

$$Y_{ae1} = 1 - 0.97 \cdot 3.41^{0.038} \left[\frac{0.12 \cdot 4.8^2}{1 + 0.21 \cdot 4.8 + 0.12 \cdot 4.8^2} + 0.0031(20 - 17) \right] = 0.402.$$

4. Согласно [9] $F_\beta = 0.040$ мм, тогда на основании (14) и (12) имеем

$$\gamma_\Sigma = 1.1 \cdot 0.04/80 + 0.0007 = 0.00125 \text{ рад.}$$

5. Определяем окружную силу

$$F_t = 2000T_2 / (mz_2) = 2000 \cdot 2400 / (5 \cdot 60) = 16000 \text{ Н.}$$

Тогда фактор $F_t / m^2 = 16000/25 = 640 \text{ МПа.}$

6. По (15) находим продольный приведенный главный радиус кривизны:

$$\rho_\beta^* = 1.806 \cdot 10^4 \cdot 4.8^{2.69} \cdot 3.41^{0.103} \cdot 640^{-0.897} = 4236.$$

7. По (11) и (18) определяем $S^* = 0.00125 \cdot 4236 = 5.3$, $t = 5.3 \cdot 20/16 = 6.62$.

8. По таблице 2 с помощью линейной интерполяции для $t = 6.62$ и $a_{H1} / b_w = 0.3$ определяем $K_{F\beta 1} = 1.24$.

9. Теперь: $(Y_{Veds})_1 = 0.778 \cdot 0.402 \cdot 1.24 = 0.388$.

10. Искомое изгибное напряжение в основании зуба шестерни:

$$\sigma_{F1} = 2000 \cdot 2400 \cdot 0.388 / (5^3 \cdot 60) = 248 \text{ МПа.}$$

11. По (16) определяем величину Δ торцового отвода поверхностей зубьев, необходимую для наладки зубообрабатывающего станка:

$$\Delta = 80^2 / (8 \cdot 5 \cdot 4236) = 0.038 \text{ мм.}$$

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ 10-08-00031.

Список литературы: 1. *ГОСТ 21354-87*. Передачи зубчатые цилиндрические эвольвентные. Расчет на прочность. – М.: Изд-во стандартов, 1988. – 125с. 2. *Часовников Л.Д.* Передачи зацеплением (зубчатые и червячные). 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1969. – 486с. 3. Передачи зубчатые Новикова с твердостью поверхностей зубьев $HV \geq 350$. Расчет на прочность. Методические рекомендации МР 221-86. – М.: ВНИИНМАШ, 1987. – 86с. 4. *Короткин В.И., Онищев Н.П., Харитонов Ю.Д.* Зубчатые передачи Новикова. Достижения и развитие. – М.: Машиностроение-1, 2007. – 384с. 5. *Короткин В.И., Колосова Е.М., Сухов Д.Ю.* Коэффициент формы зуба при расчете на изломную прочность цилиндрических эвольвентных зубчатых колес, работающих в условиях локального контакта // Изв. вузов. Сев.-Кав. Регион. Технические науки. – 2009. – №5. – С.78–84. 6. *Яковлев А.С.* К оценке напряженности материала зубьев передач с зацеплением Новикова // Изв. вузов. Машиностроение. – 1985. – №6. – С.13–16. 7. *Устиненко В.Л.* Напряженное состояние зубьев цилиндрических прямозубых колес. – М.: Машиностроение, 1972. – 92с. 8. *Яковлев А.С.* К определению напряжений изгиба в зубьях цилиндрических передач методом граничных конечных элементов // Машиноведение. – 1982. – №2. – С.89–94. 9. *ГОСТ 1643-81*. Передачи зубчатые цилиндрические. Допуски. – М.: Изд-во стандартов, 1981. – 69с. 10. *ГОСТ 16532-70*. Передачи зубчатые цилиндрические эвольвентные внешнего зацепления. Расчет геометрии. – М.: Изд-во стандартов, 1971. – 4с.

Поступила в редколлегию 05.04.10

УДК 621.81 (075.8)

Л.В. КУРМАЗ, к.т.н., проф. каф. деталей машин и ПМ НТУ "ХПИ", г Харьков

T-FLEX PARAMETRIC CAD И ТРЕХМЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ДЕТАЛЯХ МАШИН

Представлено деякі результати застосування програми T-FLEX parametric CAD до тривимірного конструювання деталей машин – шківів, зірочок, зубчастих коліс. Виконано приклад конструювання шківів пасової передачі.

