

КОМПОНОВОЧНЫЕ СХЕМЫ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ТРАНСМИССИОННЫХ ЗУБЧАТЫХ МЕХАНИЗМОВ

Максимов С.А., Альгин В.Б.

While modeling transmission, two main types of models are used: a kinematic scheme and a CAD assembly. Both types have their own advantages and disadvantages as well. The kinematic scheme is flat and it doesn't contain special data to calculate loads. The CAD assembly – quite the contrary – is too detailed and it is rather hard to create this kind of model. This paper presents new type of model, taking position in-between the kinematic scheme and the CAD assembly.

При проектировании трансмиссий применяют два наиболее распространённых типа моделей: кинематическая схема и трёхмерная сборка. Кинематическая схема отображает принцип действия механизма и воспроизводит основные его функции. Однако для определения сил в зацеплениях передач или реакций в опорах валов кинематической схемы недостаточно. Необходимую информацию может предоставить трёхмерная сборка, полученная в системе твердотельного моделирования. Она является уже результатом работы конструктора и содержит избыточные данные, непринципиальные для проведения большинства расчётов. Универсальность трёхмерной сборки, как способа описания конструкций, на этапе расчётов можно отнести к ее недостаткам. Система твердотельного моделирования рассматривает любую конструкцию как набор соединённых между собой твёрдых тел. Что именно это за тела: зубчатые передачи, опоры или валы, — системе не важно, таким образом, нет возможности использовать трёхмерную сборку для автоматизации расчётов, специфических именно для трансмиссий. Кроме того, создание и редактирование трёхмерной сборки трансмиссии — это весьма трудоёмкий процесс, требующий времени и привлечения высококвалифицированного персонала.

Возникает потребность в создании специализированного пакета, позволяющего создавать модели редукторных узлов, которые отражали бы только основные характеристики, необходимые для проведения расчетов. Другим требованием к подобному пакету является наличие трехмерной визуализации модели и простого удобного пользовательского интерфейса, что позволило бы работать в данном пакете специалистам любого уровня. Такой программный инструмент моделирования должен позволять инжиниринговым компаниям разрабатывать системы и виртуально тестировать их до того, как последние покинут экран компьютера, сводя на нет необходимость в физическом тестировании. Внедрение анализа на самых первых стадиях процесса проектирования позволит повысить надежность проектирования, в то же время обеспечение совместимости с другими пакетами облегчит обмен информацией.

Подобные программные продукты уже существуют, например, APM WinMachine [6], модуль T-FLEX Расчеты/Зубчатые передачи [5], MechSoft [4], GearTrax [2] и другие. Их основная особенность состоит в том, что они позволяют моделировать лишь некоторый набор типовых схем, и это существенно ограничивает инженера в его работе. Поэтому одним из дополнительных требований к программному обеспечению является возможность моделирования произвольных механизмов, в том числе и планетарных.

Универсальной методики кинематического расчёта произвольного планетарного механизма не существует, есть лишь методики расчётов для типовых схем. Метод относительных полярных координат [7] подходит для расчёта сложных механизмов, при условии, что они состоят из цилиндрических зубчатых колёс, то есть не охватывает такие механизмы, как, например, конический дифференциал.

Таким образом, для рассматриваемого класса задач необходимо разработать соответствующие методические положения и ПО.

Очевидно, что между кинематической схемой и трёхмерной сборкой существует слишком большой пробел, для восполнения которого вводится еще один способ формального описания структуры трансмиссии – компоновочная схема. В рамках данного подхода в работах [1], [3] описано понятие компоновочной схемы, апробированы отдельные методические положения и элементная база.

В данной статье представлен новый вариант внутренней структуры данных, которая позволяет моделировать более широкий спектр механизмов, например, дифференциалы, бипланетарные механизмы и т.д. Это, в свою очередь, требует уточнения понятия компоновочной схемы, новой более совершенной методики расчётов и соответствующего программного обеспечения.

Компоновочная схема определяется как трёхмерный объект, отражающий особенности конструкции, необходимые для проведения расчетов нагрузок, которые обусловлены компоновкой узла (например, реакций подшипниковых опор). С точки зрения графического представления этот объект близок к эскизному проекту узла. Однако он не только отражает конфигурацию и необходимые размеры, но и содержит в себе комплекс методов для проведения расчетов нагрузок и анимации.

Структура трансмиссии описывается набором конструктивных элементов с заданными параметрами, и матрицей связи, в которой указывается не только наличие связи между двумя элементами, но и её параметры. Методика кинематического расчёта основана на применении формулы Виллиса. Силовой расчёт позволяет определять моменты, силы в зацеплениях, а также реакции в опорах.

