

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

УДК 004.925.8: 621.81

Нгуен Тиен Жанг

Исследование и использование возможностей САПР для разработки  
анимационных моделей механизмов приборных устройств

### **АВТОРЕФЕРАТ**

на соискание степени магистра технических наук  
по специальности 7-06-0719-01 «Инженерная геометрия  
и компьютерная графика»

Научный руководитель  
Вышинский Николай Владимирович  
профессор кафедры ИКГ  
профессор, кандидат технических наук

Минск 2025

## ВВЕДЕНИЕ

Современное машиностроение и приборостроение стремительно развиваются, выдвигая всё более высокие требования к качеству подготовки инженерных кадров. Эффективность образовательного процесса в технических вузах напрямую зависит от степени наглядности и доступности представляемого материала. В этом контексте особое значение приобретает внедрение цифровых технологий, позволяющих визуализировать процессы, которые ранее отображались исключительно в виде чертежей и теоретических описаний.

Одним из таких современных инструментов являются анимационные модели механизмов, создаваемые с помощью систем автоматизированного проектирования (САПР). Эти модели не только позволяют наблюдать геометрию конструкции, но и отслеживать её функционирование во времени, выявлять потенциальные недостатки и взаимные помехи между подвижными частями. Кроме того, они способствуют формированию у студентов целостного представления о принципах работы узлов и устройств. Это особенно важно при изучении механических систем, в которых часто применяются миниатюрные и кинематически сложные механизмы, понимание которых без визуальной поддержки значительно затруднено.

Несмотря на широкий выбор САПР, не все программные средства обладают удобным и интуитивно понятным функционалом для создания анимации механических систем. Это обуславливает необходимость анализа, сопоставления и выбора наиболее подходящей среды моделирования, способной эффективно применяться в образовательных и научно-исследовательских целях.

Настоящее исследование направлено на изучение возможностей современных САПР в части создания анимационных моделей механизмов, используемых в механических устройствах. Цель работы заключается в выборе оптимального программного обеспечения, а также в разработке анимационных моделей, способствующих углублённому пониманию учебного материала, повышению интереса студентов к дисциплине и развитию их компетенций в области проектирования и моделирования.

Объектом исследования являются системы автоматизированного проектирования, поддерживающие моделирование и анимацию механических процессов. Предметом исследования выступает методика создания

анимационных моделей, ориентированных на механизмы, применяемые в технической механике.

Результаты данного исследования могут быть использованы как в образовательной, так и в инженерной практике, способствуя интеграции цифровых технологий в образовательную и научную среду в области технической механики.

Использование анимационных моделей в технической области служит не только средством визуализации, но и эффективным инструментом для анализа и оптимизации работы механических систем. С помощью имитационного моделирования возможно проведение виртуальных испытаний и предварительная верификация проектных решений без необходимости изготовления физических прототипов, что позволяет значительно сократить затраты времени и ресурсов при проектировании, а также повысить точность и надёжность инженерных разработок. Особенно важно внедрение анимационного моделирования в образовательный процесс, так как оно способствует формированию у студентов системного мышления и практико-ориентированных навыков. Кроме того, анимация помогает глубже понять фундаментальные понятия технической механики, такие как передача движения, кинематический анализ, силовое взаимодействие и принципы равновесия. Это способствует не только укреплению теоретических знаний, но и развитию практического мышления, необходимого для решения инженерных задач. Таким образом, развитие и внедрение методик анимационного моделирования механизмов в рамках дисциплины «Техническая механика» имеет не только прикладное, но и методологическое значение для современного инженерного образования.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

### **Актуальность темы магистерской диссертации:**

Разработка и использование в учебном процессе анимационных моделей механизмов будет способствовать повышению эффективности восприятия и усвоения студентами учебного материала изучаемой дисциплины.

### **Цель работы:**

В результате исследования возможностей САПР выбрать программу, с помощью которой можно разработать анимационные модели механизмов приборных устройств.

### **Задачи исследования:**

- выполнить исследование возможностей САПР по созданию анимационных моделей;
- по результатам исследования выбрать наиболее эффективную программу, позволяющую создавать анимационные модели;
- разработать анимационные модели механизмов.

**Объект исследования:** системы автоматизированного проектирования, обеспечивающие разработку анимационных моделей механизмов.

