

Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования  
Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники

УДК 519.233+519.876.5

АЛЕКСЕЕВА  
Тамара Александровна

**КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ АДАПТИВНО  
ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**

**АВТОРЕФЕРАТ**

на соискание степени магистра технических наук  
по специальности 1-36 80 08 Инженерная геометрия и компьютерная графика

Научный руководитель  
канд. технических наук, доцент  
Киселевский Олег Сергеевич

---

Минск 2018

Работа выполнена на кафедре инженерной и компьютерной графики учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»

Научный руководитель:

**Киселевский Олег Сергеевич,**

кандидат технических наук, доцент кафедры инженерной и компьютерной графики учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»

Рецензент:

**Калтыгин Александр Львович,**

кандидат технических наук, доцент кафедры инженерной графики учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет»

Защита диссертации состоится «21» июня 2018 г. года в 10<sup>00</sup> часов на заседании Государственной комиссии по защите магистерских диссертаций в учреждении образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» по адресу: 220013, г.Минск, ул. П.Бровки, 4, 2 уч. корп., ауд. 517, тел.: 293-89-92, e-mail: [kafei@bsuir.by](mailto:kafei@bsuir.by).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники».

## **ВВЕДЕНИЕ**

Непрерывно возрастающая необходимость совершенствования радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) является следствием высоких темпов научно-технического прогресса. В процессе их создания в настоящее время тесно переплетаются вопросы схемотехники, конструкции, технологии. Резко возросли требования к максимальному сокращению времени, затрачиваемого на весь цикл разработки изделий РЭА. Создаваемые изделия должны быть высокого качества, технологичны и конкурентоспособны. При этом высокая степень интеграции отдельных узлов РЭА и сложность инженерных решений обуславливают применение автоматизированных и автоматических методов в процессе их разработки. То есть, современное конструирование - это непрерывный творческий процесс на основе диалога человека с ЭВМ.

При построении систем автоматизированного проектирования (САПР) изделий РЭА и ЭВТ значительная роль отводится САПР созданию конструктивному моделированию изделия. На протяжении многих лет уровень интереса к этим системам достаточно высок.

Программное обеспечение параметрической системы автоматизированного проектирования (САПР) используется в первую очередь при разработке и производстве современных механических изделий. В параметрическом САПР [1,2] конструкторы определяют размер, форму и положение геометрических элементов и компонентов сборки с точки зрения числовых и не числовых параметров., конструкцию можно легко доработать, путем изменения значения параметров. Два вычислительных механизма, переплетенных в текущем параметрическом программном обеспечении, используются для управления геометрией из входных параметров:

Параметрические операции, такие как вытягивание и объединение, которые строят геометрические объекты, удовлетворяющие подразумеваемым ограничениям, наложенным, когда пользователь выбирает операцию и ее входные данные,

Геометрическое решение ограничений, которое перемещает и масштабирует геометрические объекты в эскизах и сборках, удовлетворяющие ограничениям, которые явно накладываются на них пользователем.

В настоящей работе рассматривается возможность разработки критериев и методик оценки эффективности использования САПР на основе интуитивной усвояемости интерфейса следующих программ Autodesk Inventor, Creo Parametric, SolidWorks, Compas-3D.

## **ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ**

### **Актуальность темы исследования**

Актуальность выбранной тематики подтверждается опытом использования и эксплуатации современных автоматизированных систем разработки РЭУ. Важным вопросом становится выбор программного продукта для проектирования изделий, а также проблемой является исследование удобства интерфейса систем автоматизированного проектирования (САПР). Современные изделия достигают невероятного уровня сложности. Практически любая инновационная конструкция объединяет в себе механические, электрические, программные и сетевые части, что требует комплексного, многопрофильного подхода к ее разработке. Для того чтобы побеждать в конкурентной борьбе, изделие необходимо вывести на рынок быстрее, с более высоким качеством, низкими затратами на производство и максимумом востребованных функций.

