

**В. А. Локалов,**

*Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики*

## **ИЗУЧЕНИЕ ОСНОВ ТРЕХМЕРНОГО КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ НА ОСНОВЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТНОГО ПОДХОДА**

### *Аннотация*

В статье рассматривается использование деятельностного подхода для разработки курса по основам трехмерного компьютерного моделирования для школьников. Указанный подход позволяет сформировать и развить у учащихся базовые профессиональные навыки в области трехмерного моделирования. Даются рекомендации по разработке системы учебных задач и организации занятий.

**Ключевые слова:** деятельностный подход, трехмерное моделирование, дополнительное образование школьников, профессиональное развитие, компьютерная графика.

### *Контактная информация*

**Локалов Владимир Анатольевич**, канд. пед. наук, доцент кафедры инженерной и компьютерной графики Санкт-Петербургского национального исследовательского университета информационных технологий, механики и оптики; *адрес:* 197101, г. Санкт-Петербург, Кронверкский пр-т, д. 49; *телефон:* (812) 232-87-85; *e-mail:* lokalov@mail.ru

**V. A. Lokalov,**

National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics, St. Petersburg

## **LEARNING THE BASICS OF THREE-DIMENSIONAL COMPUTER MODELING BASED ON ACTIVITY APPROACH**

### *Abstract*

The article describes using of the activity approach for the elaboration of a course in the basics of three-dimensional computer modeling for schoolchildren. This approach allows creating and developing the students' basic professional skills in the field of three-dimensional modeling. The recommendations on the development of tasks system and organizing classes are given.

**Keywords:** activity approach, three-dimensional modeling, non-formal education of schoolchildren, professional development, computer graphics.

## Введение

В настоящее время технологии трехмерного компьютерного моделирования находят широкое применение в различных отраслях человеческой деятельности. С их помощью создают виртуальные обучающие среды, симуляторы, тренажеры, наглядные пособия, делают визуализации технических и научных проектов. Данные технологии широко используются в играх и развлекательных фильмах для создания мира фантастических персонажей и необычных эффектов. Это делает трехмерную графику весьма привлекательной для школьников и побуждает их заниматься трехмерным моделированием, что в конечном итоге приводит к появлению многочисленных кружков и курсов по 3D-моделированию в системе дополнительного образования для школьников.

Занятия по трехмерному моделированию потенциально позволяют решать очень серьезные педагогические задачи, среди которых в первую очередь следует отметить развитие пространственного мышления и креативности [8], овладение базовыми приемами проектирования и анализа трехмерных объектов. Полученные при этом умения и навыки в дальнейшем становятся основой формирования профессиональной проектной деятельности. В то же время нельзя не заметить, что этот потенциал далеко не всегда реализуется в полной мере. Анализ содержания уроков, дополнительных образовательных программ по основам 3D-моделирования (например [3] или [1]) показывает, что для них характерны следующие особенности:

- этап проектирования 3D-моделей, как правило, игнорируется, или ему уделяется недостаточное внимание (отсутствует анализ альтернативных способов моделирования, опускаются вопросы эффективности моделирования и т. п.);
- задачи моделирования ставятся вне контекста профессиональной деятельности, поэтому отсутствует хоть сколько-нибудь значимое обсуждение качества разрабатываемой 3D-модели;
- способ выполнения действий объясняется на низком уровне обобщения, в основном как набор инструкций и параметров для выполнения операций в конкретном интерфейсе без ссылки на какие-либо общие подходы и принципы.

Указанные особенности могут привести к ряду последствий, отрицательно влияющих на будущую профессиональную деятельность учащегося. В первую очередь это касается пренебрежительного отношения к этапу проектирования, на котором должен происходить геометрический анализ и планирование формообразующих процессов, обеспечивающих необходимое качество трехмерной модели. Отсутствие этапа проектирования приводит к тому, что называется «руки действуют раньше головы». Непродуманные, неоптимальные действия автоматизируются, превращаются в привычку, которая весьма негативно может повлиять на

будущую профессиональную деятельность. Известно, что исправление неправильно сформированных автоматизированных действий является весьма трудоемким процессом [2].

Узкая ориентация на определенную технологию и интерфейс также ограничивает профессиональные возможности будущего специалиста в области трехмерного моделирования, поскольку затрудняет процесс быстрой адаптации к новым более эффективным инструментальным средствам и технологиям.

