фантом» реальности, который замещает её своим воздействием на человека. Высокоиммерсивная среда замещает не только статические характеристики моделируемого мира, но и его динамические аспекты, запечатлённые в жизненном опыте субъекта, который воспринимает новую реальность в форме присутствия в ней.

Присутствие (Presence) — это чисто субъективное понятие, и в общем смысле оно отражает субъективный опыт человека: находиться в одном месте окружающей среды, в то же время физически находясь в другом месте⁷. Присутствие связано с преодолением субъектом влияния среды, а не с фактическим местом действия. Это психологическое состояние — воспринимать себя вовлечённым, включённым во взаимодействие с окружающей средой, обеспечивающей непрерывный поток стимулов и опыта. Опыт присутствия ведёт к «чувственной иллюзии непосредственности»⁸.

Отметим важную особенность присутствия в среде — возможность извлекать полезный для практической деятельности опыт. Человек в своём контакте с физическим миром использует инструменты, возникшие в процессе развития организма для селекции важных аспектов физической среды. Они незаметны и понятны в жизни, но их действие трудно, а порою и невозможно предугадать в виртуальной среде. Возникают процессы перцептивной интерференции и нарушения работы механизмов порождения действительности⁹. Хотя иммерсивность и обеспечивает работу системы целостного сенсорного восприятия, биологически естественного для человеческого организма, и является залогом эффективного обучения в среде, однако сама по себе иммерсивная среда не несёт каких-либо обучающих свойств. Они возникают в процессе взаимоотношений между учеником и средой и сопровождаются феноменами вовлечённости, включённости в среду, готовности и возможности деятельности в ней.

Аналогично неверен и тезис о том, что чем совершеннее иллюзия погружения (неважно, какими способами она достигнута), тем выше эффективность обучения. Этот тезис, широко распространённый в практике проектирования тренажёрных обучающих систем¹⁰, мало подтверждён экспериментальными данными и требует дополнительных исследований.

⁷ Witmer B.G, Singer M.J. (1998) Measuring Presence in Virtual Environments: A Presence Questionnaire, *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 7(3), 225–240.

⁸ Lombard M., Ditton T. (1997) At the Heart of it All: The Concept of Presence, *Journal of Computer Mediated Communication*, 3 (2).

⁹ Сергеев С.Ф. Когнитивные процессы в условиях гипнотической индукции // Экспериментальная психология познания: когнитивная логика сознательного и бессознательного / В.М. Аллахвердов и др. СПб.: Изд-во С.-Петербург. ун-та, 2006. С. 69–86.

¹⁰ Лискин В.М., Сергеев С.Ф., Мешков А.Н. О степени подобия тренажёра реальному объекту управления // Структура и динамика познавательной и исполнительной деятельности. Труды ВНИИТЭ. Эргономика. Вып. 33. М., 1987. С. 29–37.

Так, например, показано, что высокоточная имитация органов управления и внутрикабинного пространства самолёта в авиационном тренажёре мешает на первых этапах обучения лётчиков, создавая у них в процессе подготовки ощущение сложности воспринимаемого материала.

Существуют разные, в том числе и полярные, взгляды на уровень иммерсивности среды, достижение которого необходимо для создания эффективной обучающей системы. В.Г. Зазыкин и А.П. Чернышёв выдвинули принцип «психологического реализма» моделирования, который требует достижения максимального реализма, ставя знак равенства между эффективностью обучения и точностью имитации¹¹. К.К. Платонов, напротив, считает, что при конструировании среды обучения не следует стремиться к точной имитации реальной трудовой деятельности. Деятельность должна не имитироваться, а моделироваться, т.е. не подражать, а по своей структуре соответствовать трудовым навыкам¹². Правда, непонятно как определить «психологическую структуру навыков»? Аналогичную мысль высказывает А.Г. Чачко, призывая к отказу от наивного сходства с реальным объектом в пользу близости с внутренней структурой оперативных решений¹³. Здесь также не совсем ясно, что такое «близость с внутренней структурой оперативных решений» и чем её измерить?

В известной мере сбалансированный характер имеет модель Kinkade R.G., Wheaton G.R.¹⁴, которая позволяет учесть мнения сторонников максимального и минимального подобия. В ней не требуется абсолютная точность имитации. Авторы полагают, что различные степени имитации уместны на разных этапах обучения. Они выделили три последовательных этапа: процедурный, когда обучаемый не может получить преимуществ от высокоточной имитации, этап освоения и мастерства, когда требуется всё возрастающая точность имитации.