От удобства интерфейса САПР зависит эффективность его использования, простота освоения персоналом предприятия, оперативность решаемых производственных и конструкторских задач.

В подавляющем большинстве в инженерно-конструкторских системах проектирования заложены одинаковые принципы геометрического твердотельного моделирования. То есть трудоёмкость освоения принципов геометрического моделирования не зависит от конкретного программного приложения, реализующего эти принципы. Изучение этих принципов может быть вынесено за рамки изучения конкретного программного продукта.

### **Цель и задачи исследования**

Целью диссертации является разработка критериев и методов оценки эффективности использования САПР на основе интуитивной освоенности интерфейса.

В соответствии с поставленной целью решались следующие задачи:

1. Определение пользовательского интерфейса.
2. Анализ пользовательского интерфейса программ твердотельного моделирования.
3. Разработка типового задания и постановка эксперимента.

### **Предмет исследования**

Предметом исследования является процесс обучения и восприятия студентами интерфейса программ твердотельного моделирования

### **Область исследования**

Содержание диссертационной работы соответствует образовательному стандарту высшего образования второй ступени (магистратуры) специальности 1-39 80 08 «Инженерная геометрия и компьютерная графика».

## **Теоретическая и методологическая основа исследования**

В основу диссертации легли результаты известных исследований российских и белорусских ученых в области электронных устройств и автоматизированного проектирования.

Для получения результатов исследования использовались методы и логические алгоритмы построения детали, а также результаты экспериментального исследования.

**Информационная база** исследования сформирована на основе литературы, открытой информации, технических нормативно-правовых актов, сведений из электронных ресурсов, а также материалов научных конференций и семинаров в данной области.

**Научная новизна** диссертационной работы заключается в предложении нового метода обучения студентов твердотельному моделированию.

**Теоретическая значимость** диссертации заключается в том, что в ней **предложен алгоритм последовательности ознакомления и изучения программ параметрического проектирования.**

**Практическая значимость** диссертации состоит в том, что на основе предложенного алгоритма может быть разработана программа обучения студентов твердотельного моделирования методом интерактивного знакомства имеющихся САПР с последующим углубленным изучением.

## **Апробация и внедрение результатов исследования**

Результаты исследований, вошедшие в диссертацию, докладывались и обсуждались на конференции: 54-я научно-техническая конференция аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР.

## **Опубликование результатов диссертации**

Изложенные в диссертации основные положения и выводы опубликованы в 1 печатной работе. Статья вошла в сборник материалов научных конференций.

## **Структура и объем работы.**

Структура диссертационной работы обусловлена целью, задачами и логикой исследования. Работа состоит из введения, трёх глав и заключения, библиографического списка и приложений. Общий объем диссертации – 63 страницы. Работа содержит 40 рисунков. Библиографический список включает 28 наименований.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

Во **введении** рассмотрено современное состояние параметрических САПР и определены основные направления, поставлены задачи исследования, рассмотрены объект и предмет исследования.

В **общей характеристике работы** сформулированы ее цель и задачи, показана связь с научными программами и проектами, даны сведения об объекте исследования, представлены положения, выносимые на защиту,

приведены апробации результатов диссертации и их опубликованность, а также, структура и объем диссертации.

В **первой главе** рассматриваются виды существующих интерфейсов с подробным описанием, а также выделяется определение пользовательского интерфейса.

Во **второй главе** проводится взаимосвязь человеческого восприятия информации с пользовательский интерфейс. Описываются особенности человеческой памяти и выделяются основные критерии качества пользовательского интерфейса.

Взаимодействие пользователя с системой (не только компьютерной) состоит из следующих шагов:

1. Формирование цели действий.
2. Определение общей направленности действий (отработка алгоритма решения).
3. Определение конкретных действий.
4. Выполнение действий.
5. Восприятие нового состояния системы.
6. Интерпретация состояния системы
7. Оценка результата.

