

УДК 519.85:621.83/85

ПРОГРАММНО-МАТЕМАТИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ СОЗДАНИЯ СПЕЦИАЛЬНЫХ ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЕЙ

© 2011 В.А. Титов, Н.А. Колбасина, Н.В. Мерзликина, Ю.А. Пикалов, В.С. Секацкий

Сибирский федеральный университет, г. Красноярск

Поступила в редакцию 18.10.2011

В данной статье рассматриваются основные элементы программно-математического комплекса создания специальных зубчатых передач измельчителей. Программно-математический комплекс впервые разработан для проектирования специальных зубчатых передач с использованием математических моделей и современных вычислительных пакетов, встраиваемых в CALS-технологии. Полученные результаты предназначены для создания измельчителей материалов на основе торцевых зубчатых передач и передач внутреннего зацепления.

Ключевые слова: специальные зубчатые передачи, измельчители материалов.

Известно, что одним из самых эффективных способов переработки сырья является способ измельчения в закрытом объеме путем совместного воздействия сжатия и сдвига – это способ эксрузионного измельчения [1]. Наиболее полно он реализуется в измельчителях на основе торцевых зубчатых передач [2–5] и в измельчителях на основе специальной зубчатой передачи внутреннего зацепления [6, 7]. Принципиальная схема измельчителя на основе торцевой зубчатой передачи представлена на рис. 1.

На рис. 2 представлены твердотельные модели измельчителей на основе торцевой зубчатой передачи (рис. 2, а) и передачи внутреннего зацепления (рис. 2, б).

Рабочим органом измельчителя является или торцевая зубчатая передача (рис. 3, а), или специальная цилиндрическая зубчатая передача внутреннего зацепления (рис. 3, б).

Сечение зубьев торцевой и цилиндрической передач по своей конфигурации идентичны. Поэтому при их проектировании применен единый подход.

Титов Валерий Архипович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Стандартизация, метрология и управление качеством». E-mail: titov-var@mail.ru
Колбасина Наталья Анатольевна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств». E-mail: natalya-Kolbasina@yandex.ru
Мерзликина Наталья Викторовна, старший преподаватель кафедры «Стандартизация, метрология и управление качеством». E-mail: mnv190573@mail.ru
Пикалов Юрий Анатольевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Стандартизация, метрология и управление качеством». E-mail: iapikalov@mail.ru
Секацкий Виктор Степанович, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Стандартизация, метрология и управление качеством». E-mail: sekackiy@rambler.ru

Современный подход к проектированию технических объектов подразумевает реализацию автоматизированного создания твердотельных моделей объектов, что позволяет на любом этапе проектирования изменить необходимые параметры модели для достижения оптимальных характеристик конструкции. Процесс создания шестерен и колес данных передач включает несколько этапов и достаточно трудоемок.

Специфика этих передач определена требованиями к измельчителям, основой которых они являются – это производительность, массогабаритные характеристики, ограничение по шумности работы. Исходя из этих требований передачи должны быть крупномодульными с числом зубьев шестерни $z_1 = 4\text{--}6$ и передаточным отношением $i_{21} = 1,5\ldots 2$, плавность их работы должна быть достаточно высокой [4].

Полное математическое описание геометрии таких передач, дающего возможность варьирова-