А.И. Нафтульев рассматривает два подхода в организации искусственной информационной среды. Первый связан с предположением, что существует некоторая оптимальная степень её подобия реальной среде, и задача исследователя — её поиск. Второй подход основан на предположении, что каждому этапу обучения необходима своя точность моделирования, и задача состоит в определении последовательности уровней подобия в процессе обучения¹⁵. Оба подхода основаны на неявном и не доказанном предположении о наличии связи между эффек-

тивностью обучения и подобием среды моделирования.

Присутствие выражает ощущение нахождения человека в определённой среде, в том числе и отличающейся от среды непосредственного чувственного опыта. Отличие иммерсивности от присутствия заключается в том, что первое понятие более связано с технологическими, физическими характеристиками среды, а второе определяет субъективные компоненты средового опыта. Эффект присутствия может возникнуть не только в физических средах, но и, например, в процессе чтения литературного произведения. В течение столетий книги позволяли читателям переживать созданное фантазией их авторов как происходящее в реальном мире.

Иммерсивность как иллюзия нахождения и взаимодействия с виртуальным миром, максимально приближённым к миру реальному, обусловлена не только визуально-поведенческой тождественностью имитируемых объектов, но в первую очередь возможностями поддержки адекватной сенсорной активности субъекта. Предварительно отметим, что человек для восприятия изменений физического мира использует следующие основные каналы — визуальный, аудиальный, кинестетический (тактильные и внутренние ощущения, чувство равновесия), вкусовой и обонятельный. Ведущими являются визуальный, кинестетический и аудиальный каналы. Интегрировать возможности каналов восприятия позволяет синестезия — автоматическая

связь, которая устанавливается между различными каналами восприятия. Синестезия является одним из механизмов, определяющих и повышающих эффективность обучения в средах.

Интегрированная синтетическая деятельность систем создаёт ощущение непрерывного потока внешней стимуляции, ведёт к интенсивным переживаниям реальности происходящего и как следствие — к фик-

¹¹ Зазыкин В.Г., Чернышёв А.П. Психологические аспекты проектирования тренажёрных комплексов // Проблемы инженерной психологии. Вып. 1. М.: Наука, 1979.

¹² Платонов К.К. Психологические вопросы теории тренажёров // Вопросы психологии. 1961. № 4.

¹³ Чачко А.Г. Проблемы и перспективы построения систем подготовки персонала // Тренажёры и учебно-тренировочные центры / Под ред. Л.В. Певнера. Киев: Наукова думка, 1974.

¹⁴ Kinkade R.G., Wheaton G.R. Training device design//Human Engineering: Guide to Equipment Design /Van Cott and Kinkade (Ed.). ARI, 1972.

¹⁵ Нафтульев А.И. Некоторые инженерно-психологические проблемы разработки тренажёров//Учёные записки Ленингр. ун-та. Вып. 6. № 380. Сер. Психол. науки. Л., 1975.

сации результатов опыта, научению. Помимо непосредственного восприятия опыта, связанного с предметным и технологическим содержанием обучающей среды, человек использует в своей конструирующей деятельности представления о среде, порождаемые ментальными процессами, отражающими личный и социальный опыт.

Среда включает как конструируемые субъектом элементы, так и элементы, находящиеся вне зоны его субъективного опыта. Такая двойственность понятия среды позволяет говорить о её координирующем, структурирующем эффекте. Изменяя среду посредством деятельности, человек придаёт ей некоторые свойства, доступные опыту других субъектов. Возникает передача опыта. Среда превращается в структурированное целое, способное влиять на организацию отношений субъекта, расширяет зону возможных описаний его поведения.

Основной задачей проектировщиков системы обучения и её элементов является создание сред, позволяющих обеспечить погружение обучаемого в среду, порождающую опыт, ведущий к эффективному поведению в реальной профессиональной деятельности. Динамический характер среды и её искусственный характер не говорят о том, что она обучает в прямом смысле этого слова. Среда лишь предоставляет возможности для конструирующих функций мозга человека. Обучается сам человек, порождая и используя во взаимодействиях со средой необходимый для достижения результатов деятельности инструментарий. Заметим, что обучающая среда является психологическим феноменом и возникает только при включении конкрет-

ного человека в особую организованную систему средств и методов коммуникаций, составляющих школьную организацию¹⁶, которая обеспечивает существование обучающей среды как аутопоэтической системы. Когда мы говорим о проектировании обучающей среды, то мы имеем в виду проектирование средств, порождающих среду и придающих ей обучающие свойства. Задача учи-

теля — обеспечить погружение учеников в содержание урока и удерживать их интерес.