**Предмет исследования:** процесс разработки анимационных моделей механизмов приборных устройств.

**Научная новизна** диссертации заключается в проведении сравнительного анализа возможностей различных САПР для создания анимационных моделей механизмов приборных устройств и в обоснованном выборе КОМПАС-3D как оптимального инструмента. В рамках исследования впервые разработаны учебные анимационные модели трёх типов механизмов, предназначенные для повышения эффективности освоения курса технической механики.

**Магистерская диссертация** выполнена самостоятельно, проверена в системе «Антиплагиата». Процент оригинальности составил 75,02%.

Заимствования, самоцитирования и цитирования обозначены ссылками на публикации, указанные в «Библиографический список».

### **Основные положения, выносимые на защиту**

1. Обоснована актуальность и значение применения анимационного моделирования механизмов в образовательном процессе как эффективного средства повышения наглядности и качества усвоения дисциплины «Техническая механика».

2. Проведён сравнительный анализ функциональных возможностей САПР *SolidWorks*, *Autodesk Inventor* и КОМПАС-3D по созданию анимационных моделей механизмов, обоснован выбор КОМПАС-3D как оптимального инструмента для образовательных целей.

3. Разработаны анимационные модели механических передач – зубчатых, фрикционных и с гибкими звеньями – с использованием выбранного программного обеспечения

### **Апробация диссертации и информации об использовании ее результатов**

Результаты исследований, вошедшие в диссертацию, докладывались и обсуждались на 60-й научной конференции студентов, магистрантов и аспирантов БГУИР 2024 и 61-й научной конференции студентов, магистрантов и аспирантов БГУИР 2025

### **Публикации**

По материалам диссертации опубликовано 2 печатных работ, из них 2 доклада в материалах научных конференций, 2 статьи в периодическом научном журнале.

### **Структура и объем диссертации**

Диссертация состоит из введения, общей характеристики работы, пять глав с краткими выводами по каждой главе, заключения, библиографического списка и приложений.

В первой главе анализируются различные источники с целью исследования возможностей систем автоматизированного проектирования (САПР) для создания анимационных моделей механизмов.

Во второй главе приведено описание возможностей программы, выбранной для создания анимационных моделей механизмов.

В третьей главе проведена разработка анимационных моделей зубчатых механизмов: цилиндрических, конических, червячных и планетарных.

В четвертой главе проведена разработка анимационных моделей механизмов с гибкими звеньями: ленточные, клиноременные и цепные.

В пятой главе проведена разработка анимационных моделей фрикционных механизмов: цилиндрических с постоянным и переменным передаточным отношением.

Общий объем диссертации составляет 106 страниц включая 116 иллюстрации, 4 таблицы, библиографический список из 15 наименований, список собственных публикаций соискателя из 2 наименования и 2 приложения.

## КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** рассмотрены современные тенденции развития машиностроения и приборостроения, значимость внедрения цифровых технологий в инженерное образование, преимущества использования анимационных моделей механизмов, а также обоснована актуальность выбора САПР для создания таких моделей в контексте повышения качества подготовки специалистов и эффективности проектирования.

В **первой главе** рассмотрены возможности САПР *SolidWorks*, *Autodesk Inventor* и КОМПАС-3D. *SolidWorks* и *Inventor* представляют собой широко используемые зарубежные программные комплексы с обширным функционалом. КОМПАС-3D – российская система, хорошо адаптированная к стандартам стран СНГ, включая Беларусь, и поддерживающая параметрическое моделирование. Все три системы способствуют ускорению и повышению качества проектирования. Выбор конкретного программного обеспечения определяется исходя из поставленных задач, специфики проекта и требований пользователя.

Во **второй главе** приводится сравнение систем *SolidWorks*, *Autodesk Inventor* и КОМПАС-3D. По результатам анализа выбрана система КОМПАС-3D как оптимальное решение для 3D-моделирования и анимации с учётом требований пользователей из стран СНГ и Беларуси. КОМПАС-3D выделяется удобным интерфейсом, поддержкой ЕСКД, обширной библиотекой компонентов и доступной учебной базой.

Приложение «Валы и механические передачи 3D» значительно упрощает проектирование зубчатых передач, обеспечивая высокую точность моделей.

Модуль «Анимация» помогает визуализировать движение механизмов и выявлять коллизии, что повышает качество проектирования.

В **третьей главе** рассмотрены методы создания анимационных моделей различных типов зубчатых передач: цилиндрических, конических, червячных и планетарных. Каждый тип передачи моделируется с учётом его геометрических особенностей и кинематических характеристик.