Для анализа и изучения интерфейсов используются как количественные, так и эвристические методы. С помощью наблюдения за тестированием нового интерфейса с участием пользователей опытный разработчик интерфейсов может получить достаточно ценной информации, как и с помощью методов количественного анализа. Но у количественных оценок есть некоторые преимущества – это быстрота расчета эффективности пользовательского интерфейса, возможность его автоматизации и отсутствие использования дополнительных ресурсов, в том числе привлечения пользователей.

Целью акцентирования внимания на методах количественной оценки в работе не является нивелирование значимости качественных методов, а скорее поиск баланса между ними и демонстрация ценности численных и эмпирических методов, использованием которых разработчики часто пренебрегают. Существующие количественные методы также имеют ряд недостатков, но часто они могут свести спорные вопросы к простым объективным вычислениям.

Стоит отметить, что, несмотря на актуальность проблемы оценки качества пользовательского интерфейса, до сих пор не разработаны полностью формализованные методы, позволяющие подойти к проблеме комплексно.

В **третьей главе** представлены основные сведения программ параметрического моделирования программные продукты такие как, Autodesk Inventor, Creo Parametric, AutoCAD, КОМПАС-3D, SolidWorks с рассмотрением их интерфейсов с результатом экспериментальных работ.

Выделяются следующие основные области:

- 1) графическая область - рабочая область построения объектов;
- 2) лента;
- 3) браузер;
- 4) панель навигации;
- 5) отслеживающее меню;
- 6) панель быстрого доступа.

Лента содержит вкладки и соответствующие им инструменты. По умолчанию она располагается в верхней части окна во всех программах. Эти основные области и есть основные элементы пользовательского интерфейса программ параметрического моделирования.

Изучая программные продукты такие как, Autodesk Inventor, Creo Parametric, AutoCAD, КОМПАС-3D, SolidWorks мы можем видеть схожесть и одинаковое назначение тех или иных панелей инструментов, рабочих областей и т.д.

Обнаружив схожесть и отличия интерфейсов программ, а именно – удобство юзабилити интерфейса получаем необходимость разработки методики их выявления. Чему посвящена глава 4.

**В четвертой главе** описывается постановка эксперимента. Главной целью эксперимента является постановка и проверка гипотезы о том, что удобство освоения интерфейса студентом, имеющим базовые знания о твердотельном моделировании можно оценить количественно. Для этого необходимо определить количественные факторы оценки.

Предположим, что критерием эффективности интерфейса является скорость выполнения работы. Взаимодействие пользователя с системой (не только компьютерной) состоит из следующих шагов:

1. Формирование цели действий.
2. Определение общей направленности действий (отработка алгоритма решения).
3. Определение конкретных действий.
4. Выполнение действий.
5. Восприятие нового состояния системы.
6. Интерпретация состояния системы
7. Оценка результата.

Из этого списка становится видно, что процесс размышления занимает почти все время, в течение которого пользователь работает с компьютером. Во всяком случае, шесть из семи этапов полностью заняты умственной деятельностью. Соответственно, повышение скорости этих размышлений приводит к существенному улучшению скорости работы. Таким образом постановка эксперимента преследует две приоритетные цели:

- составить контрольные группы из респондентов с приблизительно равными субъективными возможностями;
- разработать методику оценки суммарной величины ( $T_{\text{физ.}} + T_c$ ) с минимальным влиянием посторонних факторов.

В качестве эксперимента была взята группа студентов, ранее не знакомых ни с одной из программ САПР.

Группа студентов проходила обучение, которое длилось три академических часа. В течение первого часа (45 минут) респонденты знакомились с интерфейсом программы Autodesk Inventor и принципами твердотельного моделирования. В течение второго – выполняли одинаковые задания, воссоздавали геометрическую форму простой детали по её аксонометрической проекции. В целях минимизации времени ( $T_{\text{воспр.}}$ ), затрачиваемого на чтение чертежа задание выдавалось в виде аксонометрической проекции с нанесёнными размерами.