Возможности обучения в среде обеспечиваются её *интерактивностью* — степенью, до которой пользователи могут участвовать в изменении и формировании содержания установленной обучающей среды в режиме реального времени. Интерактивность — это не просто возможность навигации в виртуальном мире, это власть пользователя по управлению изменениями данной обучающей среды. При этом виртуальный мир должен отвечать на действия пользователя. Интерактивность требует динамического моделирования и определяется технологической структурой обучающей среды, свойствами её интерфейса. Интерактивность отражает податливость формы среды и её содержания. Степень интерактивности зависит от множества факторов. Steuer¹⁷ перечисляет основные из них:

- *скорость*, с которой обращается в норму система и быстрота ассимиляции входного воздействия в среде;
- *диапазон* — число возможностей для действия в любое данное время;
- *tapping* — способность системы контролировать изменения в искусственной среде в естественной и предсказуемой форме.

Примерами интерфейса, с помощью которого реализуется интерактивность в компьютерных обучающих средах, являются клавиатура, мышь, перчатки, планшеты, системы распознавания речи, направления взгляда и т.д. Интересно, что все рассматриваемые нами категории, отражающие свойства обучающих сред, присутствуют в любых средах вне зависимости от их физической реализации. Так, в среде литературного произведения интерактивность присутствует в метафорической форме и служит для обеспечения понимания читателя и его сотрудничества с текстом в производстве значений¹⁸. Книга при этом является элементом интерфейса.

В заключение статьи в качестве примера реализации технологии иммерсивных обучающих сред приведём краткое описание технологии визуального виртуального сканирования¹⁹.

Особенностью формируемой данным методом компьютерной виртуальной среды является возможность рассматривать исследуемый объект с особой искусственной точки зрения, позволяющей снять с изучаемой физической среды (предмет изучения) ряд её наблюдаемых материальных физических свойств и придать новые.

¹⁶ Сергеев С.Ф. Проектирование обучающих сред // Школьные технологии. № 3. 2006. С. 58–65.

¹⁷ Steuer J. S. (1992). Defining virtual reality: Dimensions determining telepresence. Journal of Communication, 4(24), 73–93

¹⁸ Ryan M.L. (1994) Immersion vs. Interactivity: Virtual Reality and Literary Theory; Dept. of English, Postmodern Culture, v. 5 n. 1, Oxford University Press.

¹⁹ Сергеев С.Ф. Методические приёмы повышения эффективности подготовки в виртуальных средах // Управление учебным процессом и современные технологии обучения. Сборник научно-методических материалов. Вып.6. Тула: ТулГУ, 2004. С. 124–127.

Отметим основные методические принципы, реализуемые в данной технологии:

1. Предполагается полная свобода перемещений субъекта (его точки взгляда) в пределах виртуального объекта — субъект нематериален и способен «проходить» сквозь объект изучения и оставаться «внутри» виртуального образа в точках произвольного интереса.
2. Предполагается свободное перемещение взгляда обучаемого в масштабах изучаемого объекта.
3. Субъект «видит» динамику процессов, происходящих в изучаемом объекте, вне зависимости от физических свойств, реализующих наблюдаемый процесс. Происходит тотальная визуализация среды объекта с точки зрения субъекта.
4. Предполагается структурно-функциональная целостность объекта изучения.
5. Фиксация точки наблюдения в пространстве объекта сопровождается звуковым комментарием наблюдаемой виртуальной реальности.
6. Вводятся особые оптические свойства среды изучаемого объекта — полупрозрачность, цветовое выделение функционально объединённых подсистем объекта, повышение степени детализации его фрагментов при переходе путешествующей по изучаемой системе точки взгляда субъекта. Вводятся дополнительные визуальные свойства элементов путём использования динамических параметров наблюдаемых элементов среды объекта.
7. Субъект получает не только возможность перемещения в пространстве изучаемого объекта, но и возможность произвольного изменения моделируемых параметров. При этом целостность объекта сохраняется, но изменяются наблюдаемые результаты функционирования изучаемой системы.
8. Субъект может влиять на течение времени в наблюдаемой системе вплоть до его остановки.
9. Используется многомерное кодирование существенных элементов наблюдаемого явления.
10. Вводятся элементы переменной реалистичности. Изучаемые элементы системы представляются в виде динамических и статических представлений и схем, иллюстрирующих основные свойства изучаемого объекта.