Some results of application of the program T-FLEX parametric CAD to three-dimensional constructing of details of machines – cones, asterisks, cog-wheels are submitted. The example of constructing of a cone of belt transmission is executed.

Постановка проблемы. В настоящее время все более широко используется трехмерное конструирование в конструкторских бюро, а также в студенческой практике конструирования. Особый интерес вызывает трехмерное конструирование с параметризацией ряда параметров конструкции, что позволяет расширить область использования разработанной конструкции шкивов, звездочек, колес на ряд этих же деталей, но с измененными параметрами.

Анализ литературы. T-FLEX parametric CAD – система автоматизированного конструирования, которая позволяет высокую степень изменения содержания чертежа при постоянстве конструкционного решения, заложенного конструктором [1].

Под параметризацией понимаем многократное использование технического чертежа с возможностью изменения его параметров. Теоретически все последние CAD-системы, SOLID-WORKS, КОМПАС декларируют о возможности параметризации чертежей. Но разработанные ранее, до появления концепции параметризации, эти системы базируются на внутренней организации данных, которая не наилучшим способом соответствует параметризации и приводит к малоэффективным или ограниченным решениям.

От конструктора, работающего с T-FLEX CAD, не требуются специальных знаний из области программирования. Параметры чертежа могут быть изменяемые или задаваемые в соответствии с представленными зависимостями. Их определение может быть выполнено в начале или во время процесса конструирования, получено из других чертежей или баз данных, что увеличивает возможности модификации рисунка до бесконечности.

Созданные трехмерные параметрические модели конструкции легко модифицируются. При параметрическом изменении двухмерных моделей чертежа автоматически изменяются параметры трехмерной модели и наоборот.

Используемая теория и алгоритмы простые и доступные для пользователя без специальной подготовки.

Цель статьи – апробировать программу T-FLEX CAD для ее использования в процессе конструирования деталей машин (без параметризации параметров).

В системе T-FLEX CAD существуют два способа создания 3D моделей:

- создание 3D модели по схеме "Рабочая плоскость – Эскиз – Модель";
- создание 3D модели по схеме "От 2D к 3D".

Для создания 3D моделей двумя способами используются одинаковые операции. Разница состоит в способах создания 3D элементов.

Рассмотрим создание 3D модели чертежа шкива плоскоременной передачи [2] по схеме "Рабочая плоскость – Эскиз – Модель", которая представляется более удобной. При использовании этой схемы графическая разработка шкива выполняется в 3D окне, а затем, если есть потребность, независимо от способа создания 3D модели можно создавать чертежи, разрезы, сечения и т.д. соответствующих размеров со всеми атрибутами чертежа – размерами, обозначениями посадок, шероховатостей, допусков формы и расположения поверхностей, рамки чертежа с соответствующими техническими условиями и т.д.

Схема процесса создания 3D модели чертежа шкива [2] схематически представлена на рисунке 1. Создание 3D модели шкива выполняется этапами:

- создание нового документа (рисунок 1,а);
- создание базовых линий (рисунок 1,б) и линий контура шкива (параметрических линий) (рисунок 1,в);
- создание контура шкива и осевой линии (рисунок 1,г);
- вращение контура шкива и получение 3D его модели (рисунок 1,д);
- выполнение вспомогательных профилей для операций выталкивания и булевых операций уменьшения (рисунок 1,е,ж) с выполнением указанных операций;
- выполнение операций выталкивания и булевых операций уменьшения и получение 3D модели шкива (рисунок 1,и);
- выполнение фасок, закруглений и т.д.;
- выполнение плоских рабочих чертежей с изменением их размеров (рисунок 1,к).

Для создания нового файла в T-FLEX CAD выбираем на инструментальной панели команду **создать новую 3D модель** (команда **F3**), для чего нажимаем левую клавишу мышки. Результат виден на рисунке 1,а.

Выбираем на рисунке 1,и из трех плоскостей рабочую плоскость **вид спереди**, нажимая левую клавишу мышки на ее очертание, и вызываем команду **построить прямую** (команда **L:**), в результате чего плоскость становится рабочей. Результат виден на рисунке 1,б. Сейчас на плоскости вид спереди доступны все команды плоского черчения

Выбирая базовый пункт на рабочей плоскости, создадим две базовые прямые (команда **создать две перпендикулярные прямые и узел** (команда **L:**)). Для этого курсором укажем произвольную точку в левой нижней части рабочей плоскости и нажмем левую клавишу мышки. Результат виден на ри-

сунке 1,б. Все дальнейшие операции по выполнению конструкции шкива будем привязывать к базовому узлу и к базовым прямым.