В течение третьего часа студенты выполняли индивидуальное задание средней сложности. Сложность геометрической формы подразумевала построение модели не более чем из 5 простейших геометрических примитивов.

Студенты успешно и плохо выполнившие задание отсеивались.

В ходе работы по десятибалльной шкале оценивалась логика построений, грамотное использование проекционной и справочной геометрии, правильность выбора базовой точки и плоскостей симметрии. Кроме того, учитывалось время выполнения задания каждым студентом. Студентам, прошедшим отбор, предстояло выполнить контрольное задание - построение детали в другой программе на выбор Creo Parametric, SolidWorks, Compas-3D.

Результаты эксперимента показаны на диаграмме в координатах «Время выполнения задания – качество выполнения» (рисунок 1). Статистическая обработка результатов позволила выявить группу студентов с приблизительно равными способностями к освоению геометрического моделирования (центральная, выделенная белым цветом, часть диаграммы).

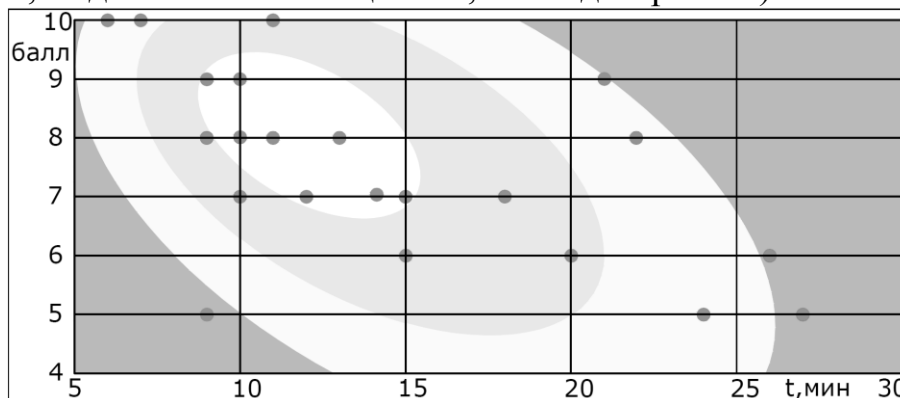


Рисунок 1 – Результат эксперимента

Таким образом, была отобрана группа студентов, обладающих приблизительно равными способностями к освоению методов твердотельного моделирования. После освоения студентами этой группы базовых принципов



твердотельного моделирования, им было предложено применить свои знания в альтернативном ПО, с незнакомым интерфейсом. В данном случае, после ознакомления с твердотельным моделированием на базе Autodesk Inventor, студенты должны были воссоздать модель знакомой им детали в Solid Works. Аналогичный эксперимент проводился для других пар ПО.

Результаты эксперимента позволили выявить пары ПО, вызвавшие наименьшие затруднения у студентов. На основании этих результатов была рекомендована следующая последовательность в изучении программ:

1. Autodesk Inventor;
2. SolidWorks;
3. Creo Elements/Pro и др.

После проведения эксперимента, получили комплект деталей построенных в разных программах, который можно использовать в качестве пособия к обучению студентов.

В заключении можно сделать вывод, что на первой ступени высшего технического образования не целесообразно изучать адаптивно параметрическое моделирование. Первая ступень должна включать в себя изучение основ черчения (Autodesk AutoCAD), стандартных методов и принципов создания 3D модели, свойственных любой из программ твердотельного моделирования. Адаптивно параметрическое моделирование является частной возможностью лишь одного из многочисленных программ и это Autodesk Inventor. Выбор пакета трехмерной графики для изучения на первом этапе ознакомления САПР должен быть продиктован удобством и интуитивностью интерфейса в качестве такого выступает AutoCAD - Inventor.

## **СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ**

1. Алексеева Т.А., Киселевский О.С. «Критерии оценки эффективности адаптивно параметрического моделирования» в тезисах 54 СНТК БГУИР, 26 апреля 2018, секция «Инженерная и компьютерная графики, Минск БГУИР, 2018 [1–А.].