Программное обеспечение (пакет «Assembling») представляет собой трёхмерный редактор компоновочной схемы с функциями расчётов. Библиотека конструктивных элементов включает в себя прямозубые и косозубые цилиндрические зубчатые колёса с внутренним и с внешним зацеплением, конические зубчатые колёса, опоры, муфты, элементы корпуса, тормоза, мотор, водило и элемент корпуса конического дифференциала. Также в ПО встроен редактор валов, позволяющий создавать ступенчатые валы с внешним и внутренним профилем. Для более удобного просмотра конструкции механизма можно сделать разрез вала (рис. 1).

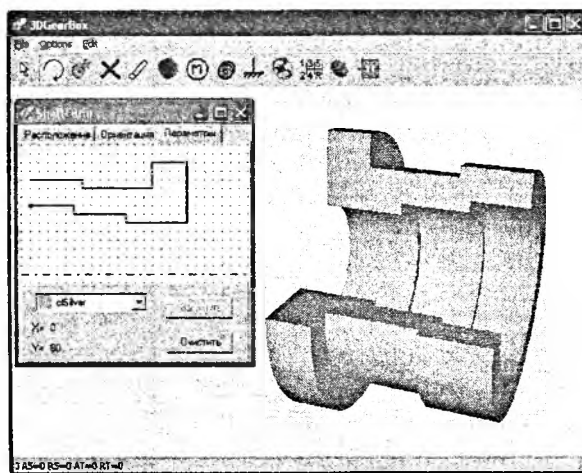


Рис. 1. Редактор валов

Гибкая структура данных для представления конструкции трансмиссии позволяет моделировать механизмы различной степени сложности и не ограничиваться типовыми схемами. Так, например, при помощи данного программного обеспечения был успешно смоделирован ведущий мост автомобиля МАЗ (рис. 1), коробка передач МЗКТ (рис. 2), бипланетарный механизм, применяемый в полировочных устройствах (рис. 3), планетарный механизм с замкнутой кинематической цепью (рис. 4) и др.