Проведем ряд вертикальных и горизонтальных линий на определенном расстоянии от базовых линий, используя команду **построение; прямая** (команда **L:**). Для рисования линии параллельной заданной выбираем заданную линию, относительно которой будет создана новая. Заданной линией может быть одна из базовых линий или же нарисованная ранее линия. Наводим курсор на заданную линию, нажимаем левую клавишу мышки (курсор меняет знак) и перетаскиваем ее на необходимое расстояние, образуя таким образом новую линию. Расстояние перетаскивания можно контролировать, включив окно свойства. При этом включается счетчик расстояния перетягивания. Команда **построение; прямая** (команда **L:**) остается включенной и далее, что позволяет нарисовать еще линию или ряд линий, не выходя из команды. Расстояние перетягивания можно получить из существующего плоского чертежа шкива и в каждый момент изменить его. Полученный таким образом ряд вертикальных и горизонтальных линий (параметрических линий) используется для рисования сечения ступицы, диска и венца по узлам их пересечения (рисунок 1,в).

Ориентируясь на существующую или желаемую для выполнения конструкции шкива и нанесенные ранее параметрические линии командой **рисунок; изображение** (команда **G**) обводим по узлам пересечения параметрических линий замкнутый контур сечения шкива. Линия рисования (линия изображения) – continuous. Выполняется также осевая линия. Тип осевой линии – center (рисунок 1,г).

Выходим из режима рисования и вызываем команду **операции; вращение** (команда **3RO**). Для получения параметрической модели используются как линии параметрические, так и линии изображения. На основании линий изображения и оси вращения, выбираемых автоматически, программа строит 3D профиль, который можно предварительно просмотреть. Угол вращения – 360° , что устанавливается в окне **свойства**. В автоменю в этом случае доступна пиктограмма **V**, информирующая о том, что можно закончить операцию вращения. Нажимаем на эту пиктограмму и в окне 3D появляется трехмерное изображение шкива ременной передачи (рисунок 1,д).

Полученное изображение шкива лишено отверстий в диске и шпоночного паза в ступице (рисунок 1,е). Для их создания передвинем курсор на рабочую плоскость 2D, которая при этом подсветится, и нажмем левую клавишу мышки. В контекстном меню выбираем пункт чертить по грани (рисунок 1,ж). Выбираем команду **построение; окружность** (команда **C**). Укажем курсором в центральный узел, чтобы выбрать его в качестве центра окружности. Задаем величину радиуса окружности в окне **свойства** и получаем центральную окружность размещения отверстий на диске. На ней подобным образом чертим четыре отверстия. Далее командой **чертеж; изображение** (команда **G**) изменяем тип линии четырех окружностей на линии изображения.

По размерам сечения шпонки выполняем две вертикальные и две горизонтальные параметрические прямые в отверстии вала под ступицу. Их пере-