Чтобы избежать упомянутых выше нежелательных последствий, необходимо выработать ряд принципов, позволяющих сориентировать курс по основам трехмерного моделирования на формирование оптимальных и эффективных профессиональных действий. Для этого предлагается использовать теорию деятельности [4], которая позволяет не только описать модель будущей профессиональной деятельности, но и определить этапы постепенного формирования профессиональных действий, удовлетворяющих заданным критериям качества [2].

## **Цели обучения в контексте деятельностного подхода**

Использование деятельностного подхода как базы для разработки курса по основам трехмерного моделирования означает, что в результате обучения учащиеся должны освоить определенную систему *осознанных и личностно-мотивированных* действий (материальных и интеллектуальных), направленных на создание компьютерной модели трехмерного объекта.

Казалось бы, у многих школьников уже есть личностно-мотивированная направленность на изучение трехмерной графики. Однако чаще всего она обусловлена ассоциацией с играми или с популярной видеопродукцией. На начальных этапах обучения такая направленность может сыграть положительную роль, но в дальнейшем она должна быть подкреплена еще и профессиональной мотивацией, связанной с необходимостью обеспечить функциональность модели. В самом деле, если учащиеся будут пытаться создавать модели только исходя из собственных желаний и представлений, не задумываясь о соответствии моделей *области их применения* (мультипликация, игры, визуализация и др.), то в стороне останутся такие существенные показатели качества будущей разработки, как оптимальность геометрической структуры, точность, выразительность и др.

Осознание предмета деятельности компьютерного моделирования означает не только умение мысленно представить и функционально описать будущую геометрическую модель, но и предварительное понимание (до инструментального этапа) того, какие пространственные преобразования необходимо выполнить, чтобы ее получить. Это понимание базируется на формировании системы умственных действий, позволяющих:

- анализировать геометрическую форму (если моделируется реальный объект);

- проектировать новую форму (если это требуется);
- проектировать трехмерную композицию;
- планировать последовательность инструментальных действий.

Технологическая подготовка в контексте деятельностного подхода предполагает формирование системы оптимальных и эффективных инструментальных действий с широкой ориентировочной основой. Это означает сосредоточение внимания учащихся не на конкретных операциях в интерфейсе, а на *понимании логики его организации* (общих принципов работы, причин объединения различных элементов интерфейса в функциональные группы и т. п.). Широкая ориентировочная основа инструментальных действий дает возможность быстро приспособиться к новым условиям, новым задачам и, конечно, к новым инструментальным средствам.

Итак, использование деятельностного подхода при обучении трехмерному компьютерному моделированию предполагает переход учащихся на более высокий уровень осознания *системной взаимосвязи всех этапов разработки 3D-модели*, а именно:

- связи функциональности модели с ее геометрической реализацией (геометрической структурой, полигональной сеткой);
- связи геометрической формы с процессом формообразования (создаваемая геометрическая форма должна быть представлена в виде совокупности технологически реализуемых геометрических подструктур);
- связи процесса формообразования с конкретными инструментальными действиями в интерфейсе (процесс формообразования может быть спроецирован на инструментальные возможности того или иного трехмерного редактора).

Понимание всех этих взаимосвязей, умение их использовать в практической деятельности является главной целью при обучении компьютерному трехмерному моделированию, достижение которой обеспечивает предпосылки устойчивого профессионального развития учащихся в области трехмерного моделирования.

## **Принципы планирования учебного процесса**

Традиционный подход к планированию учебного процесса состоит в том, что на первом этапе разрабатывается программа курса, содержащая такие компоненты, как цели и задачи обучения, тематический план, описание средств обучения, контроля, оценивания и пр. Рабочая программа является важным документом, который обеспечивает организацию и регламентацию учебного процесса. Однако нельзя утверждать, что хорошо и правильно написанная программа при любых условиях обеспечит нам соответствующий педагогический ре-

зультат. За каждой программой стоит опыт разрабатывающих ее педагогов, на основании которого формулируются темы, определяется порядок их следования, объем необходимых учебных часов и прочие параметры планирования образовательного процесса. Традиционное планирование рассматривает активность преподавателя, его *педагогическое воздействие* на учащихся как достаточное условие для достижения намеченной цели. В планировании же, основанном на деятельностном подходе, акцент должен делаться не столько на действиях преподавателя, сколько *на действиях учащихся*, т. е. на их активности.

Известно, что основным компонентом активности (учебной деятельности) учащихся является решение учебных задач, благодаря которому происходит усвоение новых *способов выполнения действий* [6]. Каждой учебной задаче присущи такие свойства действия, как цель, мотив, ориентировка. Задача фактически представляет собой новое действие, но находящееся еще только на этапе формирования. Поэтому *в качестве базового элемента планирования занятий следует рассматривать именно учебную задачу*. Это касается любого занятия, построенного на основе деятельностного подхода, в том числе занятия по трехмерному моделированию.