Новая физическая реальность и свойства субъекта приводят к возникновению действительности, способной активно порождать учебный опыт. Отметим, что предлагаемая методика

позволяет организовывать учебные среды не только в трёхмерном, но и в двухмерном представлении виртуальных пространств.

Рассмотрим в качестве примера, иллюстрирующего технологию виртуального визуального сканирования, сценарий-описание двумерной виртуальной среды для изучения на уроках физики работы *механического гироскопа*.

Гироскоп (от греческого *gyros* — круг, *gyreuo* — кружусь, вращаюсь) — твёрдое тело, быстро вращающееся вокруг одной из своих осей симметрии (так называемой оси гироскопа), которая не закреплена и может изменять своё направление в пространстве. В технике применяются гироскопы в особой оправе, называемой «карданов подвес». В данном случае он представляет собой массивное дискообразное тело (маховик), способное вращаться с малым трением вокруг закреплённого центра масс. Оправа состоит из внутренней и наружной рамок. Ось вращения гироскопа проходит через его центр масс и закреплена в подшипниках, расположенных во внутренней рамке. Сама внутренняя рамка может вращаться вокруг горизонтальной оси, опирающейся на подшипники, укрепленные на внешней рамке. Внешняя рамка может свободно вращаться вокруг вертикальной оси, проходящей через торцевой подшипник подставки. Силы трения в подшипниках малы.

Рамки и маховик симметричны относительно своих осей, и поэтому гироскоп остаётся в равновесии в любом положении. В данном случае гироскоп можно рассматривать, как симметричное твёрдое тело, закреплённое в центре масс. Ось гироскопа может занимать любое положение в пространстве. Свободный гироскоп может повернуться вокруг трёх взаимно перпендикулярных осей, следовательно, он обладает тремя степенями свободы.

С точки зрения ученика гироскоп является целостной механической системой, содержащей непрозрачный корпус, в котором расположены его подвесы, сам маховик гироскопа, а также системы, обеспечивающие подачу импульса вращения. Именно в такой визуальной форме должна быть представлена на экране дисплея его конструкция в момент начального ознакомления с данным прибором. Далее обучаемый, используя функцию «прозрачность», делает корпус полупрозрачным и может наблюдать внутреннее устройство гироскопического механизма во взаимодействии всех его частей. При этом внутренние части гироскопа непрозрачны, и возможно наблюдение за динамическими эффектами —

вращением маховика и перемещением рамок карданного подвеса в момент запуска прибора. Используя функцию «масштаб», обучаемый может акцентировать внимание на интересующих его элементах конструкции, что осуществляется наличием инструмента «линза», позволяющего изменять размеры наблюдаемого изображения в визуальном пространстве. Путём перемещения взгляда в пространстве корпуса работающего гироскопа наблюдаются процессы прецессии и нутации, сопровождаемые звуковым комментарием. Отметим, что звуковым комментарием сопровождается и касание курсором мыши всех механических частей гироскопа. Используются краткие названия интересующих элементов — «внешняя рамка подвеса», «внутренняя рамка подвеса», «маховик», «подшипники внутреннего подвеса», «корпус прибора» и т.д. Все наблюдаемые элементы должны иметь название. Каждое название сопровождается визуальными эффектами цветового выделения и визуального кодирования в виде мерцания, контурного очерчивания и др. изучаемого элемента. В качестве параметра, оказывающего влияние на наблюдаемые свойства гироскопа, целесообразно изменять силу трения в подшипниках подвесов с помощью инструмента «трение». При этом возникают эффекты «увода оси гироскопа», нарушения пространственной ориентации оси маховика. Остановка и приведение в действие гироскопа осуществляются инстру-

ментом «параметры гироскопа», в котором возможно изменение основных параметров — числа оборотов маховика, его веса и т.д. Моделируются наблюдаемые при этом изменения поведения прибора.

Усиление обучающих свойств данной среды возможно за счёт дополнительных анимационных роликов-иллюстраций, позволяющих показать применение гироскопов в различных технических системах. Например, целесообразно показать использование гироскопов в качестве гирокомпаса, устройства автоматического управления курсом подвижных систем, автопилота в летательных аппаратах, для снижения негативного воздействия качки на кораблях.

Представленная технология виртуального визуального сканирования использует естественные механизмы формирования и работы когнитивных систем человека, обеспечивающих эффекты погружения в среду, и может быть применена в самых разных сферах создания обучающих сред в целях обучения и тренажа. Конкретные реализации сред зависят от творческих способностей их создателей, возможностей математических и алгоритмических моделей и программно-аппаратных реализаций, обеспечивающих функционирование конкретных обучающих сред. □