

РАЗРАБОТКА И ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЬЮТЕРНОЙ МУЛЬТИМЕДИЙНОЙ РАБОТЫ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ЗУБЧАТОЙ ПЕРЕДАЧИ В КУРСЕ ТЕОРИИ МЕХАНИЗМОВ И МАШИН

к.ф.-м.н. Бокун Г.С., к.ф.-м.н. Гапанюк Д.В., студ. Савинко А.А.,
студ. Савинко П.А.

Белорусский государственный технологический университет, Минск

Введение. Внедрение компьютерных технологий позволяет эффективно решать задачи по теории механизмов и машин. Для проектирования целесообразно использовать пакеты общего пользования, в частности Mathcad и КОМПАС [1-5], позволяющие наглядно отражать получаемые результаты.

В данной работе описывается процесс построения картины эвольвентного зубчатого зацепления и расчета параметров колес средствами пакетов Mathcad и КОМПАС, демонстрирующий развитие и совершенствование разработанных ранее подходов по применению компьютерных технологий в учебном процессе. Для более эффективного усвоения материала разработанный ранее компьютерный практикум дополнен мультимедийными лабораторными работами. Здесь излагается содержание работы, предназначенной для проектирования эвольвентной зубчатой передачи. Сначала дается описание проектирования с использованием пакета Mathcad, затем полученные результаты сопоставляются с картиной зацепления построенной с использованием пакета КОМПАС.

Основная часть. Процесс проектирования картины зубчатого эвольвентного зацепления в пакете Mathcad начинается с задания основных параметров: числа зубьев первого и второго колес, коэффициентов смещения исходного контура для первого и второго колес, модуля зубьев, коэффициента высоты зуба и коэффициента радиального зазора.

Далее следует геометрический расчет параметров зубчатых колес. Задается функция для вычисления инвалюты. Вычисляется угол зацепления прямозубой передачи, делительное межосевое расстояние, коэффициенты воспринимаемого и уравнивающего смещения, высота зуба и передаточное отношение. Для непосредственного построения картины эвольвентного зубчатого зацепления необходимо произвести расчет радиусов делительной, основной и начальной окружностей, а также окружностей впадин и вершин отдельно для каждого из колес. Производится расчет окружной делительной толщины зуба, угла профиля зуба на окружности впадин, окружной толщины зуба по вершинам, половины угловой ширины вершины, угловой ширины одной эвольвентной части зуба, половины угловой ширины впадины.

Для построения изображения необходимо задать соответствующее количество шагов, на которое разбивается один угловой шаг зубчатого колеса. Далее уравнениями описывается одна часть зуба посредством задания радиуса впадин, эвольвенты и радиуса вершин. После чего задается вторая часть зуба, а также все остальные зубья через необходимый угловой шаг. Изображение второго колеса строится аналогично.

Для нахождения точки касания зубьев колес и построения анимации движения, а точнее положения механизма в каждый из моментов времени, используется вариант автоматического программного управления. Основан он на специфическом использовании оператора FRAME, позволяющего организовать вычисления в цикле, когда расчетные данные в конце цикла записываются в отдельный файл и считываются,

как начальное приближение соответственно в начале цикла. В результате каждое новое решение системы уравнений, определяющей функции положения механизма, находится как уточнение результатов предыдущего решения. Готовая картина эвольвентного зацепления показана на рисунке 1.