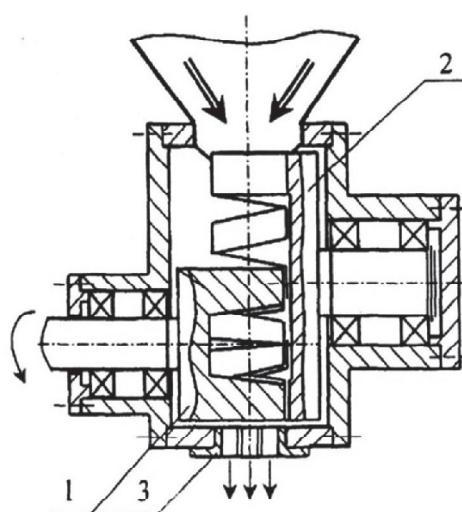
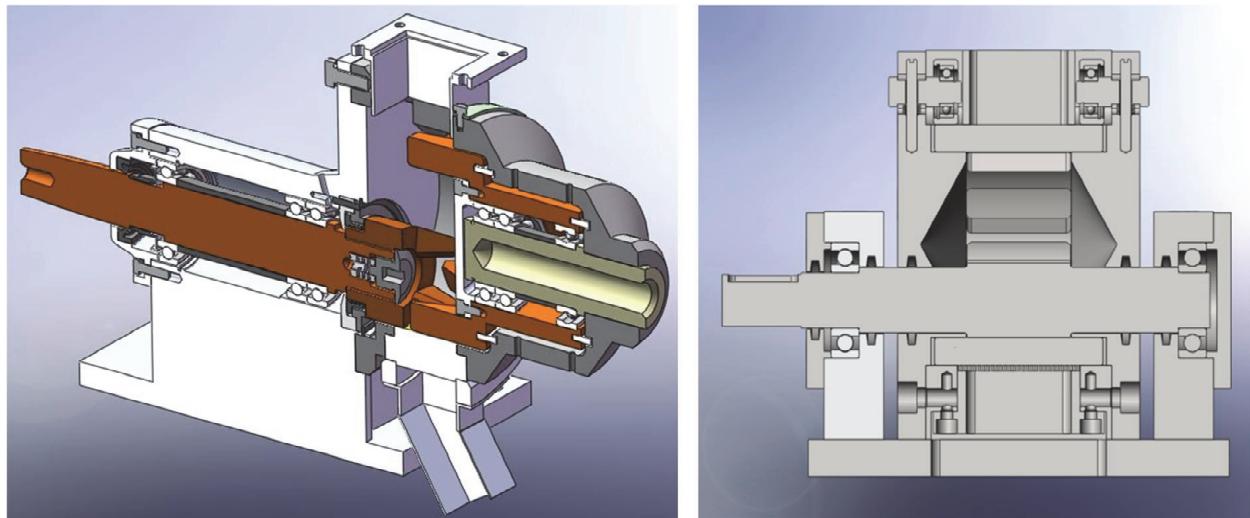
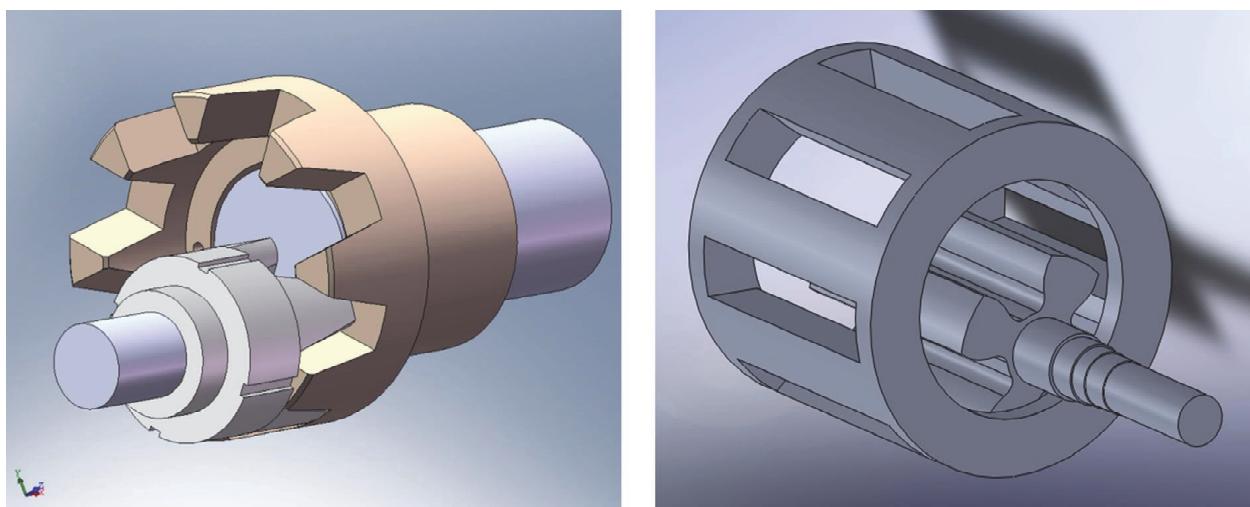


Рис. 1. Принципиальная схема измельчителя на основе торцевой зубчатой передачи



а)

б)

Рис. 2. Твердотельные модели измельчителей на основе специальных передач

а)

б)

Рис. 3. Специальные зубчатые передачи

ния параметров для выбора оптимального, приведено в работах авторов данной статьи [8, 9].

