

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ В СРЕДЕ «MODEL VISION»

Пакет «Model Vision» разработан Д.Б.Иноховым, Ю.Б.Колесовым, Ю.Б.Сениченковым (регистрационное свидетельство Роспатента №990643 от 6 сентября 1999г.). Подробно с этим программным комплексом можно ознакомиться на сайте <http://www.xjtek.com>.

Пакет позволяет:

1. Проводить вычислительный эксперимент, базирующийся на принципах объектно-ориентированного программирования. Действующая модель может быть разбита на множество отдельных устройств, взятых из имеющейся библиотеки или созданных самим пользователем. Связи между устройствами устанавливаются с помощью легко осваиваемого графического интерфейса.
2. Решать алгебраические, дифференциальные уравнения. Запись алгебро-дифференциальных уравнений производится на языке, близком по форме к языку пакета MATHCAD.
3. Создавать для каждого устройства карты поведения, которые способны описывать смену поведения динамических систем.
4. Использовать встроенную в пакет 2D-анимацию. С ее помощью можно создавать «пульт управления» с различными индикаторами, кнопками, бегунками, позволяющими в процессе эксперимента дискретно или плавно менять отдельные параметры модели.
5. Использовать 3D-анимацию для наблюдения за движением исследуемого объекта в пространстве во время проведения вычислительного эксперимента.
6. Создавать окна графиков временных и фазовых диаграмм.

Среда легко осваивается, удобна в использовании. В данной статье приведены описания нескольких моделей механических систем, созданных с помощью пакета «Model Vision».

1. **Миксер** (рис.1). Показана работа замкнутого пространственного шестизвенного механизма. Механизм связывает две параллельные оси 1 и 5. Пять подвижных звеньев соединены между собой шестью вращательными кинематическими парами. Механизм имеет одну избыточную (лишнюю) связь за счет того, что оси кинематических пар, соединяющих каждое подвижное звено с соседними, взаимно перпендикулярны. Звено 3 выполнено в виде полого герметичного цилиндра. При сложном пространственном движении этого звена жидкость или сыпучие материалы, помещенные внутрь цилиндра, перемешиваются.

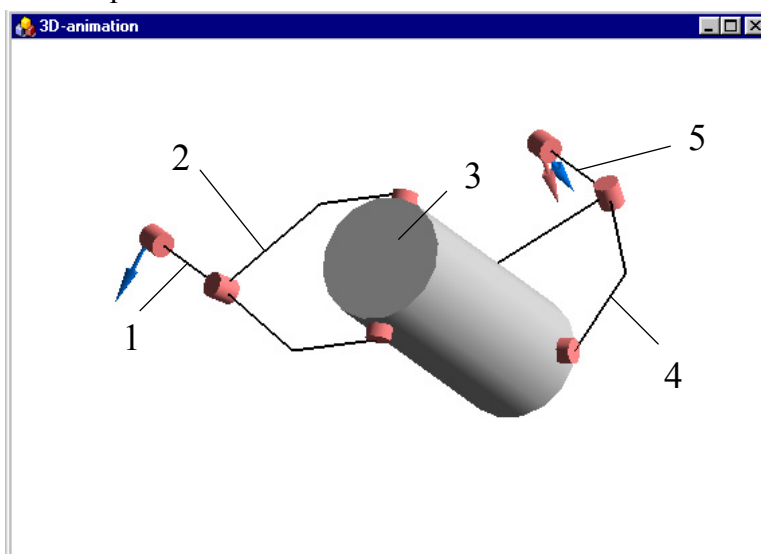


Рис.1

2. **Платформа Стюарта** (рис.2). Механизм предназначен для позиционирования платформы в пространстве. Ноги платформы выполнены в виде гидроцилиндров, связанных сферическими шарнирами с самой платформой и с основанием. Для нормальной работы механизма необходимо шесть входов, поэтому в каждый момент времени два гидроцилиндра должны быть отключены (их штоки имеют более светлый тон). Выбор шести активных приводов, обеспечивающих оптимальную работу механизма, описан в работе [1].