Для планирования курса в целом потребуется определить некую *последовательность усложняющихся учебных задач*. Известно, что числовая последовательность в математике может быть задана с помощью правил (формул), которые позволяют получить сколь угодно длинную цепочку чисел. По аналогии с математикой, чтобы получить сколь угодно длинную цепочку усложняющихся учебных задач, необходимо задать некоторые *принципы* этого усложнения, указывающие на то, *что* именно в задаче должно усложняться, т. е. какая ее характеристика или сторона будет в процессе обучения становиться все сложнее и сложнее.

Чтобы ответить на этот вопрос с позиций обучения трехмерному моделированию, вспомним, что для решения задач в этой области необходимо понимание взаимосвязей между целью моделирования, требованиями к разработке, геометрической структурой модели, процессом формообразования и цепочкой инструментальных действий в интерфейсе. Каждый из этих компонентов может усложняться от задачи к задаче и приводить к усложнению других компонентов. Например, чем сложнее геометрическая структура, тем сложнее процесс формообразования, что в свою очередь приводит к усложнению инструментальных операций. Однако, как уже говорилось ранее, принципиально важно отказаться от задач, ориентированных на изучение инструментальных средств. Весьма проблематично строить последовательность задач и на ужесточении требований к разработке. Например, кто может сказать, какая модель является более сложной с точки зрения требований: модель персонажа для компьютерной игры или 3D-реставрация исторического объекта. Кроме того, часто бывает, что учащиеся приходят заниматься трехмерным моделированием, вообще не осознавая того,

зачем они это делают. Качество 3D-модели изначально оценивается ими чисто внешне (реалистичность, сложность, необычность), а технологическая эффективность и функциональность являются незнакомыми понятиями даже на интуитивном уровне. Необходимость обсуждения таких требований многим может показаться сомнительной (особенно для тривиальных задач типа «поместить на сцену куб и пирамиду»), поскольку модели создаются не для профессиональных, а для учебных целей. Поэтому *в качестве основного принципа построения последовательности учебных задач для курса «Основы трехмерного моделирования» был выбран принцип постепенного усложнения геометрической формы проектируемой модели.*

Очевидно, что с позиций моделирования сложность геометрической формы определяется сложностью *цепочки формообразующих операций*. В процессе обучения учащиеся должны научиться выполнять эти операции как во внутреннем плане (на этапах анализа задачи и планирования ее решения), так и во внешнем плане (на этапе инструментальной реализации).

Можно указать по крайней мере **два способа усложнения** моделируемых форм и соответствующих им формообразующих операционных структур от задачи к задаче. Первый из них связан с постепенным включением естественного, реального опыта в сферу виртуальных операций, а второй — с освоением специфики автоматизированных манипуляций с геометрическими объектами в виртуальной среде. Используя первый способ, двигаясь от задачи к задаче, учащиеся как бы заново и в той же последовательности воспроизводят «ручные» операции моделирования, с помощью которых они осваивали формы реальных физических объектов, играя в кубики, занимаясь лепкой и конструированием. Далее, в соответствии со вторым способом, перед ними уже могут быть поставлены задачи, в которых необходимо применять разнообразные средства автоматизации для обеспечения производительности, нового качества и эффективности реализации моделей.

Ориентация последовательности учебных задач на усложнение формы и интериоризированные операции формообразования (формообразующий компонент) совсем не означает, что другие компоненты деятельности, такие как направленность на достижение запланированной функциональности модели (целевой компонент) или обучение работе с конкретными пакетами 3D-моделирования (инструментальный компонент), останутся без внимания. Эти компоненты деятельности также могут развиваться в процессе решения последовательности задач, ориентированной на усложнение формы. Возможность такого развития будет продемонстрирована далее.

## Последовательность учебных задач

Рассмотрим теперь основные группы усложняющихся учебных задач именно в том порядке, в котором они будут появляться в учебном процессе.

### 1. Задачи на моделирование из геометрических примитивов

К этой группе относятся задачи, в которых требуется разработать новую модель или представить существующую форму из *готовых* фигур, таких как параллелепипед, сфера, цилиндр, пирамида и прочих, называемых обычно геометрическими примитивами.

