

Имеющийся в вузе набор аналогичных студенческих работ [3, 4 и др.], выполняемых на первом курсе по графической дисциплине, способствует инициативе по созданию новых разработок и творческой активности студентов, в том числе и в данной работе.

### Список литературы

1. **Уласевич, З. Н.** Универсальная форма организации самостоятельной работы студентов при изучении инженерной графики / З. Н. Уласевич, В. П. Уласевич // Инновационные технологии в инженерной графике: проблемы и перспективы: сборник трудов Международной научно-практической конференции, 23 апреля 2021 года, Брест, Республика Беларусь, Новосибирск, Российская Федерация / М-во науки и высшего образования Российской Федерации, Новосиб. гос. архитектур.-строит. ун-т: (Сибстрин), М-во образования Республики Беларусь, Брест. гос. техн. ун-т; отв. ред. К. А. Вольхин. – Новосибирск : НГАСУ (Сибстрин), 2021. – С. 211–242.
2. **Зеленый, П. В.** Основная задача преподавания инженерной графики / З. П. Зеленый // Инновационные технологии в инженерной графике: проблемы и перспективы: сборник трудов Международной научно-практической конференции, 23 апреля 2021 года, Брест, Республика Беларусь, Новосибирск, Российская Федерация / М-во науки и высшего образования Российской Федерации, Новосиб. гос. архитектур.-строит. ун-т: (Сибстрин), М-во образования Республики Беларусь, Брест. гос. техн. ун-т; отв. ред. К. А. Вольхин. – Новосибирск : НГАСУ (Сибстрин), 2021. – С. 102–106.
3. **Токарев, В. А.** Оптимизация графических моделей при проектировании изделий с большим количеством деталей / В. А. Токарев, И. И. Грабовский // Инновационные технологии в инженерной графике. Проблемы и перспективы: сборник трудов Международной научно-практической конференции, 19 апреля 2019 года, Брест, Республика Беларусь, Новосибирск, Российская Федерация / отв. ред. К. А. Вольхин. – Новосибирск : НГАСУ (Сибстрин), 2019. – С. 267–272.
4. **Лебедева, М. Н.** Творческое выполнение трехмерных моделей изделий для развития творческого мышления / М. Н. Лебедева, И. Д. Маслов // XLV Международная молодежная научная конференция «Гагаринские чтения – 2019» : Сборник тезисов докладов. – М. : МАИ, 2019. – С. 735–736.

УДК 621.01

## **КИНЕМАТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПЛОСКО-РЫЧАЖНЫХ МЕХАНИЗМОВ ПРИ ПОМОЩИ ПАРАМЕТРИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ В «КОМПАС-3D»**

**П. Н. Смирнов**, старший преподаватель

*Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М. Ф. Решетнева, г. Красноярск, Российская Федерация*

Ключевые слова: КОМПАС-3D, кинематика, кривошипно-ползунный механизм.

В статье рассмотрена возможность применения параметрических моделей «КОМПАС-3D» для кинематического анализа плоско-рычажных механизмов.

Использование графических инструментов в современном инженерном образовании имеет важнейшее значение. САПР позволяют применять графоаналитические методы решения задач кинематики и динамики, а также помогают в визуализации сложных процессов. Визуализация процессов упрощает понимание и усваивание студентами теоретического материала, который описывается аналитическими зависимостями (системами алгебраических и дифференциальных уравнений). Программный продукт SolidWorks с модулем COSMOS Motion позволяет анализировать кинематические параметры машин и механизмов на основе их трехмерных моделей [1]. Но для автоматизации анализа не обязательно использовать трехмерное моделирование, во многих случаях можно обойтись кинематическими схемами. Выполнение большого количества графических построений при визуализации может быть сложной и трудоемкой задачей. Однако современные САПР предлагают широкие возможности для создания параметрических моделей различных объектов [2]. Параметрическая модель накладывает определенные связи на размеры и взаимное положение частей рассматриваемого объекта, которые выражаются через небольшое количество независимых переменных. Например, обобщенных координат. В данной работе рассматривается применение САПР «КОМПАС-3D» для преподавания элементов курса «Теория механизмов и машин». А именно, решения задачи кинематического анализа плоско-рычажных механизмов. Этот раздел может входить также отдельными главами в курсы «Техническая механика» и «Прикладная механика».