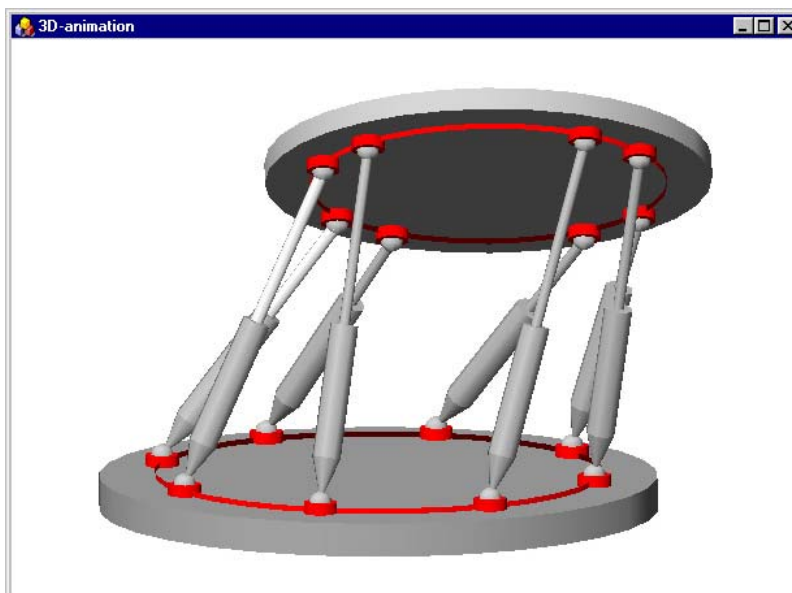


Рис.2

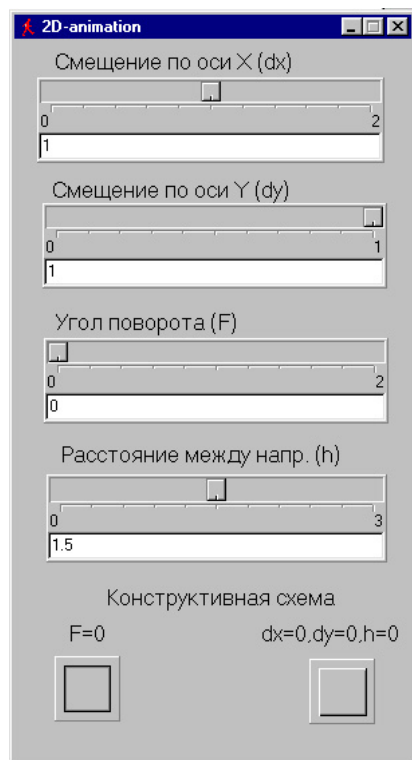


Рис.3

3. **Муфта** передает вращение между двумя валами с параллельными осями. На рис.3 показано окно 2D-анимации. Установим с его помощью угол скрещивания осей $F=0$, расстояние между направляющими $h=1,5$; несоосность по осям $dx=1$, $dy=1$. На рис.4 показана конструктивная схема муфты, а на рис.5 – ее кинематическая схема