Решая этот класс задач на формообразование, учащиеся могут во многом опереться на свой опыт представления форм в виде соединения простых (неделимых) объектов, который начинает формироваться еще с раннего детства при построении конструкций и композиций из кубиков, игрушек, специальных модульных элементов и т. п. К моменту обучения трехмерному моделированию координационные схемы, необходимые для выполнения указанных действий, уже достаточно хорошо усвоены. Наиболее сложной задачей на первом этапе обучения будет перенесение указанных схем в новую среду, где привычная визуальная сенсорика и формообразующая активность в трехмерной среде должны быть распределены между проекциями или организованы с помощью вспомогательных средств типа пространственных маркеров, осей и пр., обеспечивающих выполнение трехмерных виртуальных операций в проекции. Основными осваиваемыми операциями являются: изменение поля и угла зрения, перемещение, поворот, масштабирование, а также точное позиционирование и объединение геометрических примитивов.

Степень геометрической сложности моделируемых объектов для задач рассматриваемого типа существенно зависит от количества и разнообразия примитивов, используемых при моделировании. Чтобы выбрать множество примитивов, которые нужны для создания заданной формы, должен быть проведен анализ формы. Данный процесс может быть организован по-разному. На самом примитивном уровне это простой перебор вариантов по принципу «подойдет — не подойдет». Требование осознанности процесса деятельности приводит к более осмысленным и более направленным методам проектирования, среди которых стоит отметить часто используемый метод пошаговой детализации.

Согласно этому методу, сначала на самом верхнем уровне моделируемый объект или сцена представляется как совокупность простых фигур-примитивов. Далее, на следующих уровнях форма каждой из этих простых фигур может быть по необходимости детализирована (уточнена), например, представлена в свою очередь набором простых фигур или геометрически модифицирована с помощью стандартных процедур.

Овладение способностью многоуровневой детализации сложных моделей является основой для развития умений оптимизировать и повышать эффективность процесса моделирования за счет использования на определенном этапе разработки типовых модульных решений.

Итак, на первом этапе обучения школьникам целесообразно предложить разрабатывать 3D-модели исключительно на основе геометрических примитивов. Заметим, однако, что такой тип моделирования имеет ограниченную область применения (в частности, он не может быть использован для создания моделей со сложными поверхностями, присущими, например, органическим формам). В связи с этим возникает вопрос о выборе такой тематики учебных задач, чтобы школьникам, во-первых, было интересно их решать, а во-вторых, чтобы они могли более или менее адекватно оценить качество результата моделирования. Ясно, что это должны быть задачи, заведомо допускающие схематичность разрабатываемых моделей. К этому классу можно отнести модели детских игрушек, принципиально имеющих упрощенную форму по сравнению с реальными объектами, а также модели различных предметов и технических устройств, в основе которых лежат комбинации простых геометрических форм (столы, табуретки, ящики, модульные конструкции, манипуляторы, роботы и т. п.). Кроме этого, с помощью геометрических примитивов можно создавать визуализации схем и структур, в которых принципиально важным является взаимная геометрическая ориентация, соединение или соподчинение входящих элементов (модели организационных структур, химических соединений и пр.).

## **2. Задачи на модифицирующие преобразования**

Задачи на модифицирующие преобразования предполагают создание моделей на основе изменений геометрической структуры полигональной сетки. Для объяснения этих преобразований полигональную сетку можно описать как некоторый *виртуальный материал*, из которого создается трехмерная форма. При этом желательно опереться на опыт учащихся, связанный с изготовлением поделок из таких материалов, как пластилин, листовой металл, бумага, проволока и др.

Визуально-пространственные модифицирующие (дифференцирующие) операции, которые необходимо освоить школьникам для решения задач второй группы, принципиально отличаются от операций, используемых на предыдущем этапе обучения. Начиная решать такие задачи, учащиеся уже не имеют в своем распоряжении готовые структурные элементы будущей формы, которые в дальнейшем надо просто соединить. Сначала они должны выбрать или создать необходимую *заготовку*, из которой *может* получиться то, что нужно. Учащиеся должны как бы увидеть будущую форму внутри заготовки. Так же как из куска

пластилина с помощью выдавливания, сплющивания, отсечения кусков и тому подобных процедур можно сделать разнообразные фигуры, так и из 3D-заготовки, сделанной из такого специфического материала, как полигональная сетка, воздействуя на всю заготовку либо на отдельные ее узлы, грани, ребра, можно создать новую модель.