Применение программных инструментов КОМПАС-3D и специализированного приложения «Валы и механические передачи 3D» позволяет создавать точные и наглядные анимации, что значительно облегчает анализ работы механизмов и выявление возможных проблем.

Таким образом, разработка анимационных моделей повышает эффективность проектирования зубчатых механизмов и способствует улучшению качества технической документации.

В **четвертой главе** подробно рассмотрены этапы разработки анимационных моделей механизмов с гибкими звеньями, включая плоскоремennую, клиноремennую и цепную передачи. Использование КОМПАС-3D и возможностей анимации позволяет наглядно демонстрировать динамику работы гибких элементов, что способствует более глубокому пониманию их функционирования. Анимация помогает выявлять потенциальные ошибки и неточности в конструкции, что повышает качество и надёжность проектирования. Такой подход облегчает анализ взаимодействия компонентов и оптимизацию параметров механизмов, что важно для создания эффективных и долговечных приводных систем.

В **пятой главе** рассмотрены процессы создания анимационных моделей фрикционных механизмов с постоянным и переменным передаточным отношением. Применение анимации в КОМПАС-3D позволяет наглядно представить работу этих механизмов, изучить особенности их движения и взаимодействия деталей. Это способствует более точному анализу кинематики, выявлению возможных проблем и повышению эффективности проектирования. Таким образом, использование анимационных моделей фрикционных механизмов улучшает понимание их работы и поддерживает оптимизацию конструктивных решений.

В **заключении** В заключении кратко изложены основные результаты магистерской диссертации, отражён выбор оптимальной САПР-среды для разработки анимационных моделей механизмов приборных устройств, представлены разработанные модели различных типов механизмов, подтверждена эффективность использования анимационного моделирования в образовательном процессе. Полученные результаты демонстрируют целесообразность внедрения данной методики в обучение техническим дисциплинам и её практическую значимость для подготовки инженеров.



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения магистерской диссертации на тему «Исследование и использование возможностей САПР для разработки анимационных моделей механизмов приборных устройств» была рассмотрена актуальная задача повышения эффективности инженерного образования за счёт внедрения анимационного моделирования в учебный процесс. Современные САПР-системы открывают широкие возможности не только для трёхмерного проектирования, но и для визуализации работы механических узлов, что значительно улучшает восприятие и усвоение учебного материала студентами.

В первой главе диссертации был проведён сравнительный анализ возможностей таких систем автоматизированного проектирования, как *SolidWorks*, *Autodesk Inventor* и Компас-3D, в контексте создания анимационных моделей механизмов. По результатам анализа, с учётом функциональных возможностей, простоты освоения и доступности, была выбрана система Компас-3D как наиболее подходящая для поставленных образовательных и исследовательских задач.

Вторая глава была посвящена подробному описанию среды Компас-3D и её инструментов, применяемых для создания анимационных моделей. Были рассмотрены основные функции и особенности, обеспечивающие разработку кинематических схем и реализацию движения механических звеньев.

В главах 3, 4 и 5 были разработаны анимационные модели трёх типов механизмов: зубчатых, с гибкими звеньями и фрикционных. Эти модели наглядно демонстрируют принципы работы механизмов и могут применяться как в учебной, так и в инженерной практике.

Таким образом, в рамках выполненного исследования была достигнута основная цель – выбрана эффективная программная среда и разработаны анимационные модели механизмов приборных устройств. Полученные результаты подтверждают целесообразность внедрения анимационного моделирования в образовательный процесс по техническим дисциплинам. Это не только повышает интерес студентов к предмету, но и способствует формированию у них системного мышления, инженерной логики и практико-ориентированных навыков. Методика, изложенная в работе, может быть использована для дальнейшего развития учебных курсов, а также в профессиональной подготовке инженеров в области приборостроения и технической механики.

## СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

1–А. Нгуен, Т.Ж. Исследование возможностей различных видов САПР для создания анимационных моделей механизмов/ Т.Ж. Нгуен // Сборник материалов 60-ой научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», Минск, 22-26 апреля 2024 г.: Электронные системы и технологии / Минск: БГУИР, 2024. – С.655-658.

2–А. Нгуен, Т.Ж. Моделирование и анимация цилиндрической зубчатой передачи в среде КОМПАС-3D/ Т.Ж. Нгуен // Сборник материалов 61-ой научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», Минск, 21-25 апреля 2025 г.: Электронные системы и технологии / Минск: БГУИР, 2025. – С.658-661.