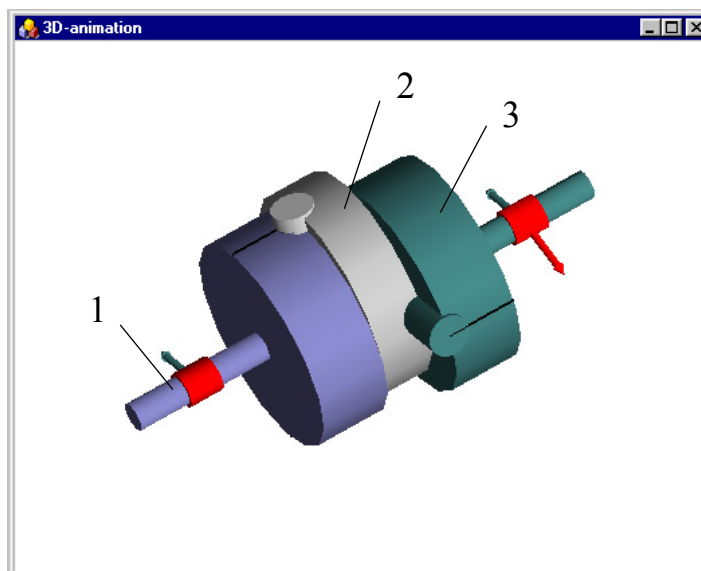


Рис.4

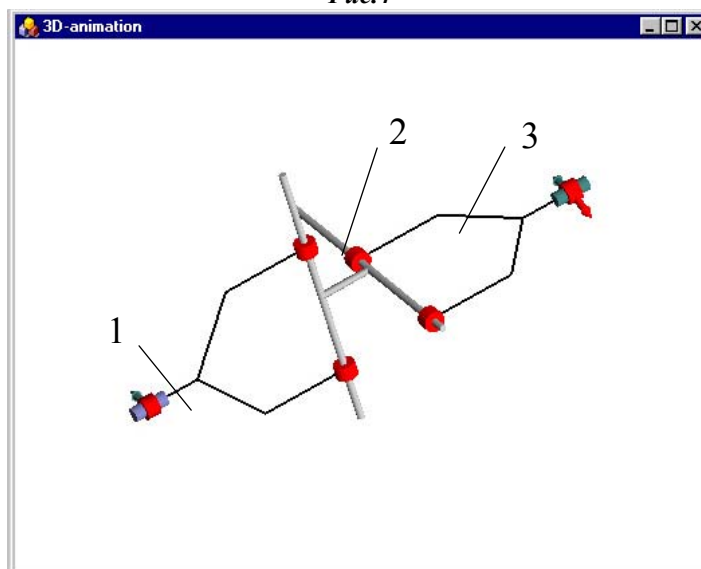


Рис.5

(переход от одной схемы к другой осуществляется нажатием соответствующей кнопки в окне 2D-анимации). Оси 1 и 3 соединены двумя взаимно перпендикулярными поступательными кинематическими парами со вкладышем 2 и имеют одинаковую угловую скорость вращения.

4. **Шарнир Гука** предназначен для передачи вращения между валами со скрещивающимися осями. В том же окне 2D-анимации (рис.3) установим угол скрещивания осей $F=1$, $dx=dy=h=0$. На рис.6,7 показаны конструктивная и кинематическая схемы шарнира. В данном случае звенья 1 и 3 соединены с вкладышем 2 вращательными кинематическими парами, оси которых скрещиваются под углом 90° .

5. **Пространственный механизм.** На рис.8 показана панель 2D-анимации, которая позволяет установить нужные длины звеньев (OA, AB, BC, CD) и координаты присоединения шарнира D к стойке (XD, YD, ZD) пространственного пятизвенного механизма с одной степенью подвижности (рис.9). Четыре подвижных звена составляют замкнутую кинематическую цепь.