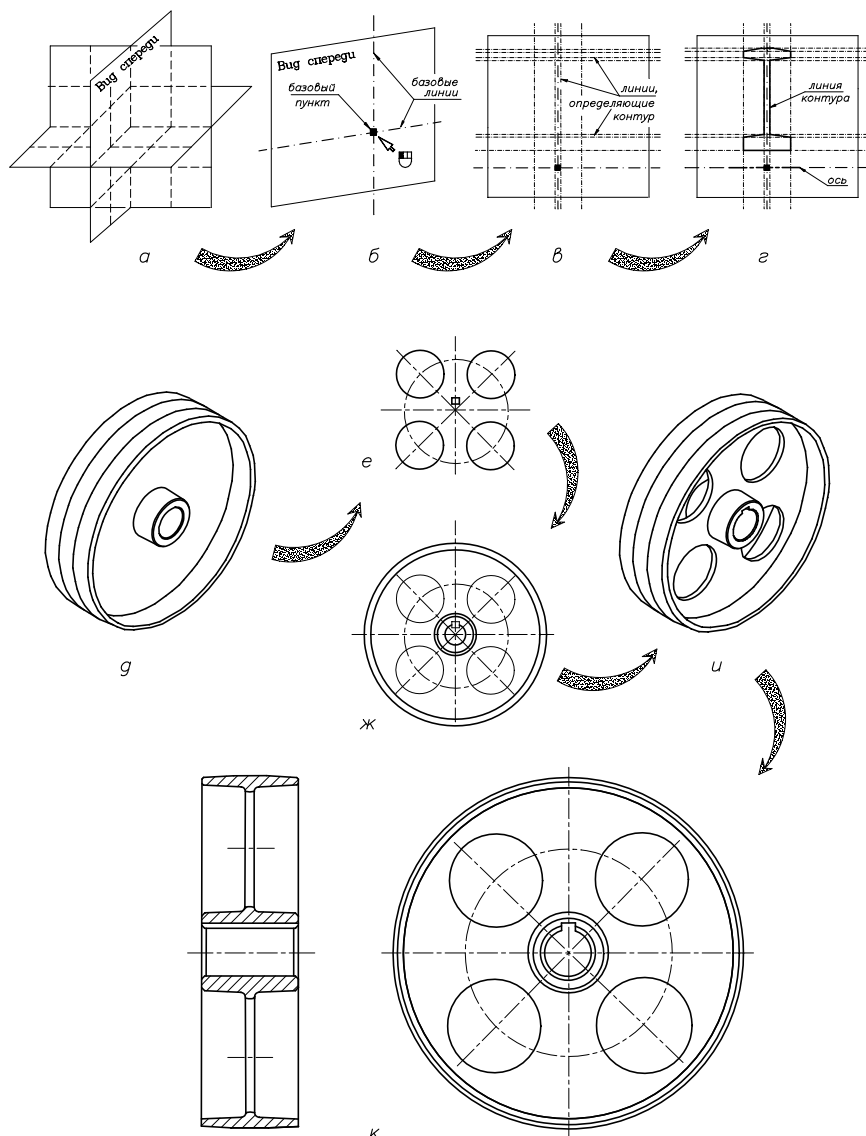


Рисунок 1 – Схема создания 3D модели шкива плоскоременной передачи:

а – создание нового документа; б – создание базового пункта и базовых линий на плоскости 3D; в – создание линий, определяющих контур шкива; г – обрисовывание контура шкива и осевой линии; д – вращение контура шкива и создание 3D модели шкива; е – элементы, создающие отверстия в диске шкива, а также шпоночный паз в ступице; ж – размещение этих элементов на рабочей плоскости 3D; и – шкив после выполнения операций выталкивания элементов по п. е; к – графика рабочего чертежа (без размеров, посадок, шероховатости, допусков формы и расположения; без рамки, ТУ и т.д.)

сечение определяет размеры поперечного сечения шпонки, которые командой **построение; прямая** (команда **L:**) обрисовываем линией изображения. Таким образом, имеем подготовленные четыре отверстия и шпоночный паз для выполнения операции **выталкивание** (операция **3X**), которая переводит при этом чертеж в трехмерное пространство. В автоменю появляется опция **выбрать контур** (опция **R**). Выбираем подготовленные контуры отверстий и шпоночного паза наведением на них курсора, которые при этом подсвечиваются. Система автоматически устанавливает вектор выталкивания перпендикулярно плоскости профиля наружу от границ. Далее система просит выбрать начальный, а потом конечный пункты выталкивания. Курсором выбираем начало и конец оси шкива и нажимаем левую клавишу мышки. При правильном выборе параметров в автоменю доступна пиктограмма **V**, информирующая о том, что можно закончить операцию выталкивания. Нажимаем на пиктограмму и в окне 3D появляется трехмерное изображение шкива ременной передачи (рисунок 1,и) с отверстиями в диске и со шпоночным пазом в ступице.

Следующим шагом является выполнение фасок и закруглений, определяемых конструкцией шкива (команда **операции; закругления**) (команда **3D**).

После создания 3D модели шкива создается двухмерный чертеж шкива, который без размеров, без обозначения посадок, шероховатости поверхностей и т.д. (что не составляет трудностей) представлен на рисунке 1,к.

Таким образом, создана 3D модель шкива плоскоременной передачи дисковой конструкции, привязанная к 2D параметрической модели. В связи с этим все изменения 2D чертежа будут автоматически вызывать такие же изменения в 3D модели наоборот.

Выводы

1. Программа T-FLEX parametric CAD 9 (учебная) сравнительно просто позволяет получить трехмерные чертежи деталей машин (шкивов, зубчатых колес, звездочек).

2. Польза от использования этой программы будет несравненно большей, если апробировать процесс параметризации, что позволит создать комплекс рисунков с параметризованными параметрами для различных конструкций шкивов, зубчатых колес, звездочек.

Список литературы: 1. Программа T-FLEX parametric CAD 9 (учебная). 2. Курмаз Л.В. Основы конструирования деталей машин (посібник). – Харків: Вид-во "Підручник НТУ "ХПІ", 2010. – 532с.

Поступила в редколлегию 25.04.10