Особенностью полигональной сетки как материала является то, что степень ее гибкости и «податливости» различным модификациям принципиально зависит от ее геометрической структуры и, прежде всего, от вида и числа полигонов. Чем больше полигонов, тем точнее и реалистичнее может быть смоделирована форма. В то же время это число желательно минимизировать, поскольку от него существенно зависит время визуализации компьютерной модели. Поэтому при решении задач второй группы уже необходимо обращать внимание учащихся на оптимальность структуры полигональной сетки.

Освоение работы с полигональной сеткой лучше всего начать с задач, в которых учащиеся начинают работать непосредственно с элементами ее структуры (плоскостями, ребрами, вершинами). Некоторые простые формы, которые до этого создавались только за счет соединения геометрических примитивов, теперь могут быть сделаны иначе (иногда быстрее), если их создавать с помощью непосредственного редактирования сетки. Так, например, модель стола получается из одной заготовки (столешницы), из которой «выдавливаются» четыре ножки.

В дальнейшем можно показать учащимся, что получение сложных форм (например, форм с криволинейными поверхностями) с помощью поочередной ручной обработки вершин, ребер или граней является весьма трудоемким процессом, что приводит к необходимости изучать и использовать при решении задач новые инструментальные средства — автоматические модификаторы (сглаживание, изгиб, скручивание, выдавливание и др.).

Тематика задач второй группы весьма разнообразна. Она в основном связана с моделированием объектов, которые в реальном мире изготавливаются из одного материала с помощью лепки, чеканки,ковки, рихтовки и других подобных технологий, а также с моделированием некоторых природных и органических форм.

Полученные при моделировании объекты могут использоваться в дальнейшем как своего рода «детали» для более сложных *моделей-сборок*. Хотя, строго говоря, задачи на модели-сборки уже являются некоторым гибридом задач первой и второй группы. Тематически они охватывают широкий класс моделей природных и технических объектов. В процессе анализа таких моделей учащиеся должны определить, какие геометрические подструктуры нужно создавать как детали моделирования, а какие — собирать из этих деталей. В общем виде эта проблема не имеет решения, что дает повод обсуждать с учащимися проблемы оп-

тимальности геометрической структуры в контексте того или иного функционального назначения модели.

### **3. Задачи на моделирование на основе преобразования форм**

Решение задач этой группы базируется на применении автоматизированных формообразующих процессов, в которых новая форма является некоторой функцией одной или нескольких исходных форм. Суть этого способа моделирования можно объяснять на основе таких процессов, как лепка на гончарном круге, обтягивание твердого каркаса пластичным материалом, штамповка и т. п.

Автоматизация создания новой формы наряду с упрощением рутинных операций одновременно создает и ряд сложностей при моделировании. У учащихся уже нет ни исходного набора примитивов, ни заготовок, благодаря которым они могли бы попытаться представить процесс формообразования. Чтобы понять, можно ли с помощью применения того или иного автоматизированного средства получить нужную форму, им нужно уметь выполнить в уме обратное преобразование от целевой формы к исходным формам (форме), а также учесть при этом зависимость результата от ряда начальных параметров. Сложности, которые учащимся при этом приходится преодолевать, можно сравнить со сложностями, возникающими у ребенка, пытающегося по узору в калейдоскопе, получившемуся из-за многократного зеркального отражения стеклышек, определить исходное расположение этих стеклышек в трубке. Даже при создании тел вращения, которые, казалось бы, легко сопоставить с известным процессом лепки на гончарном круге, часто возникают трудности, связанные с определением формы кривой, которую необходимо вращать, или с пониманием зависимости формы от положения оси вращения.

Если процесс, который автоматически происходит при получении новой формы в трехмерном редакторе, не осознан, задача моделирования превращается в долгий подбор форм и параметров методом «тыка». Поэтому необходимо объяснять учащимся скрытый алгоритм преобразований или как минимум фиксировать их внимание на влиянии исходных данных на получившийся результат.

Для третьей группы характерными являются задачи на моделирование объектов типа тел вращения (тарелки, вазы, чашки), объектов, полученных на основе сечений (корпуса надводных, подводных, воздушных кораблей), а также объектов с регулярными подструктурами, построенными по направляющим (винтовые лестницы, например).

### **4. Задачи на разработку динамичных форм, связанных с физическими процессами**

К четвертой группе относятся достаточно специфичные задачи трехмерного моделирования. Они нацелены на создание текучих, мобильных форм, таких как формы жидкости, дыма, песка, тканей, пламени и т. п. В соответствии с законами физики эти формы существенно зависят от направления и степени воздействия внешних сил: ветра, силы тяжести и др.