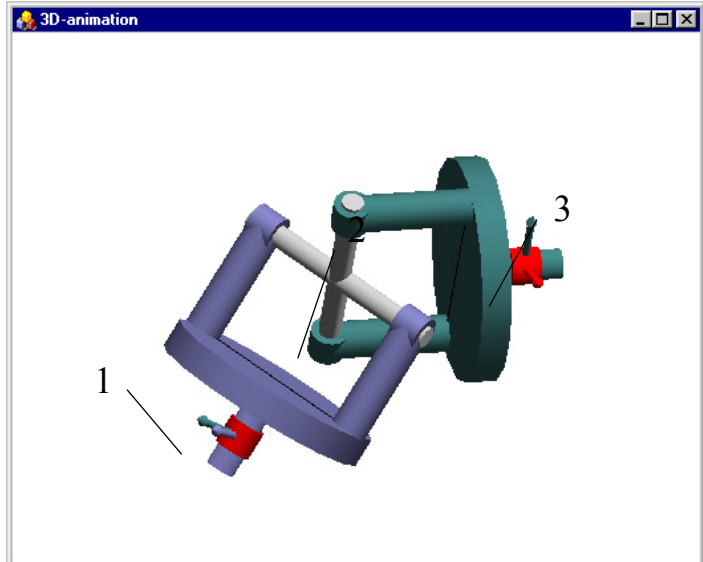


Рис.6

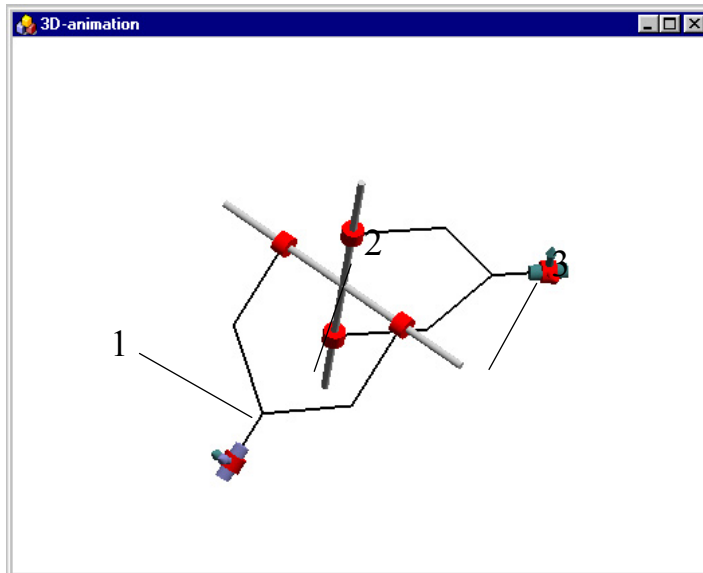


Рис.7

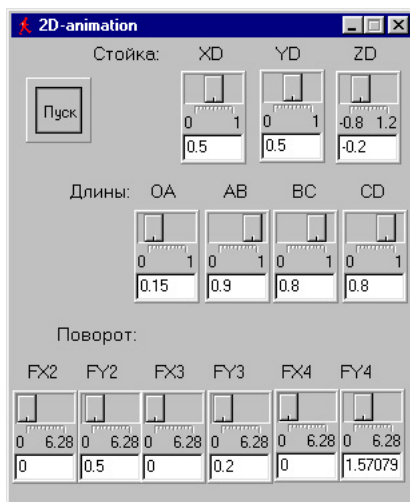


Рис.8

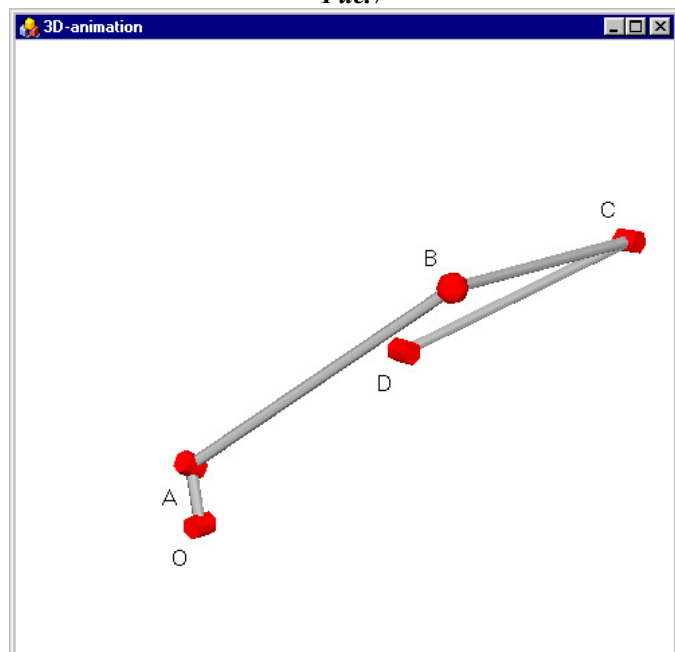


Рис.9

Шарниры O, A, C, D цилиндрические, шарнир B сферический. Для цилиндрических кинематических пар на панели 2D-анимации указывается ориентация относительно локальных систем координат (FX,FY). На данном примере нетрудно убедиться, что даже при незначительном изменении размеров механизм часто попадает в так называемые