Современный уровень развития техники предполагает увеличение скорости проектирования машин и механизмов, а также широкое использование методов оптимального проектирования. Это приводит к тому, что при преподавании курса «Теория механизмов и машин» предпочтительным является изучение аналитических методов анализа и синтеза механизмов. В то же время графоаналитические методы анализа обладают несомненными преимуществами: относительной простотой и наглядностью. Однако весьма ограниченное время, которое отводится на изучение дисциплины, не позволяет в полном объеме изучать и аналитические, и графические методы. В такой ситуации можно использовать параметрические модели механизмов, включающие в себя, в том числе, планы скоростей и ускорений, как вспомогательные инструменты для визуализации изменения кинематических параметров в процессе движения. Рассмотрим пример моделирования кривошипно-ползунного механизма.

Исходные данные из технического задания прописываются в блоке «Переменные», а всем размерам звеньев и расстояниям между опорами присваивается значение соответствующей переменной (рисунок 1).

После наложения всех необходимых связей на относительные движения звеньев положение механизма перестраивается автоматически при изменении обобщенной координаты, связанной с начальным звеном – кривошипом (рисунок 2).

Переменные				
Имя	Выражение	Значение	Парам	
▼ Фрагмент				
I_OA	100	100		
I_AB	200	200		
e	30	30		

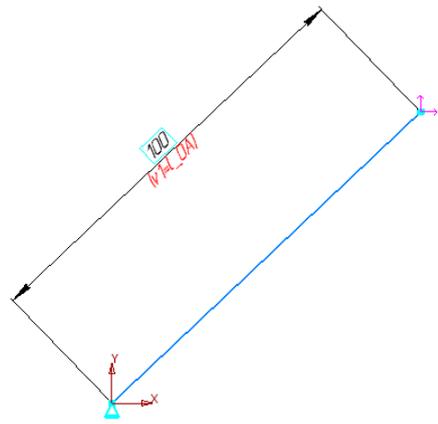


Рисунок 1 – Исходные данные для построения модели

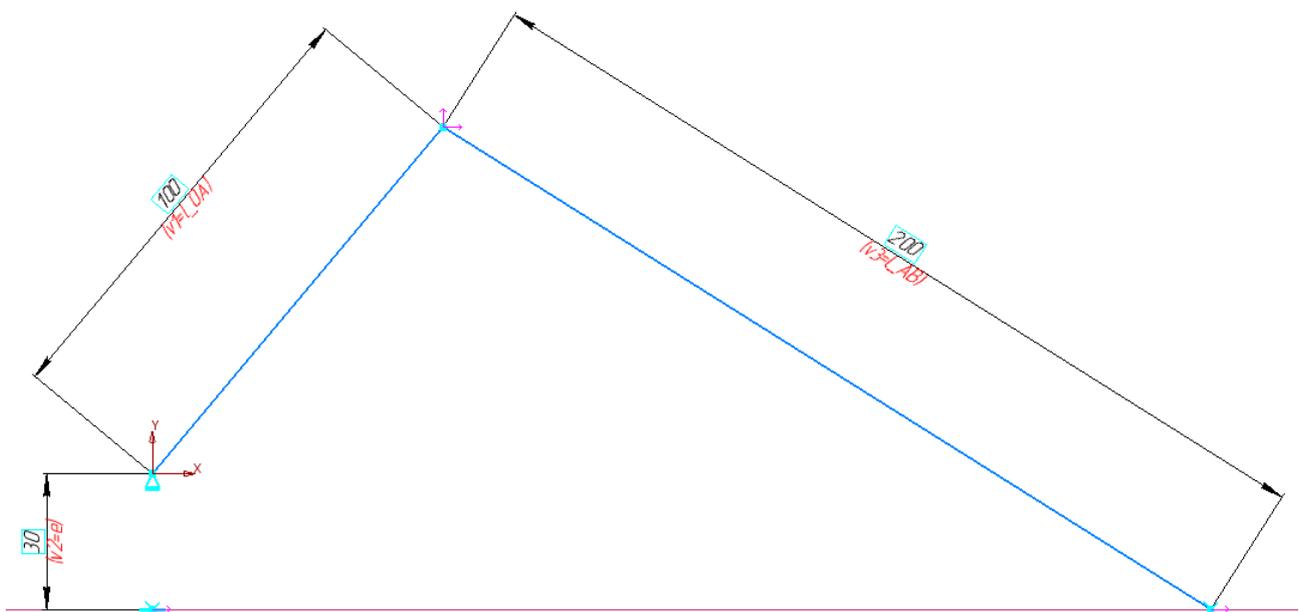


Рисунок 2 – Параметрическая модель кривошипно-ползунного механизма

Построение планов скоростей производится в соответствии с теоремой о сложении скоростей [3]:

$$v_{abc} = v_{пер} + v_{отн}.$$

План скоростей представляет собой графическое решение систем уравнений, записанных для каждой группы Ассур. Причем относительная скорость во вращательной кинематической паре направлена перпендикулярно положению соответствующего рычага, а в поступательной паре – параллельно направляющей. Тогда направления векторов относительных скоростей характерных точек однозначно определяются положениями звеньев. И можно связать положения и скорости при помощи инструментов параметризации «КОМПАС» (рисунок 3).



Переменные			
Имя	Выражение	Значение	
▼ Фрагмент			
$l_{OA}$		100	100
$l_{AB}$		200	200
$e$		30	30
$a_n$	$v4*v4*l_{OA}/(l_{AB}*v5)$		9.468298
▼ БЕЗ ИМЕНИ (1:1)			
$v1$	$l_{OA}$		100
$v2$	$e$		30
$v3$	$l_{AB}$		200
$v4$	30.7706		30.7706
$v5$	50		50

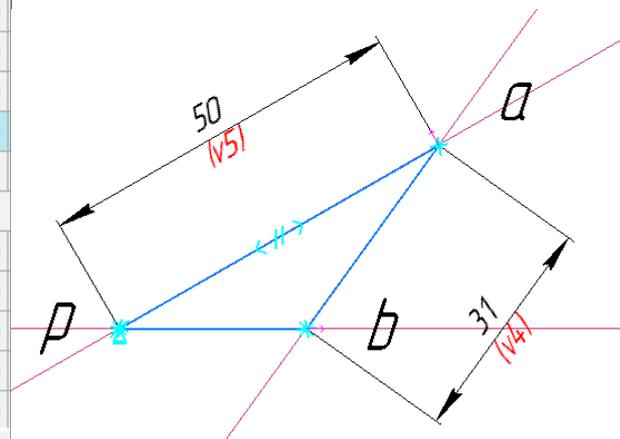


Рисунок 4 – К расчету нормального ускорения точки B

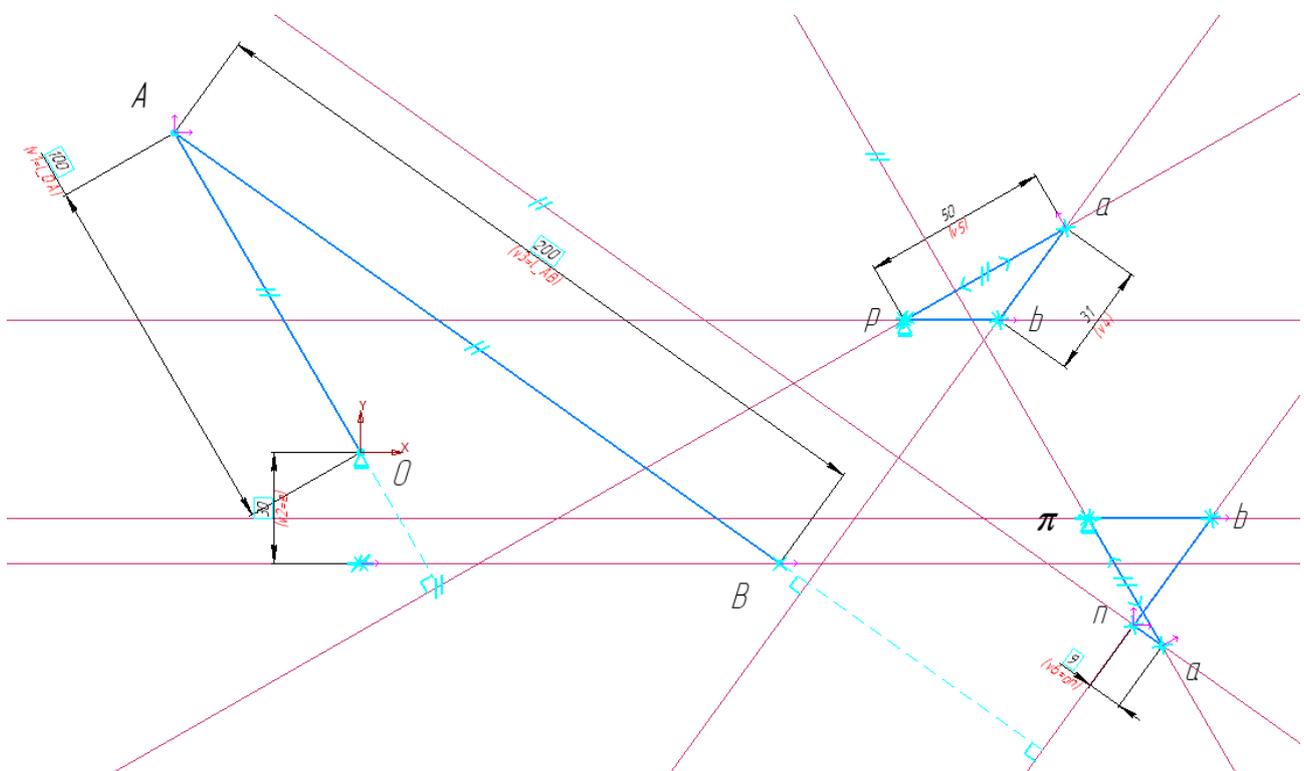


Рисунок 5 – Итоговая параметрическая модель

При изменении обобщенной координаты – угла поворота кривошипа, полностью перестраивается положение механизма, а также связанные с ним планы скоростей и ускорений. Такая параметрическая модель помогает в визуализации изменения кинематических характеристик в процессе движения.

Например, можно продублировать соответствующие векторы в точках их приложения на кинематической схеме. Более того, расположив все размеры и вспомогательные линии на отдельном слое, можно достаточно просто создавать покадровые анимации движения механизмов. Далее кадры собираются в единую анимацию в формате GIF или MP4 при помощи графического редактора или онлайн-сервисов. Подобная визуализация значительно улучшает восприятие студентами теоретических выкладок в виде дифференциальных уравнений при аналитическом исследовании плоско-рычажных механизмов. Это приводит к повышенной мотивации студентов, улучшению посещаемости и успеваемости.

