

## СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПОСТРОЕНИЯ ТРЕХМЕРНЫХ МОДЕЛЕЙ ПЛАНЕТАРНЫХ КОРОБОК ПЕРЕДАЧ

*В.В. Чередов, А.А. Сазонова, А.А. Аверченко, И.А. Евсеенко*

Разработан подход к математическому описанию трехмерного изображения элементов планетарных механизмов и их компоновки в системе автоматизированного проектирования, правила их визуализации, тестовый набор базовых элементов, а также исследованы особенности применения платформы *.NET* и технологии *Windows Presentation Foundation* для создания пользовательского интерфейса системы моделирования и математических расчетов, возможность интеграции программных модулей, созданных на платформе *.NET* с применением объектно-ориентированного языка программирования *C#* и библиотеки *OpenGL*.

Ключевые слова: трехмерная модель, автоматизированная система, планетарная коробка передач, визуализация

### 1. Введение

Проектирование планетарного механизма – трудоемкий и многовариантный процесс, оптимальное решение в котором – задача многокритериального синтеза [1, 3]. Трудоемкость создания технических систем постоянно возрастает при одновременном повышении требований к качеству конструкции, что находится в противоречии с необходимостью сокращения сроков ее разработки и промышленного освоения. Ликвидация указанного противоречия реализуется при внедрении систем автоматизированного проектирования (САПР).

Проблема трехмерного построения элементов гидромеханических трансмиссий и их компоновки по кинематическим и принципиальным схемам в автоматизированном режиме не решена. Особенно это касается гидромеханических трансмиссий с планетарными коробками передач [1, 4].

Целью работы было проектирование и реализация обслуживающей подсистемы САПР для визуализации проектируемого планетарного механизма на экране. Проектирование планетарного механизма – трудоемкий и многовариантный процесс, оптимальное решение в котором – задача многокритериального синтеза [2].

При этом были решены следующие задачи:

- разработана элементная база для трехмерного моделирования элементов планетарных механизмов;
- предложена методика визуализации 3D моделей элементов планетарных механизмов;
- разработаны модель и алгоритм функционирования подсистемы визуализации элементов планетарных механизмов;
- разработан алгоритм автоматизированной компоновки планетарных коробок передач.

## 2. Структура подсистемы визуализации

Построение математической модели сложного механизма сразу во всей полноте, с учетом всех факторов – очень трудоемкая задача. Поэтому естественен подход, представляющий систему в виде иерархии, позволяющей декомпозировать описание механизма. На верхнем иерархическом уровне рассматривается весь сложный объект как совокупность взаимодействующих подсистем. На следующем уровне каждая выделенная подсистема рассматривается отдельно как система, состоящая из некоторых составных частей, которые имеют уже большую подробность описаний. Процесс декомпозиции описаний происходит до получения описаний блоков, состоящих из базовых элементов.

Благодаря тому, что все объекты системы, независимо от уровня сложности, описываются по общим правилам, работа как с простыми, так и с составными объектами осуществляется по одинаковым алгоритмам.

Составные механизмы описываются в системе как структурированный определенным образом набор простых элементов. При добавлении в систему нового механизма, составными частями которого являются уже описанные в системе объекты, не придется беспокоиться об их отображении на экране.

Автоматизированная система трехмерного построения и компоновки элементов планетарных механизмов реализована на языке программирования С# с использованием библиотеки taoframework-6.1.0 (реализация интерфейса OpenGL). Структура подсистемы визуализации представлена на рис. 1.