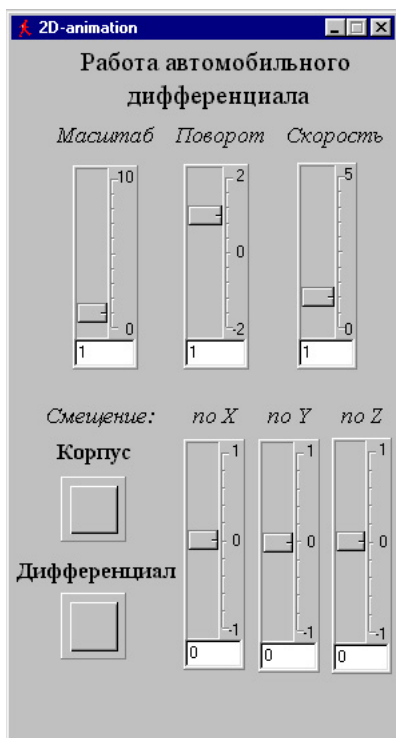


Рис.10

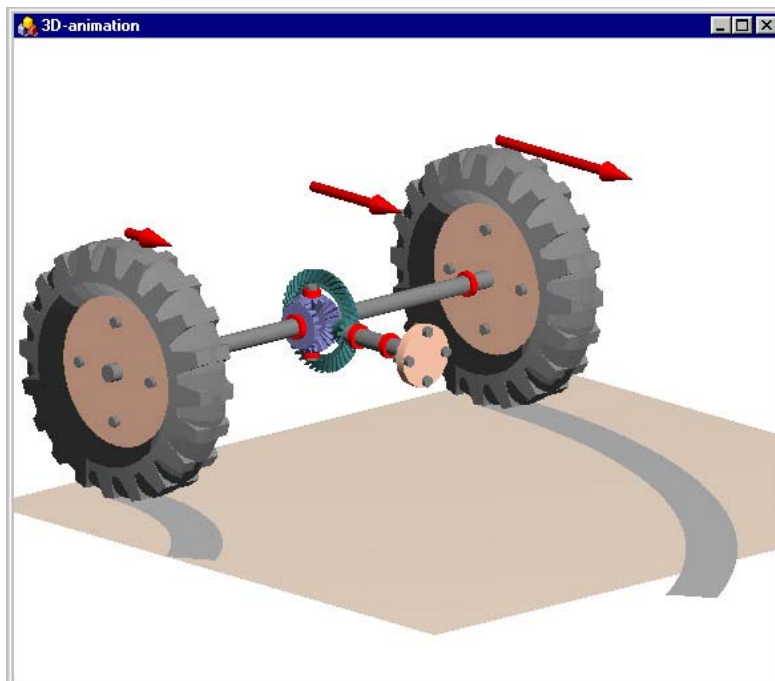


Рис.11

«особые положения», когда он не может повернуться.

6. Задний мост автомобиля. На рис.10 показана панель 2D-анимации, на рис.11 – конструктивная схема заднего моста заднеприводного автомобиля. Кнопками «Корпус» и «Дифференциал» на панели 2D-анимации можно «снять» (сделать невидимыми) корпус моста и крышку автомобильного дифференциала. Соответствующими бегунками можно сместить рисунок по координатам X,Y,Z и изменить масштаб (рис.12). Коэффициент K_V («Поворот») показывает соотношение скорости левого колеса и средней скорости моста ($-2 < K_V < 2$). Изменяя этот коэффициент, можно наблюдать работу дифференциала при вращении левого и правого колес с разными скоростями. Бегунок «Скорость» позволяет увеличить или уменьшить среднюю скорость двигателя.