Процесс создания таких нестабильных форм автоматизирован и полностью определяется исходными параметрами. Эти модели уже нельзя представить как некоторое *направленное* преобразование исходной формы. Основную роль здесь играет геометрия пространства возмущений, его параметры, а также структура и положение объекта, подвергающегося воздействию. При изучении динамичных форм учащиеся в какой-то степени могут опираться на личный опыт (например, все визуально представляют, что от силы и направления ветра зависит форма дыма, идущего из трубы). В то же время специфика реализации моделей динамичных процессов в виртуальном пространстве требует отдельного их изучения, которое даже можно организовать в форме экспериментов. Цель таких экспериментов — осознание зависимости визуального отображения динамического процесса от изменения входных параметров.

Очевидно, что самостоятельных осмысленных задач на моделирование, в которых используются исключительно динамические модели, не существует. Реалистичность трехмерной сцены, которая достигается за счет включения в нее динамических моделей, по всей видимости, является наиболее важным критерием качества такого рода моделирования. Однако нужно всегда учитывать, что здесь, как и в моделях, построенных на основе полигональных сеток, обратной стороной реалистичности выступает необходимость больших вычислительных затрат. В то же время учащиеся никак не могут повлиять на вычислительные затраты, связанные с качеством моделирования самих физических процессов. Их задача, опираясь на понимание сути моделируемых явлений, правильно расставить соответствующие объекты на сцене, а также грамотно задать необходимые параметры.

## **5. Профессионально ориентированные задачи**

Решение учебных задач из первых четырех групп позволяет учащимся постепенно освоить и научиться выполнять в уме основные типы виртуальных формообразующих действий. Задачи же, входящие в пятую группу, направлены на достижение несколько иных целей. Их решение в первую очередь должно способствовать тому, чтобы школьники научились использовать изученные операционные структуры формообразующих действий как ориентировочную основу третьего типа [2] на всех этапах разработки трехмерной модели —

от проектирования до реализации. Это позволит сформировать предпосылки для их выхода на путь профессионального саморазвития в области 3D-моделирования.

Есть несколько существенных отличий профессионально ориентированных задач от обычных учебных задач.

Прежде всего, профессионально ориентированные задачи должны быть направлены на получение результатов, которые являются значимыми вне рамок учебного процесса, что позволит поднять мотивацию действий на новый качественный уровень. Направленность задач на результат означает, что при их решении внимание учащихся в первую очередь должно быть обращено на связь геометрии модели с ее *функциональностью*. Иными словами, *учащиеся должны научиться строить свою работу, ориентируясь прежде всего на то, где и как будет использоваться их модель*. Для формирования широкой ориентировочной основы действия требования, которые предъявляются к разрабатываемым моделям, должны быть максимально разнообразны. Например, для наглядных пособий наиболее важна понятность, а для мультипликационных персонажей и сцен — максимальная выразительность при минимальном количестве полигонов.

При решении профессионально ориентированных задач понимание функциональности модели является отправной точкой для организации остальных этапов разработки. В частности, оно может сразу определить выбор того или иного технологического пути ее реализации, заключающегося в использовании специализированного пакета и отработанных методик моделирования. Например, для решения задач эскизного технического и архитектурного моделирования (создание технических конструкций, планировок, интерьеров) используется Sketch-моделирование в пакетах типа Google SketchUp. При этом во главу угла ставятся конструктивные особенности формы, ее точность, детализировка и технологичность.

В том и только том случае, когда требуемая геометрия и функциональность модели *не могут* быть реализованы с помощью известных методов и инструментальных средств, должен ставиться вопрос о поиске и изучении *новых* подходов и технологий. Например, геометрическая структура полигональной сетки моделей движущихся персонажей в компьютерных играх должна обеспечивать функцию быстрой прорисовки, в то же время такая модель должна иметь достаточно привлекательный вид. Одним из технологических решений, являющимся компромиссом для этих двух противоречивых функциональных требований, является использование неравномерных (multi-resolution) сеток. Неравномерные сетки позволяют организовать процесс моделирования по принципу «от грубого к точному», в соответствии с которым сетка с высоким разрешением применяется только там, где это необходимо для передачи особенностей формы. Для применения указанного подхода, возможно, понадобится дополнительно изучить те пакеты, где есть его реализация (Z-Brush, Blender).

В процессе решения профессионально ориентированных задач может потребоваться не только изучение новых видов формообразующих технологий, но и овладение дополнительными техническими решениями, позволяющими повысить эффективность процесса разработки сложных моделей. К таким решениям относятся, в частности, использование слоев, позволяющих удобно работать с различными компонентами модели, а также создание иерархических структур, которые являются практическим результатом внедрения в проектирование метода пошаговой детализации, о котором уже ранее шла речь.