В рамках работ, проводимых в лаборатории “Энергоэффективные способы измельчения” СФУ, реализован синтез геометрий передач для измельчителей, совместимых с CALS-технологиями создания машин [8, 9]. Созданы процессорные модули на основе вычислительных пакетов типа COSMOS, ANSYS и т.д. для их использования в системах автоматического проектирования.

На рис. 4 представлена структура программно-математического комплекса создания специальных зубчатых передач измельчителей.

На первом этапе работы необходимо определить входные данные для проектирования.

Первоначальные параметры передачи (диаметр колеса, модуль, количество зубьев) задаются исходя из необходимой производительности для насыпных материалов и/или размера кусков измельчаемых материалов.

Модуль передач определяется по следующим формулам [4]. При измельчении кускового материала

$$m = \sqrt[3]{\frac{4c^3 \cos 0,5 \left(\frac{180^\circ}{i_{21} z_1} \right)}{\pi k_t (z_1 + 2)^2}}. \quad (1)$$

При измельчении насыпного материала

$$m = \sqrt[3]{\frac{4Q \cos 0,5 \left(\frac{180^\circ}{i_{21} z_1} \right) 10^6}{\rho \pi k_t (z_1 + 2)^2 z_1 n}}. \quad (2)$$

На втором этапе определяется геометрия профилей зубьев передачи исходя из условия их сопряженности. На основе уравнений (3, 4) про-

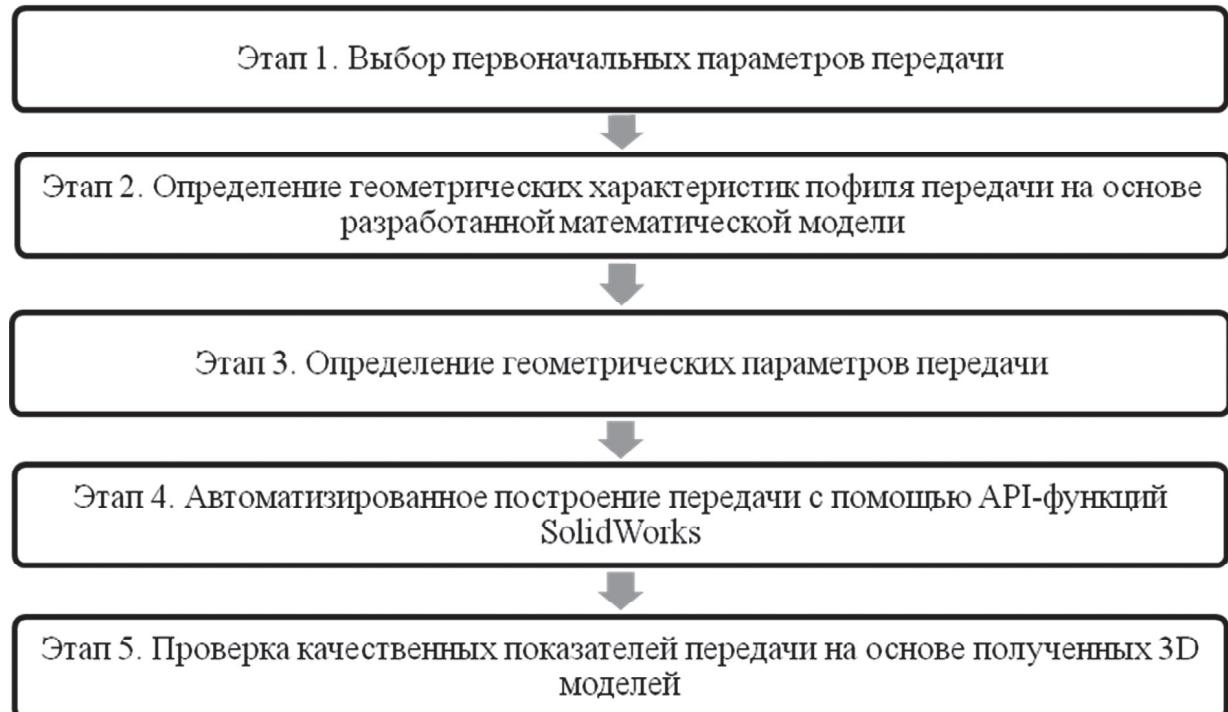


Рис. 4. Структура программно-математического комплекса

филь зубьев колеса и шестерни соответственно проводится расчет геометрических характеристик профилей колеса и шестерни в любом сечении, который позволяет визуализировать синтезированную передачу и получить координаты точек, образующих профили.