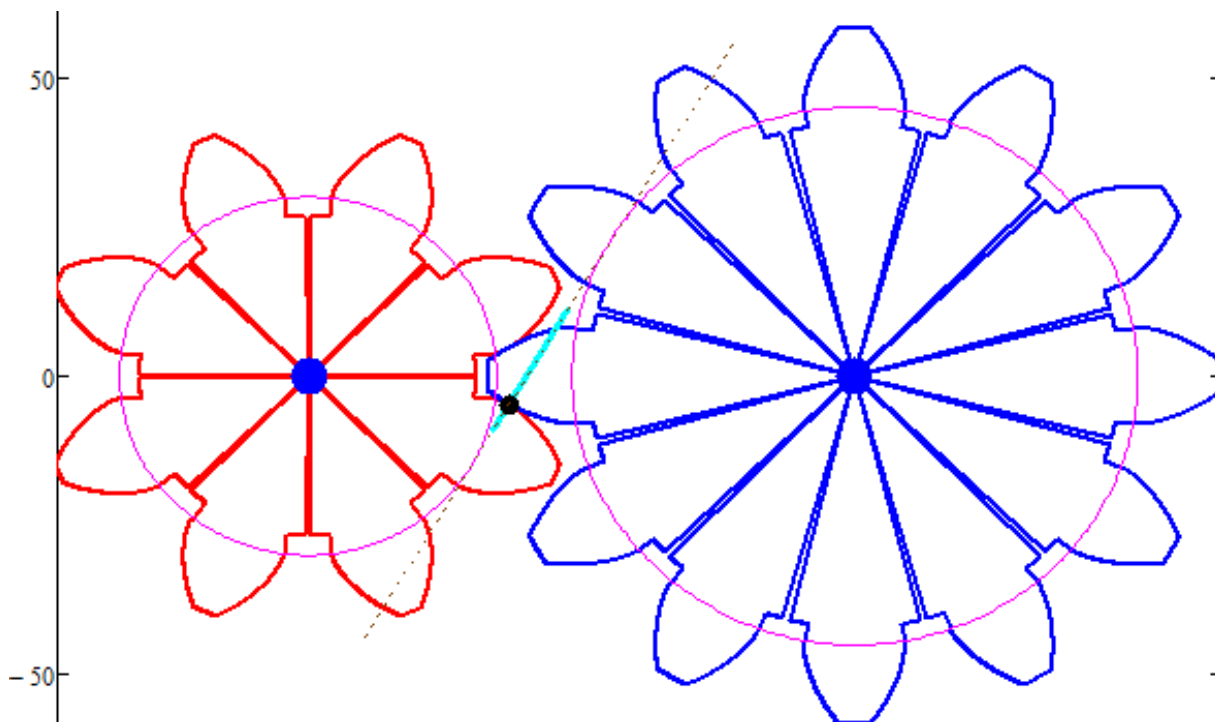


Рисунок 1. – Скриншот картины эвольвентного зацепления в пакете Mathcad

Наряду с использованием видеофильма, демонстрирующего особенности эвольвентного зацепления в Mathcad, предлагается осуществить вычерчивание картины зацепления в пакете КОМПАС. Это дает возможность ознакомиться в каждом конкретном случае не только с линией зацепления, как в случае упомянутой анимации, но и с другими характеристиками, такими как угловые и линейные шаги, делительная, начальная, основная окружности, углами перекрытия и зацепления и т. п.

Процесс построения картины зацепления в КОМПАС начнется с задания межосевого расстояния при помощи инструмента «отрезок», на концах которого строятся неподвижные шарниры при помощи инструментов «отрезок», «окружность» и «штриховка».

Далее из центра двух шарниров при помощи инструмента «окружность» проводятся окружности, равные радиусам делительной, начальной, основной окружностей, а также окружностей впадин и вершин (по пять окружностей для каждого колеса). Можно также воспользоваться вместо окружности инструментом «дуга». Для задания размеров на чертеже необходимо перейти в раздел «размеры» компактной панели, выбрать «радиальный размер» и указать размеры для всех окружностей.

Для демонстрации полюса зацепления необходимо провести касательную для к основным окружностям. Для этого выбирается раздел геометрии и инструмент «касательная к двум кривым» и проводится касательная к основным окружностям.

Для построения эвольвентных профилей зубьев необходимо графически реализовать обкатку основной окружности касательной. Для этого можно использовать инструмент «касательный отрезок через точку кривой». С помощью этой опции можно вычерчивать касательные отрезки требуемой длины, исходящие из заданных точек окружности.