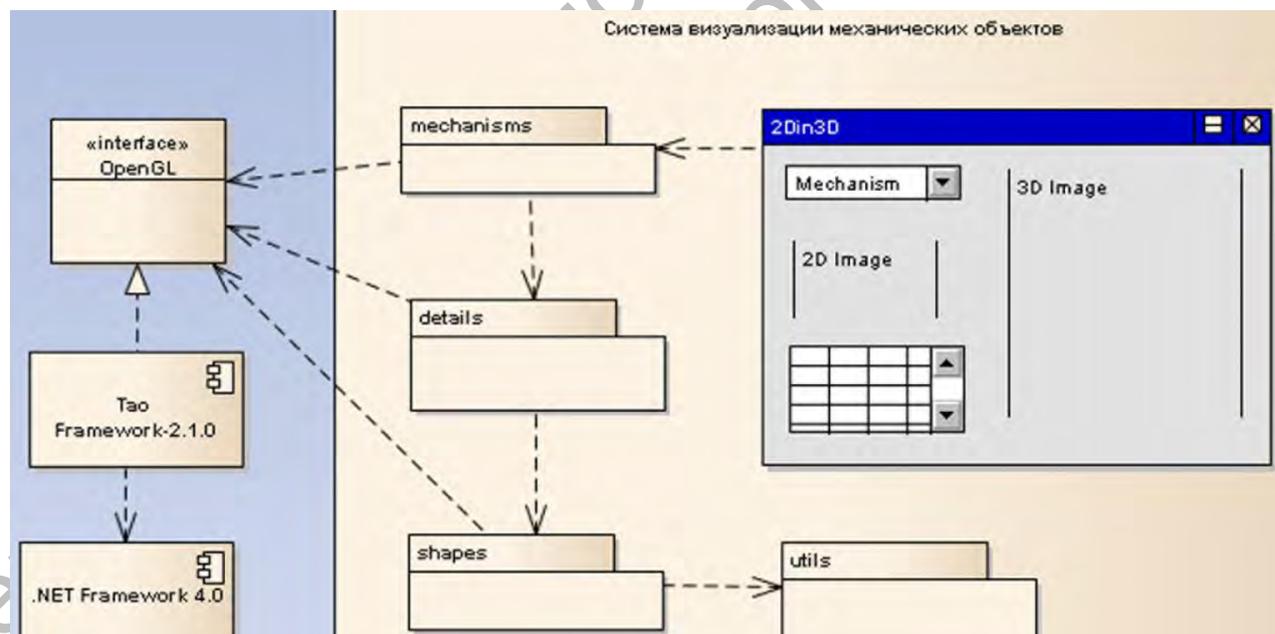


Рис. 1. Структура подсистемы визуализации

## 3. Разработка элементной базы

Целью разработки элементной базы является создание библиотеки трехмерных моделей стандартных деталей и узлов планетарных коробок передач, которая облегчит поиск и добавление в свой проект новых элементов и позволит систематизировать уже

имеющиеся разработки с предоставлением возможности их поиска в ускоренном режиме.

Модель трехмерного представления данных для компоновки планетарных механизмов представлена в следующем виде: у всех объектов системы, независимо от уровня сложности, общий базовый класс **Фигура**, поэтому работа как с простыми, так и с составными объектами, осуществляется по одинаковым правилам (рис. 2).