### Список литературы

1. **Воронцов, Д. С.** Использование модуля SolidWorks Motion при изучении дисциплины «Теория механизмов и машин» / Д. С. Воронцов // Инновационные технологии в инженерной графике: проблемы и перспективы: сборник трудов междунар. конф., Брест, Новосибирск, 19 апреля 2019 г. – Новосибирск : НГАСУ (Сибстрин), 2019. – С. 57–63.
2. **АСКОН:** библиотека обучающих материалов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://kompas.ru/publications/docs/>. – Дата доступа: 31.03.2022.
3. **Фролов, К. В.** Теория механизмов и машин : учебник / К. В. Фролов [и др.]. – Москва : Высшая школа, 1987. – 496 с.

УДК 004.921

## ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ТРЕХМЕРНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ В СРЕДЕ ARNOLD RENDERER

**В. А. Столер**, канд. техн. наук, доцент,  
**Д. В. Рабеко**, магистрант

*Белорусский государственный университет информатики и  
радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь*

Ключевые слова: компьютерная графика, Arnold Renderer, визуализация, трассировка лучей, рендеринг, фотореализм, сэмплы, шумы, освещение.

Работа посвящена изучению и настройке параметров программного продукта Arnold Renderer, которые влияют на качество получаемых изображений, их фотореалистичность, а также производительность системы.

В компьютерной графике под визуализацией (рендерингом) понимают создание плоской картинки – цифрового растрового изображения трехмерной сцены с помощью компьютерной программы. От возможностей программного обеспечения зависит качество обработанной картинка, что принципиально важно при создании фотореалистичного изображения. Известные «старые» software рендеры не имеют такого расширенного функционала, который предлагает Arnold Renderer [1, 2]. Arnold – новый высококачественный