Чтобы построить профиль зуба, необходимо по окружности вершин задать отрезок, равный половине толщины зуба по окружности вершин. Затем отразить ранее построенную эвольвенту от оси, проходящей через конец этого отрезка и центр колеса. Для этого необходимо выделить одним щелчком отражаемый фрагмент, выбрать в разделе «редактирование» опцию «симметрия», затем указать последовательными щелчками расположение оси симметрии и завершить построение. Для изображения остальных зубьев надо повторить рассмотренную процедуру, предварительно изобразив ось симметрии начерченного зуба. Последующий ее поворот на величину углового шага позволит выполнить построение других зубьев методом отражения, при условии, что поворачиваемый фрагмент будет предварительно выделен удерживанием левой клавиши мыши.

Если радиус основной окружности превосходит радиус окружности впадин, процедура построения бокового профиля зуба видоизменяется. На том участке, где не существует эвольвенты, боковой профиль очерчивается радиальным отрезком. Для его построения через центр колеса и начальную точку эвольвенты, лежащую на основной окружности, проводим вспомогательную прямую, используя соответствующую опцию из раздела «геометрия». Затем на этой прямой откладываем отрезок, расположенный между основной окружностью и окружностью впадин. Далее вспомогательная прямая удаляется как самостоятельный объект. Картина готового зацепления представлена на рисунке 2.