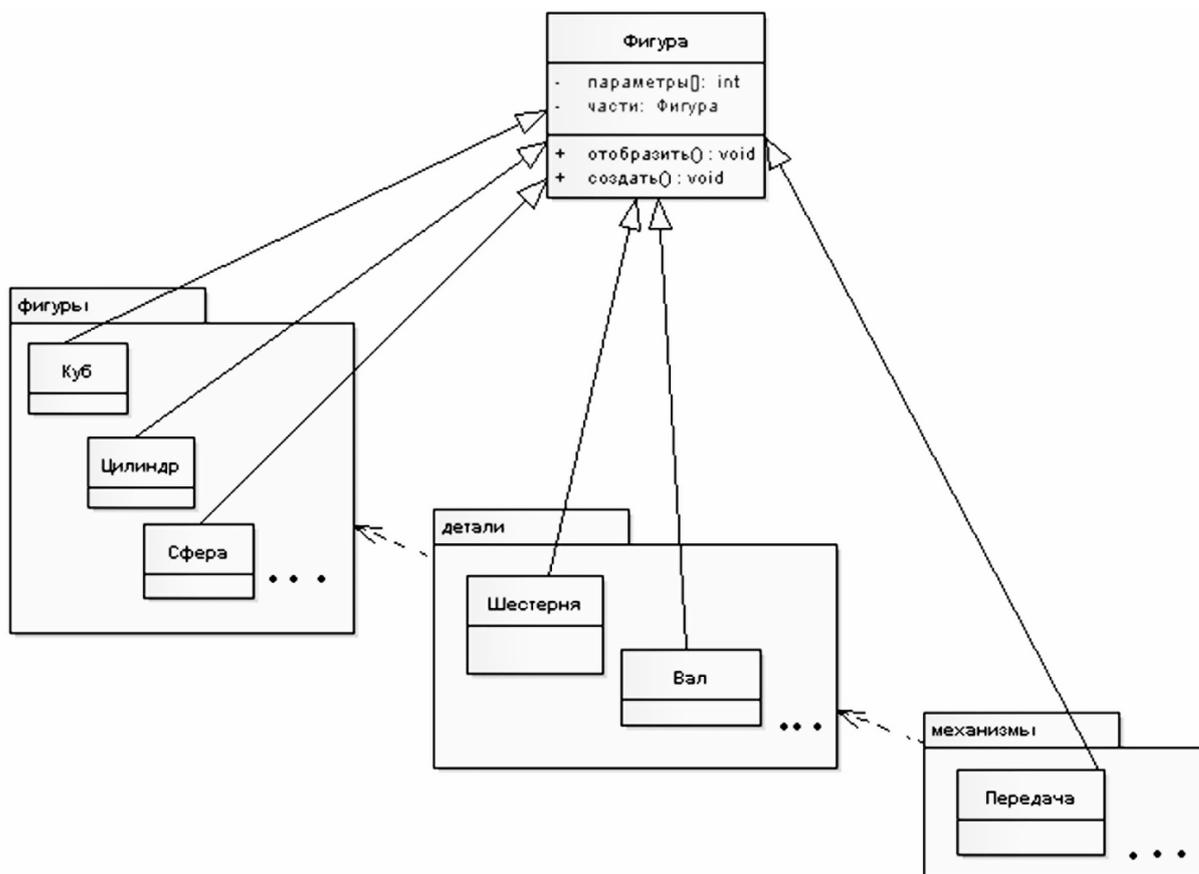


Рис. 2. Иерархия описания элементов

Общий базовый класс **Фигура** для всех простых и составных элементов модели, обладает следующими свойствами:

*identifier* – уникальный идентификатор фигуры;  
*xRot, yRot, zRot* – текущие углы поворота объекта;  
*parts* – массив составных частей, используемый для сложных фигур (состоящих из нескольких простых фигур);

*dimensions* – ассоциативная таблица размеров фигуры, состоящая из двух столбцов: ключ – наименование размера, значение – численное значение размера.

#### 4. Демонстрация результатов работы подсистемы визуализации

Автоматизированная система трехмерного моделирования и компоновки элементов планетарных механизмов позволяет: работать с трехмерной моделью в интерактивном режиме, с неограниченным количеством доступных проекций и видов; на основе параметризованных шаблонов конструкций создавать, сохранять и использовать разработанные решения повторно; используя полностью интеллектуальные соединения

сохранять целостность проектируемой конструкции; осуществить проверку на возможность сборки и размещения элементов; отслеживание и подсветку изменений; получить доступ к обширной библиотеке стандартных, специальных и добавляемых пользователем профилей, фрикционных муфт и тормозов, болтов и шлицевых соединений; поддерживать отраслевые и национальные стандарты; организовать связь 2D-3D, обеспечивающую точное соответствие чертежей разработанной модели; осуществить встроенную, настраиваемую, автоматическую маркировку элементов модели, зубчатых колес, валов, подшипников, фрикционных муфт и тормозов; получить доступ к инструментам контроля изменений.

Автоматизированная система имеет справочную поддержку. В справке указаны основные приемы работы с библиотекой, приведено описание библиотеки, ее текущая версия и дата обновления. Таким образом, разработанная автоматизированная система трехмерного построения элементов планетарных механизмов и их компоновки позволяет повысить скорость и качество разработок, выполняемых инженерами конструкторами и исследователями при проектировании планетарных коробок передач и их систем управления.

Для демонстрации результатов работы подсистемы визуализации был создан тестовый набор базовых элементов и составленных из них более сложных конструкций (рис. 3).