Заметим, что профессионально ориентированный подход к моделированию, идущий от функциональности модели и формообразующих операций к технологиям, может способствовать развитию у учащихся быстрой адаптации к интерфейсу новой инструментальной среды трехмерного моделирования. Если для изучения незнакомого интерфейса учащиеся научатся в качестве ориентировочной основы использовать последовательность формообразующих операций, соединяя ее с логикой организации интерфейса, выраженной в терминах этих операций, то в результате они получают схему действий (последовательность опорных точек в виде выбора пунктов меню, горячих клавиш, манипуляций с мышкой и пр.). Эта способность позволит в дальнейшем непрерывно совершенствовать технологическую подготовку учащихся.

Оставаясь в контексте общих принципов, изложенных выше, **можно в дальнейшем значительно расширить описанные ранее группы задач:**

- задачи первого типа, в которых модель создается на основе готовых фигур, могут усложняться за счет необходимости использования новых библиотек примитивов (уже существующих или специально созданных учащимися);
- задачи второго типа могут требовать более сложных способов и видов преобразований геометрических поверхностей, включая дополнительные модификаторы и сплайн-преобразования типа NURBS<sup>1</sup>;
- использование разнообразных автоматических взаимодействий и привязок форм (каркасов форм типа костей, направляющих, отвечающих за различные преобразования, и пр.) будет характерно для задач третьей группы;
- четвертая группа будет пополняться задачами, решение которых включает новые физические модели, описывающие воздействие сил, полей, кинематических цепочек на жидкие, твердые и мягкие материалы, а также на системы частиц;

---

<sup>1</sup> NURBS, Non-uniform rational Bezier spline (неоднородный рациональный сплайн Безье) — математическая форма, применяемая в компьютерной графике для генерации и представления кривых и поверхностей; является частным случаем сплайнов Безье (B-сплайнов).

- итоговые задания, относящиеся к пятой группе задач, должны быть связаны с выполнением творческих заданий, целью которых является разработка моделей, предназначенных для создания анимации, визуализаций, реконструкций, игр и пр. Такие задачи могут решаться и на учебных занятиях, и самостоятельно дома, а также в процессе проведения различных творческих конкурсов по 3D-графике.

## **Практика использования деятельностного подхода**

Описанный выше деятельностный подход был применен на практике при проектировании курса «**Основы трехмерного моделирования**» (96 часов), который уже в течение нескольких лет преподается в Детско-юношеском компьютерном центре при Санкт-Петербургском национальном исследовательском университете информационных технологий, механики и оптики (ДЮКЦ ИТМО). Для проведения занятий были разработаны методические материалы: сборник задач, состоящий из пяти разделов (в соответствии с перечисленными выше группами задач); демонстрационные материалы; электронные уроки и пособия.

Опыт внедрения деятельностного подхода в конкретную практику изучения трехмерной графики в системе внешкольной работы дал возможность сформулировать ряд рекомендаций, которые можно использовать при разработке методики занятий. Данные рекомендации касаются разных компонентов занятия, но прежде всего его структуры, в которой, как уже было сказано, *процесс решения учебной задачи играет ведущую роль*.

Этот процесс целесообразно организовать таким образом, чтобы он включал в себя следующие **этапы**:

- постановка задачи и формулировка требований к разработке (мотивация и определение цели);
- анализ геометрической формы и определение формообразующих операций (проектирование, выбор операционных структур);
- реализация формообразующих операций с помощью инструментальных средств (исполнение и контроль операций).

На каждом из этих этапов учащимся следует объяснять системную взаимосвязь между целью моделирования, требованиями к разработке, геометрической структурой модели, процессом формообразования и цепочкой инструментальных действий в интерфейсе. В зависимости от стадии обучения делается *акцент* на том или ином этапе разработки. Так, на начальной стадии обучения основное внимание учащихся должно быть направлено на анализ формы и на связь результатов этого анализа с процессом формообразования. А на завершающих стадиях все большую роль начинает играть грамотное определение цели

моделирования и функциональности модели, а также оптимальность всех действий, связанных с разработкой, вплоть до эффективной инструментальной реализации.