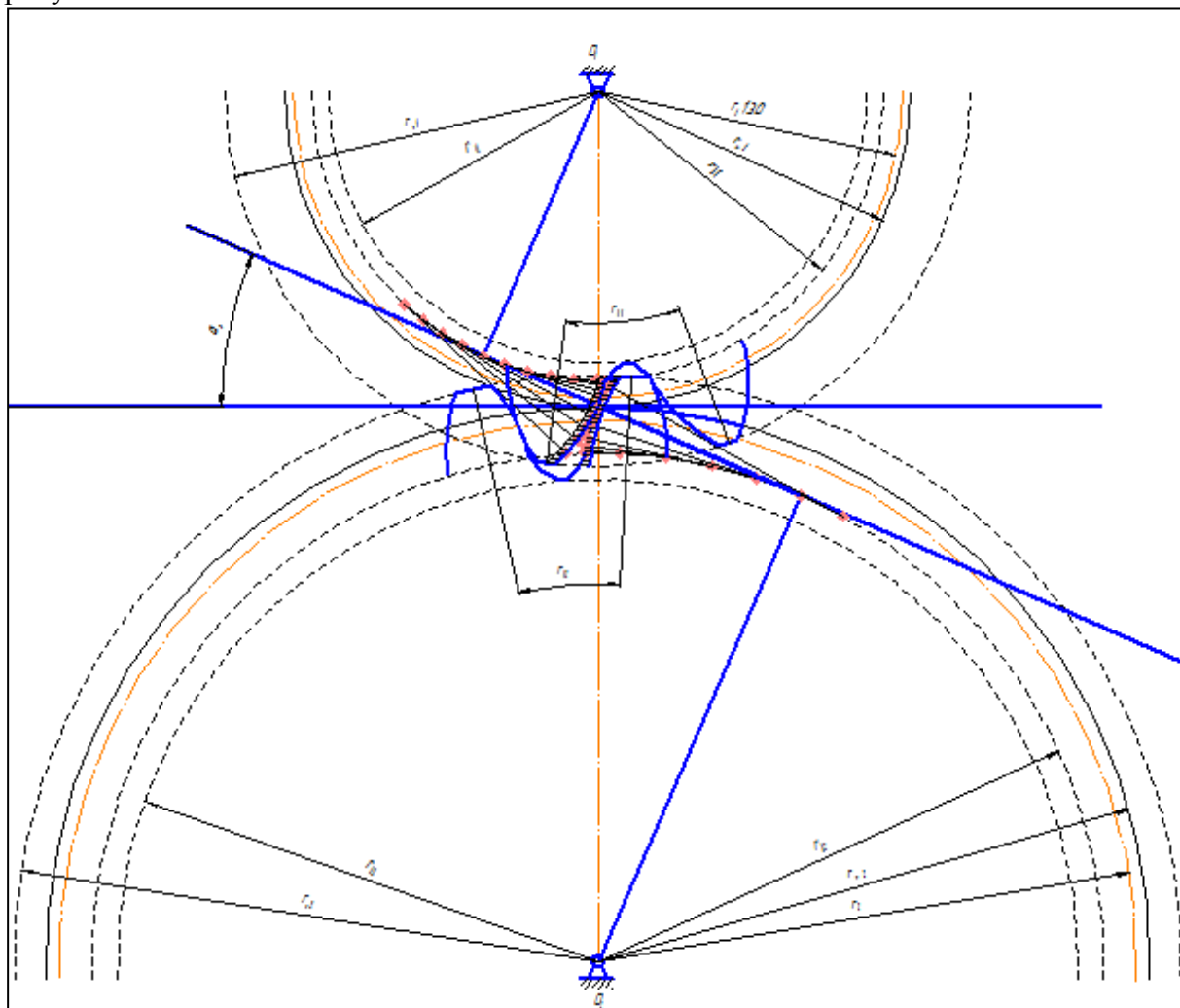


Рисунок 2. – Скриншот картины эвольвентного зацепления в пакете КОМПАС

Весь процесс построения картины эвольвентного зацепления в пакете КОМПАС был записан в видео файл при помощи программы для снятия скриншотов FsCapture. Используя встроенные возможности данной программы, удалось сделать монтаж записанного видеоматериала, добавить текстовые и звуковые пояснения. В результате чего был получен готовый продукт – пошаговая аудио-видео инструкция для построения картины эвольвентного зацепления в графическом пакете КОМПАС.

Заключение. Описанные методические разработки были использованы для выполнения курсового проекта по ТММ в форме индивидуальной самостоятельной работы в дисплейных классах университета. Для обеспечения выполнения указанной работы с помощью программных подходов, позволяющих осуществить захват экрана, была составлена аудио-видео инструкция, где демонстрируется и поясняется вся последовательность шагов по выполнению всех необходимых действий на компьютере. Использованные дополнительные возможности программного управления опциями пакета явились гарантом успешного проектирования картины эвольвентного зацепления цилиндрической зубчатой передачи.

РЕЗЮМЕ

Представлен опыт кафедры теоретической механики по внедрению компьютерных методов при проектировании механизмов во время обучения студентов по курсу теории машин и механизмов. Дано описание мультимедийной компьютерной работы, используемой для проектирования зубчатой передачи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бокун, Г. С. Применение информационных технологий для учебного проектирования механизмов / Г. С. Бокун, В. С. Вихренко, С. А. Гляков // Теоретическая и прикладная механика: межведомственный сборник научно-методических статей. – Минск: БНТУ, 2005. – Вып. 18. – С. 215–220.
2. Бокун, Г. С. Опыт внедрения компьютерных технологий в проектирование по курсу теории механизмов и машин / Г. С. Бокун, В. С. Вихренко, Д.В. Гапанюк // Труды.БГТУ – Минск: БГТУ, 2009. – Серия 8. – Вып. 10. – С. 45–47.
3. Бокун, Г. С. Компьютерный практикум по проектированию рычажных механизмов / Г. С. Бокун, В. С. Вихренко, Д. В. Гапанюк // Теоретическая и прикладная механика: межведомственный сборник научно-методических статей. – Минск: БНТУ, 2011. – Вып. 26. – С. 248–252.
4. Компьютерная механика. Динамический и кинематический анализ: курс лекций/ С.А. Гляков [и др.]: под ред. М.А. Журавкова.-Минск: БГУ,2006.-375с.
5. Бокун, Г. С. Использование функциональных представлений MATHCAD в задачах динамики по курсу ТММ / Г. С. Бокун, В. С. Вихренко, Д.В. Гапанюк // Теоретическая и прикладная механика: межведомственный сборник научно-методических статей. – Минск: БНТУ, 2010. – Вып. 25. – С. 312–316.

SUMMARY

The experience of the Department of Theoretical Mechanics in implementation of computational methods during training of students in the field of mechanisms design in the course of the Theory of Machines and Mechanisms is represented. The description of a multimedia lab for designing gear is given.

E-mail: tm@belstu.by
gapdm@mail.ru

Поступила в редакцию 10.09.2014