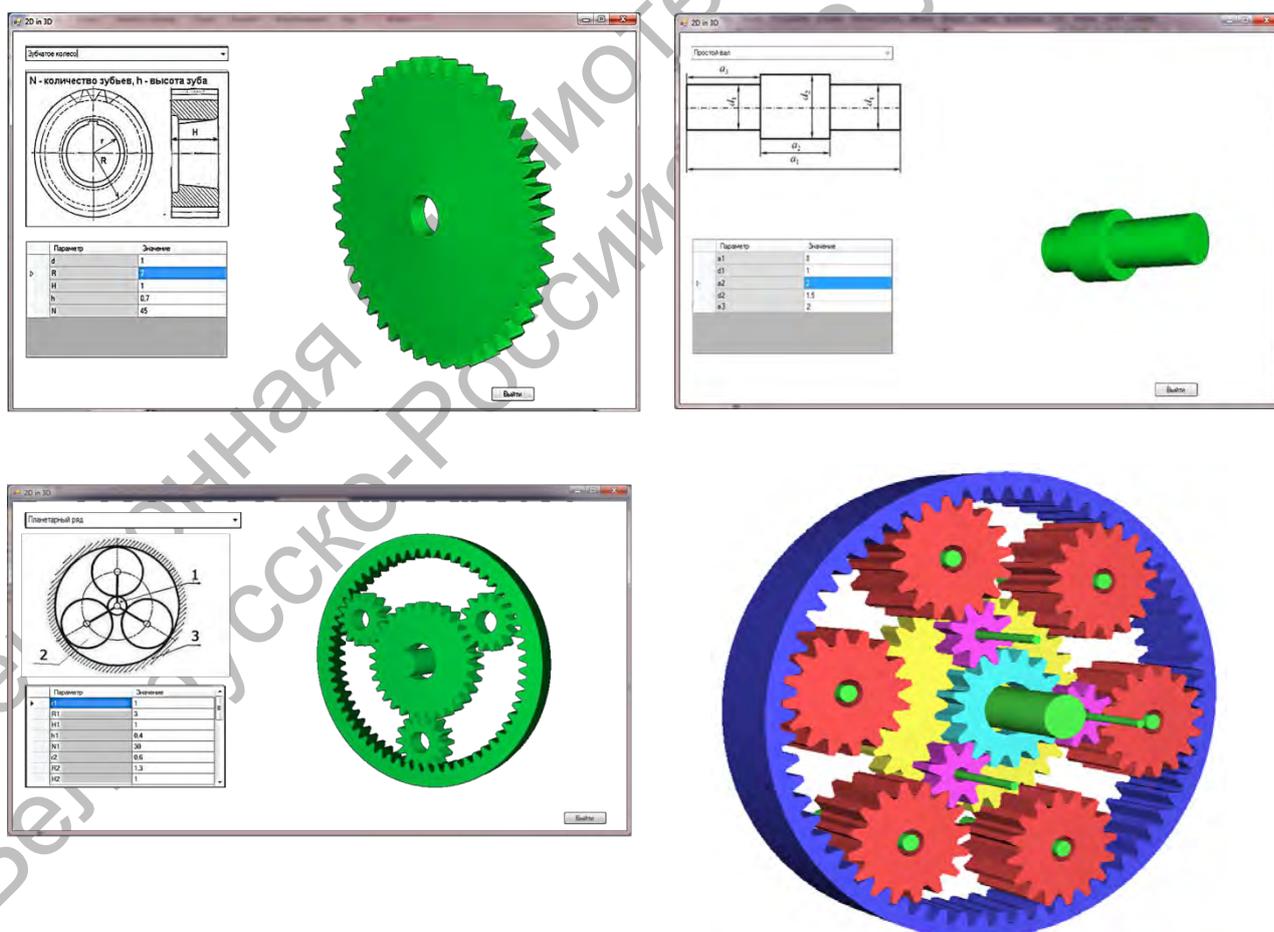


Рис. 3. Тестовый набор базовых элементов и составленных из них более сложных конструкций

## 5. Заключение

В результате выполненной работы была предложена модель структуры данных, позволяющая описывать 3-D модели элементов планетарных механизмов разной степени сложности и на ее основе создано специализированное программное обеспечение.

Был разработан подход к математическому описанию трехмерного изображения элементов планетарных механизмов и их компоновки в системе автоматизированного проектирования, правила их визуализации, тестовый набор базовых элементов, а также исследованы особенности применения платформы .NET и технологии Windows Presentation Foundation для создания пользовательского интерфейса системы моделирования и математических расчетов, возможность интеграции программных модулей, созданных на платформе .NET с применением объектно-ориентированного языка программирования C# и библиотеки OpenGL.

Были сформулированы правила описания элементов в системе автоматизированного проектирования, а также синтеза из них более сложных конструкций, разработаны правила визуализации объектов на экране и обзора их с разных сторон. Графический интерфейс отображает 3-D объекты в псевдообъемном виде. У пользователя есть возможность изменять параметры отдельных частей механизма, а также осматривать механизм с разных сторон, моделируя его вращение.

Предложенный подход построения 3D-моделей сложных механизмов и созданное программное обеспечение может быть включено в состав САПР синтеза и оптимального выбора массо-габаритных параметров силовых приводов на этапе функционального проектирования.

Создание специализированных САПР для анализа и синтеза планетарных коробок передач, приспособленных для отделов «САПР» и конструкторских отделов предприятий автомобильной промышленности, является перспективным направлением, в связи с созданием и расширением номенклатуры производимой ими техники с планетарными коробками передач.

### Литература

1. *Евсеевко, И.А.* Методика автоматизированного построения динамических моделей планетарных коробок передач. Автомобильная промышленность. – 2010. - № 6. - с. 36 – 39.
2. *Евсеевко, И.А.* Метод синтеза планетарных коробок передач с любым числом степеней свободы. Вестник машиностроения. – 2014. - № 3. - с. 26 – 34.
3. *Евсеевко, И.А.* Автоматизация формирования структуры трансформаторных элементов сложной конфигурации на основе теории графов. Информационные технологии. – 2013. - № 4. - с. 9 – 11.
4. *Евсеевко, И.А.* Алгоритм автоматизированного формирования структуры плоских динамических схем. Программные продукты и системы. – 2011. - № 1. - с. 90 – 95.

#### **Чередов Василий Васильевич**

Выпускник магистратуры  
Белорусско-Российский университет, г. Могилев  
Тел.: +375(29)1905706  
E-mail: [agitator@uvaga.by](mailto:agitator@uvaga.by)

#### **Евсеевко Игорь Антонович**

Доцент кафедры автоматизированных систем управления, к-т техн. наук  
Белорусско-Российский университет, г. Могилев  
Тел.: +375(29) 844-32-13  
E-mail: [327igor@rambler.ru](mailto:327igor@rambler.ru)