Линия профиля зуба колеса в системе координат колеса имеет вид

$$\begin{cases} x_k = u \cdot \operatorname{tg}\alpha + r_k \cdot (\sin \beta - \cos \beta \cdot \operatorname{tg}\alpha) \\ y_k = u \end{cases} \quad (3)$$

где u – вспомогательный параметр,

α – угол профиля зуба колеса,

β – угол, соответствующий длине дуги, равной половине ширины зуба колеса.

Уравнения рабочей поверхности профиля зуба шестерни в параметрическом виде:

$$\begin{cases} x'_{sh}(\psi) = r_k \sin(\alpha - \beta) \cos(R\psi + \alpha) + \frac{a}{R} \sin(R\psi + \alpha) \cos(R\psi + \alpha - \psi) - a \sin \psi \\ y'_{sh}(\psi) = -r_k \sin(\alpha - \beta) \sin(R\psi + \alpha) + \frac{a}{R} \cos(R\psi + \alpha) \cos(R\psi + \alpha - \psi) - a \cos \psi \end{cases} \quad (4)$$

где ψ – основной варьируемый параметр – угол обката, радиус обката принимается равным делительному диаметру шестерни,

α – угол профиля зуба колеса.

На рис. 5 представлены кривые, полученные по вышеприведенным уравнениям, представляющие профили зубьев колеса и шестерни в зацеплении.

Для построения твердотельных моделей передач был разработан программный модуль для реализации их автоматического параметрического построения.

На рис. 6 представлен интерфейс программы параметрического построения внутренней зубчатой передачи. Входными параметрами программы являются: параметры построения колеса (диаметры впадины, делительный и вершины, число зубьев), параметры построения шестерни (диаметры впадины, делительный и вершины, а также число зубьев), общие параметры построения (высота зуба и угол наклона профиля зуба).

На третьем этапе с помощью разработанной программы проводится уточненный расчет геометрических параметров передачи, схема которого представлена на (рис. 7).

На четвертом этапе с помощью разработанной программы проводится построение твердотельных моделей элементов передач с уточненными параметрами.

Пользователю предоставляется выбор: либо просмотреть полученную деталь, либо сохранить деталь без просмотра, используя расширение SLDPR. Чтобы построить деталь, после корректного заполнения всех полей, пользователь должен выбрать кнопку с нужной надписью. В итоге в зависимости от выбора пользователя, мы имеем либо файл сохраненной детали, либо твердотельную модель детали, построенную в SolidWorks 2008.

На рис. 8 и 9 представлены твердотельные модели колеса и шестерни зубчатого зацепления соответственно. Данные детали участвовали в синтезе сборки зацепления, показанного на рис. 2 и 3.

Разработка модуля параметризированного построения шестерни внутренней зубчатой пе-

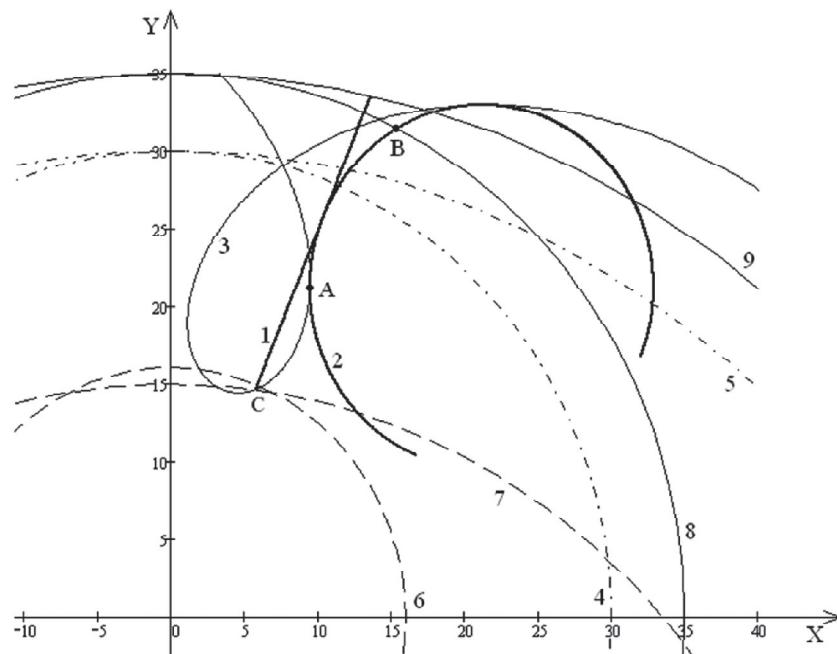


Рис. 5. Кривые, представляющие профили зубьев колес и шестерни:

отрезок 1 – правый профиль зуба колеса; дуга АВ – левый профиль зуба шестерни; дуга 2 – огибающая, образующая сопряженный профиль шестерни; петля 3 – траектория движения вершины профиля зуба колеса при обкате; окружность 4 – делительная окружность для шестерни, окружность 5 – делительная окружность для колеса; окружность 6 – окружность впадин для шестерни; окружность 7 – окружность впадин для колеса; окружность 8 – окружность вершин для шестерни, окружность 9 – окружность вершин для колеса

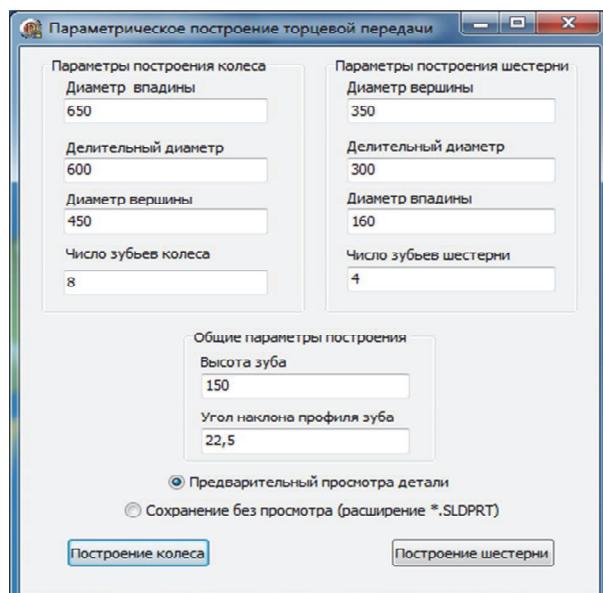


Рис. 6. Интерфейс приложения

передачи осуществлялся в программном продукте CodeGear 2009 Version 12.0.3170.16989, с помощью ActiveX-технологий.

На рис. 10 представлена иерархия модулей программы автоматизированного построения твердотельных моделей колеса и шестерни передачи.

Данная программа имеет следующую структуру модулей:

1) Main_Unit – ввод входных параметров передачи. Данный модуль является вызываю-

ющим другие модули, которые реализуют функционал приложения.

2) Common_Unit – функции открытия SolidWorks 2008, режимы сохранения детали в SolidWorks; в данном модуле реализованы следующие функции:

- function OpenSW: IModelDoc2 – запуск программы SolidWorks 2008 и создание нового документа;

- function FindPlanes: HResult – на выходе имеем указатель на нужную плоскость (xy, xz, yz);

- function CloseSWSave: string – работа в режиме “Сохранение без просмотра”, в результате получаем название детали;

- function CloseSWShow: Hresult – работа в режиме “Предварительный просмотр детали”, возвращает S_OK в случае успеха;

3) Build_kol – построение твердотельной модели колеса в SolidWorks;

- procedure Postroenie_kolesa – реализует построение модели колеса, в результате имеем готовую модель в программе SolidWorks;

4) Build_Shest - построение твердотельной модели шестерни в SolidWorks;

- Procedure Postroenie_Shest – реализует построение модели шестерни, в результате имеем готовую модель в программе SolidWorks.

Реализация данного программного приложения существенно облегчает и сокращает время процесса создания и последующего анализа характеристик специальных зубчатых передач.