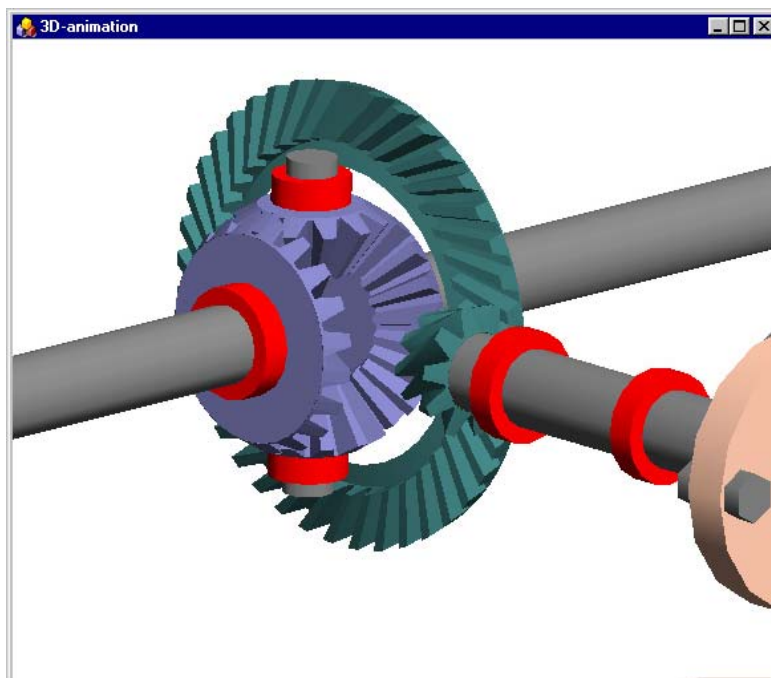


Рис.12

7. **Зубчатое зацепление.** На рис.13 изображено зацепление зубчатого колеса 1 с колесом 2 и инструментальной рейкой 3. Модуль зубчатого зацепления m принят равным 1мм. С помощью панели 2D-анимации (рис.14) можно изменять следующие параметры:

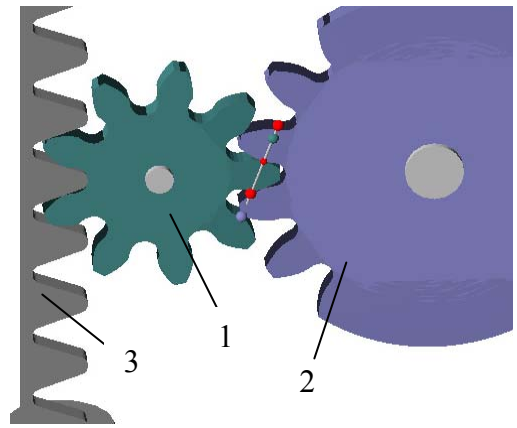


Рис. 13

- $x1n, x2n$ – номинальные коэффициенты смещения при нарезании колес (для беззазорного зацепления);
- $dx1, dx2$ – добавочные коэффициенты смещения при нарезании колес (они не приводят к изменению межосевого расстояния, т.е. появляется боковой зазор в зацеплении);
- X, Y , «Масштаб» - можно сместить рисунок по координатам X, Y и изменить масштаб;
- «beta» - угол наклона линии зуба (для косозубого зацепления);
- S – толщина зуба;
- $dra1, dra2$ – добавки к радиусам вершин.

Нажатием соответствующих кнопок можно сделать видимыми различные радиусы колес, линию зацепления, точки входа профилей в зацепление и пр. На рис.13 показана только линия зацепления и точки входа профилей в зацепление. На панель 2D-анимации (рис.14) выводится также следующая справочная информация: числа зубьев колес, коэффициенты смещения, радиусы окружностей: делительных, основных, начальных, вершин, впадин; минимальные радиусы с эвольвентным профилем; межосевое расстояние, коэффициент перекрытия, коэффициенты удельного скольжения, наличие интерференции и подрезания. В среде «Model Vision» (до создания выполняемого файла) можно также задать нужные числа зубьев колес. Указанные в статье примеры можно найти на портале «Теория механизмов и машин» по адресу: <http://tmm.spbstu.ru>.



Рис. 14

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Коловский М.З., Петров Г.Н., Слоущ А.В.** Об управлении движением замкнутых рычажных механизмов с несколькими степенями свободы // Проблемы машиностроения и надежности машин. 2000, № 4.

Поступила в редакцию 3.10.2003
После доработки 16.01.2004