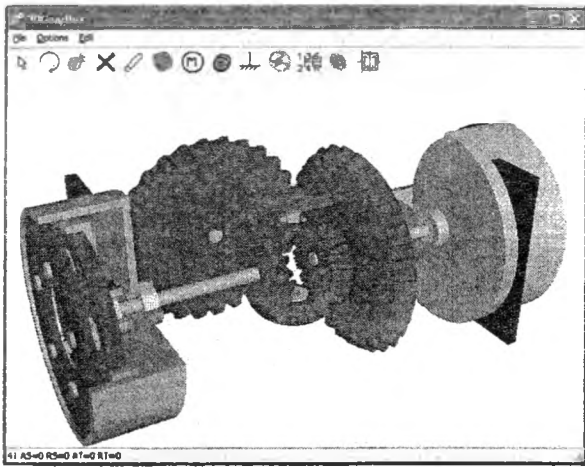


Рис. 1. Ведущий мост автомобиля

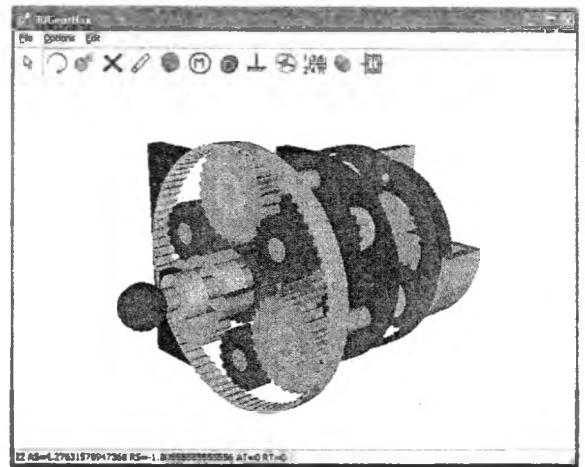


Рис. 2. Планетарная коробка передач

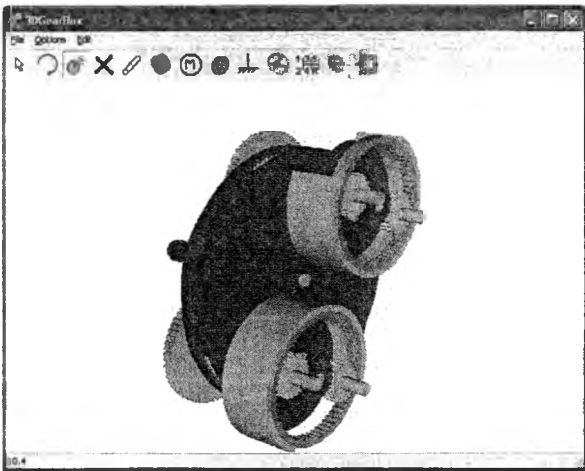


Рис. 3. Бипланетарный механизм
поливочного устройства

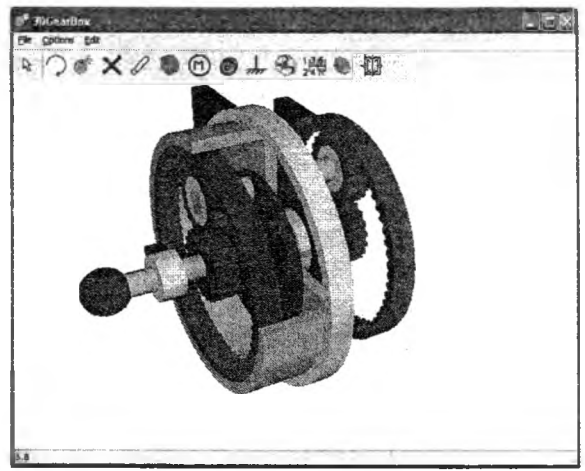


Рис. 4. Планетарный механизм
с замкнутой кинематической цепью

После того, как определена конструкция механизма, выполняются расчёты. Результаты силового расчёта (силы в зацеплениях и реакции в опорах) отображаются на экране разноцветными стрелками с подписанными числовыми значениями (рис. 6). Также можно запустить анимацию и визуально оценить работу механизма.

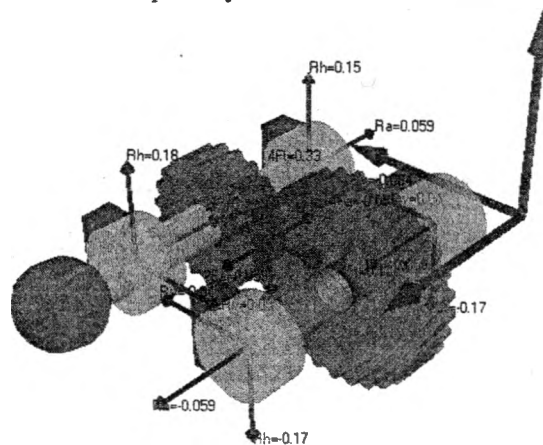


Рис. 6. Визуализация результатов расчётов

Новая доработанная структура данных компоновочной схемы сделала её более универсальной, расширился спектр моделируемых узлов. Создана методика кинематического расчёта произвольного планетарного механизма.

Разработанное программное обеспечение, основанное на введенном классе объектов «компоновочная схема», позволяет в короткие сроки создавать подробную объемную модель трансмиссии и производить с ее помощью необходимые кинематические и силовые расчёты, сопровождающиеся анимацией. Предусмотрена возможность экспортировать модель сложного зубчатого механизма в систему твердотельного моделирования SolidWorks.

Программное обеспечение используется для проектирования узлов трансмиссий автомобилей и тракторов. Оно может применяться при моделировании кинематики роботов и других машиностроительных объектов со сложными кинематическими связями и движениями.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кинематический и динамический расчет трансмиссионных систем на основе регулярных структурных компонентов / В.Б. Альгин, О.В. Дробышевская, С.В. Ломоносов, С.А. Максимов, В.М. Сорочан, Б.Н. Широков // Межведомственный сборник научно-методических статей «Теоретическая и прикладная механика». – Минск: БНТУ, 2006. – Вып. 21. – С. 67–77.

2. Колчин, И. Проектирование изделий с использованием современных методов инжиниринга [Электрон. ресурс] / САПР и графика. – 2001. № 4 – Режим доступа: <http://www.sapr.ru/Archive/SG/2001/4/28/>. – Дата доступа: 27.09.2007.

3. Максимов С. Моделирование и расчёт узлов трансмиссии / Автоматизация. – 2005. – № 3. – С. 13.

4. Официальный сайт компании Микро Экспресс Инт'л [Электрон. ресурс] / Режим доступа: www.microexp.com.by. – Дата доступа: 27.09.2007.

5. Официальный сайт компании Топ Системы [Электрон. ресурс] / Режим доступа: <http://www.tflex.ru/> – Дата доступа: 27.09.2007.

6. Шелофаст Вадим, Шелофаст Владимир Проектирование приводов вращения в среде АРМ WinMachine / [Электрон. ресурс] / САПР и графика. – 2006. №11. – Режим доступа: <http://www.sapr.ru/article.aspx?id=16906&iid=782>. – Дата доступа: 27.09.2007.

7. Moise V. Tabără I.A. The kinematics analyses of the planetary cylindrical gears using the independent contours method / Proceedings of 12th IFToMM World Congress, Besançon (France), June 18–21, 2007. – 4 p.