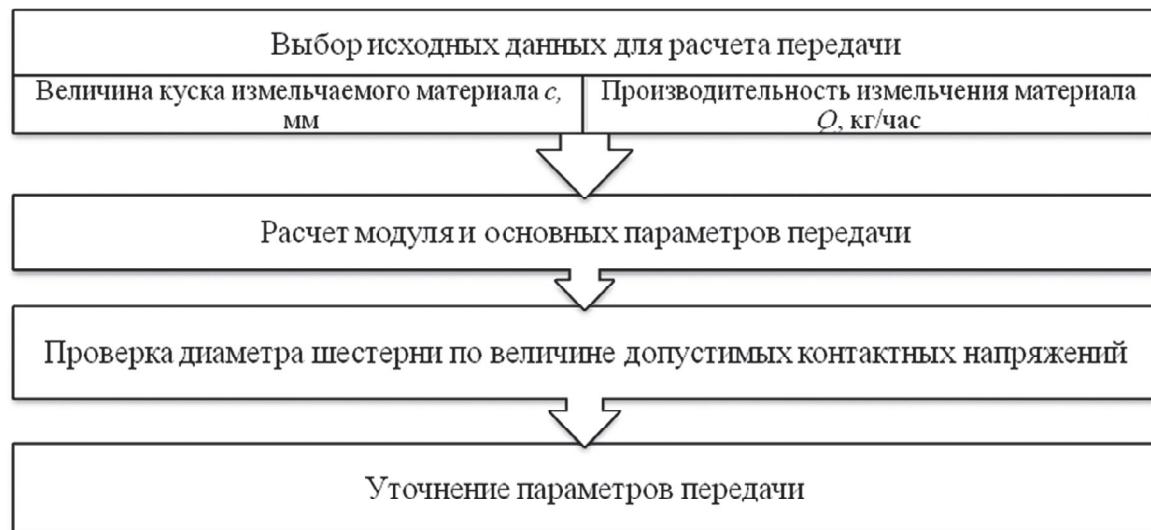


Рис. 7. Схема расчета параметров передачи

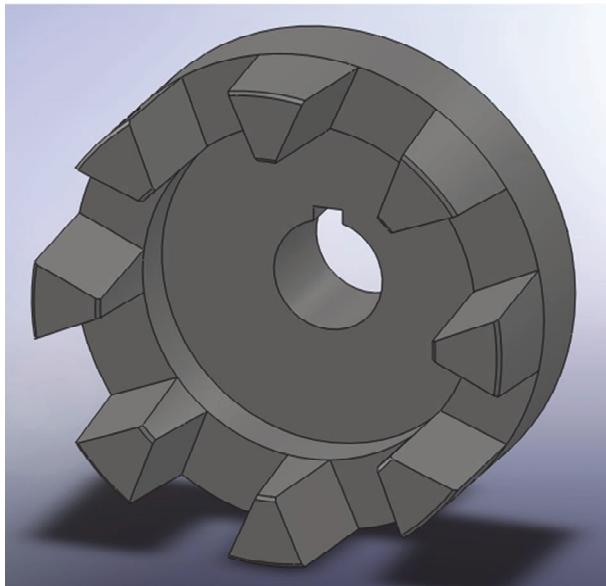


Рис. 8. Колесо зубчатого зацепления

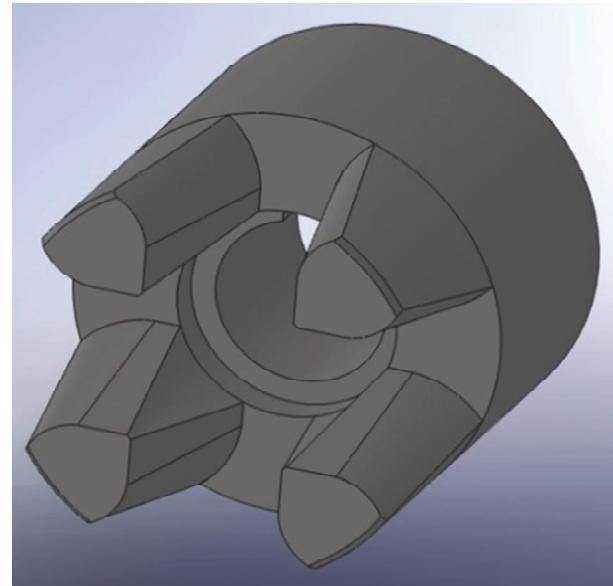


Рис. 9. Шестерня зубчатого зацепления

На последнем этапе по построенной твердотельной модели проводится анализ качественных характеристик передачи, таких как плавность работы, прочность, собираемость

конструкции и т.д. Проверка производится с помощью встроенных модулей SolidWorks, в частности модулей инженерного и кинематического анализа.