Как показал опыт, значительную часть времени необходимо потратить на то, чтобы приучить учащихся осознанно выполнять этап проектирования. На этом этапе школьники делают эскизы будущих моделей, во многом опираясь на знания, полученные в школе на уроках рисования и черчения. Особые требования к выполнению эскизов (соблюдению стандартов, количеству и типам проекций) могут не выдвигаться, поскольку предварительный уровень подготовки школьников по рисованию и черчению, как правило, абсолютно разный. Главное на этапе проектирования то, что учащиеся до этапа реализации самостоятельно или совместно с преподавателем могут обдумать форму и технологию будущей модели. Именно этап проектирования должен быть мотивационной основой для поиска новых подходов к формообразованию, для овладения новыми технологиями. Иными словами, школьник должен понять, что инструменты нужно изучать и использовать только тогда, когда без них невозможно решить задачу или же когда необходимо существенно упростить процесс ее решения. Таким образом, происходит становление привычки подбирать инструмент под задачу, а не наоборот. Учащийся *начинает мыслить в терминах формообразования*, а не инструментального средства. Тем самым в дальнейшем облегчается переход от использования одного 3D-пакета к другому.

Последнее, на что следует обратить внимание при разработке методики конкретного занятия, — развитие таких свойств действий, как самоконтроль и критичность, которые связаны с умением самостоятельно проверять правильность выполняемого действия и оценивать его результат, сравнивая его с первоначальным проектом.

Если на первых этапах оценивающие и контролирующие операции входят лишь как элементы начальных формообразующих и инструментальных действий, то на этапе профессионально ориентированных задач в общей структуре деятельности появятся контрольно-оценочные подструктуры, существующие на уровне осознанных умственных действий, благодаря которым учащиеся научатся доказательно оценивать и обсуждать как процесс, так и результат своей деятельности.

## **Заключение**

Использование деятельностного подхода для разработки курса по основам трехмерного компьютерного моделирования на основе системы усложняющихся задач на формообразование, а также опыт внедрения этого подхода в ДЮКЦ ИТМО [7] демонстрируют возможность направленного формирования грамотных профессиональных действий с самого начала обучения. Принцип усложнения, лежащий в основе системы

заданий, позволяет менять сложность задач в достаточно широком диапазоне. Тем самым обеспечивается возможность подбора заданий, соответствующих зоне ближайшего развития учащихся группы, и нивелируется разброс по уровню подготовки учащихся, что весьма положительно сказывается на мотивации. Указанное соответствие дает эффект развития пространственно-визуальных способностей, который был зафиксирован исследовательской группой [8].

Ориентация учащихся при решении задач прежде всего на выполнение формообразующих операций во внутреннем плане, а не на интерфейс позволяет им преодолеть традиционные и уже, к сожалению, шаблонные подходы, при которых они «привязываются» к определенному инструментальному средству (3DS MAX, Blender, Maya и пр.) и мыслят в его терминах, плохо понимая геометрическую сущность задачи.

Овладение базовыми профессиональными навыками способствует повышению мотивации учащихся, что, в свою очередь, сказывается на их желании реализовывать более сложные проекты и профессионально совершенствоваться в направлении 3D-графики.

Проекты учащихся демонстрировались на конференциях и фестивалях по компьютерной графике различного уровня, таких как ГРАФИКОН, КОТ [5] и др. Часть учащихся, прошедших подготовку в ДЮКЦ ИТМО, продолжают свое профессиональное развитие на кафедре инженерной и компьютерной графики Санкт-Петербургском национальном исследовательском университете информационных технологий, механики и оптики уже в качестве студентов.

## **Литературные и интернет-источники**

1. 3D MAX Уроки. 3D Уроки для начинающих, уроки V-ray. <http://3deasy.ru>
2. *Гальперин П. Я.* Лекции по психологии: учебное пособие. М.: Книжный Дом «Университет», 2007.
3. *Кротова А. Ю.* 3ds Max 2009 для начинающих. СПб.: БХВ-Петербург, 2009.
4. *Леонтьев А. Н.* Деятельность. Сознание. Личность. М.: Смысл; Академия, 2004.
5. Фестиваль студентов и школьников «Компьютер и творчество». <http://fkot.spb.ru>
6. *Эльконин Д. Б.* Избранные психологические труды / под ред. В. В. Давыдова, В. П. Зинченко. М.: Педагогика, 1989.
7. *Lokalov V. A.* Children's computer club as an example of non-formal educational system in the field of informatics // Journal of International Scientific Publication: Educational Alternatives. 2014. Vol. 12.

8. *Makhlay D. O., Lokalov V. A., Klimov I. V.* The development of visual thinking in learning computer 3D modeling // Journal of International Scientific Publication: Educational Alternatives. 2014. Vol. 12.