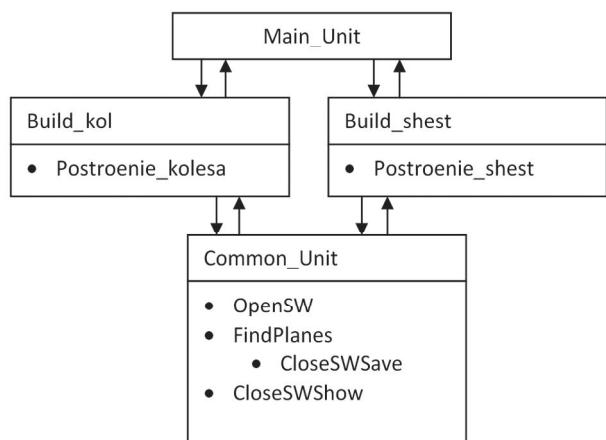


Рис. 10. Иерархия модулей в приложении

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Титов В.А., Василенко Н.В. Реализация способа экструзионного измельчения в дезинтеграторе на основе торцевой зубчатой передачи // Проблемы машиностроения и автоматизации. 2007. №1. С. 115-117.
2. Экспериментальное исследование многофункциональных возможностей измельчителя на основе торцевой зубчатой передачи / В.А. Титов, Н.В. Мерзликина, Ю.А. Пикалов, В.С. Секацкий // Известия Самарского научного центра РАН. 2010. Т. 12 (33). №1(2). С. 556-559.
3. Управление качеством измельчаемого сырья и производительностью работы на универсальном измельчителе с торцевой зубчатой передачей/ Н.В. Мерзликина, Ю.А. Пикалов, В.А. Титов, В.С. Секацкий // Труды V Международной научно-практической кон-

- ференции “Управление качеством в современной организации”. Пенза, 2010. С.73- 76.
4. Использование возможностей торцевой зубчатой передачи для измельчения материалов / В.А. Титов, В.С. Секацкий, Н.А. Колбасина, Н.В. Мерзликина // Проблемы машиностроения и автоматизации. 2009. №4. С.99-105.
 5. Титов В.А., Мерзликина Н.В. Дезинтегратор для нужд сельского хозяйства. Исследование процессов измельчения // Вестник КрасГАУ. 2009. Вып.11. С.166-170.
 6. Патент РФ №2412006 Измельчитель / В.А. Титов.
 7. Построение трехмерной параметрической модели торцевой зубчатой передачи для измельчителя материалов / Н.В. Мерзликина, Д.И. Морозов, Н.А. Колбасина, В.А. Титов // Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М.Ф. Решетнева. 2010. Вып. 6 (32). С.52-55.
 8. Титов В.А., Колбасина Н.А. Геометрия оригинальной цилиндрической передачи внутреннего зацепления для измельчителей материалов // Проблемы машиностроения и автоматизации, 2010, №3, с. 91-93.

MATH-SOFTWARE SYSTEM FOR THE ESTABLISHMENT OF SPECIAL GEARS CRUSHER

© 2011 V.A. Titov, N.A. Kolbasina, N.V. Merzlikina, Y.A. Pickalov, V.S. Sekatskii

Siberian Federal University, Krasnoyarsk

This article discusses the basic elements of complex mathematical software and the creation of special gear grinders. Software-math complex was first developed for the design of special gear with the use of mathematical models and modern computational packages, embedded in CALS-technology. The results are intended to create a sizer-based materials end gears and gear internal gear.

Key words: special gears, grinders materials.

Valery Titov, Candidate of Technics, Associate Professor at the Standardization and Quality Control Department.

E-mail: titov-var@mail.ru

Natalya Kolbasina, Candidate of Technics, Associate Professor at the Design and Technology Software Engineering Industries. E-mail: natalya-Kolbasina@yandex.ru

Natalya Merzlikina, Senior Lecturer at the Standardization and Quality Control Department.

E-mail: mnv190573@mail.ru

Yuri Pickalov, Candidate of Technics, Associate Professor at the Standardization and Quality Control Department.

E-mail: uapikalov@mail.ru

Viktor Sekatsky, Candidate of Technics, Associate Professor, Head at the Standardization and Quality Control Department. E-mail: sekackiy@rambler.ru