

УДК 744:621(076.5)

## ПАРАМЕТРИЗОВАННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБЪЕКТОВ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРИМЕНЕНИЯ

### PARAMETERIZED MODELING THE OBJECTS OF MACHINEBUILDING APPLICATION

**Лешкевич А. Ю.**, канд. техн. наук, доц.,

**Клоков Д. В.**, канд. техн. наук,

**Игнатовец В. М.**, магистрант, **Денисюк И. Д.**, магистрант,  
Белорусский национальный технический университет,  
г. Минск, Республика Беларусь

A. Leshkevich, Ph.D. in Engineering, Associate Professor,

D. Klokov, Ph.D. in Engineering, V. Ignatian, Master's Student,

I. Dzenisiuk, Master's Student,

Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus

*Рассмотрена методика синтеза изображений деталей – тел вращения на чертежах из параметризованных конструктивных элементов*

*Inspect the method of synthetic images of rotation body details on drawing from parametric construction elements/*

Ключевые слова: Детали – тела вращения, чертеж, конструктивный элемент, синтез изображений.

Keywords: rotation body details, drawing, structural elements, image synthesis.

#### ВВЕДЕНИЕ

Широкое применение современных графических пакетов позволяет уже на стадии проектирования исследовать вариативность разрабатываемого объекта. Огромную помощь конструктору или технологу может оказать программирование изображений на встроенном языке, которое вместе с расчетными программами составляет единый комплекс, обладающий компактностью и значительной экономией объема по сравнению с чертежами. Особую эффективность ему придаст использование уже существующих и вновь разрабатываемых библиотек унифицированных функциональных

фрагментов, деталей и узлов. При этом следует применять параметрическое моделирование вследствие своей эффективности.

## СИНТЕЗ ЧЕРТЕЖЕЙ ДЕТАЛЕЙ – ТЕЛ ВРАЩЕНИЯ НА КОМПЬЮТЕРЕ

Параметрическое моделирование использует вместо конкретных размеров модели и ее элементов параметры этой модели и их взаимосвязей и взаимозависимостей. Присваивание этим параметрам определенных размеров или их соотношений, т. е. применение вариационной параметризации, позволяет всесторонне исследовать функциональные особенности разрабатываемого изделия и выбрать оптимальные форму и размеры [1].

В нашем исследовании обращено особое внимание на весьма обширную группу деталей – тел вращения. К ним относятся валы и оси, крышки подшипников, втулки, фланцы, зубчатые колеса и шестерни и т. д.

Они применяются в машиностроении (авиа-, авто-, станкостроении) при проектировании коробок передач, раздаточных коробок, редукторов, движителей автомобилей, коробок скоростей станков.

Детали – тела вращения легко поддаются унификации либо целиком, либо по функциональным частям. Валы можно при моделировании разделить на гладкие конические и цилиндрические, с резьбовыми участками, шпоночными пазами, шлицами, проточками для шлифования и нарезания резьбы, местными разрезами, резьбовыми отверстиями, призматическими участками и срезами «под ключ» и др. Крышки подшипников делим на фланцы с отверстиями и без них, посадочные поверхности с проточками под шлифование и без них. Шестерни можно «собрать» из цилиндрических и конических поверхностей с соответствующими условными обозначениями.

Проведенный анализ позволил сформировать соответствующие унифицированные конструктивные элементы и разработать кодировочные схемы с разбивкой на опорные точки для описания на языке программирования (к примеру, Автолиспе (AutoLISP), встроенному в графический пакет AutoCAD).

При создании кодировочных схем проводился анализ: объект разбивался на простейшие функциональные участки и конструктивные элементы (КЭ) с использованием принципов

симметричности параллельности, перпендикулярности и т. д. [2]. После создания библиотек КЭ процесс синтеза намного упростился и ускорился. Работа с КЭ эффективна только тогда, когда разрабатываемые узлы и детали унифицированы на достаточно высоком уровне, часто встречаются, повторяются, отлажены в конструировании и проектировании.

В качестве примера на рисунках 1 и 2 представлена упрощенная кодировочная схема шестерни с нанесением размеров ( $d_i$  и  $b_i$ ) и опорных точек ( $t_i$ ).

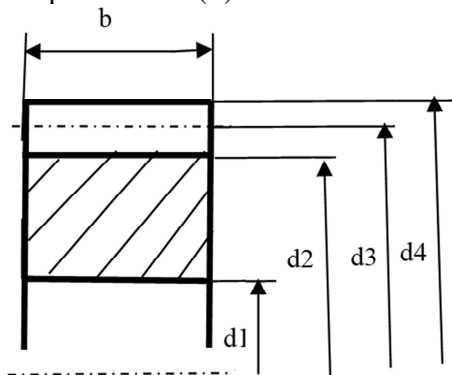


Рисунок 1 – Кодировочная схема шестерни с нанесением размеров

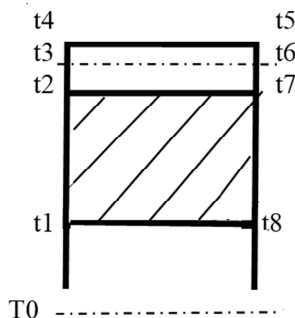


Рисунок 2. Кодировочная схема шестерни с нанесением опорных точек

При кодировке используется полярная система координат, в которой угол  $0^\circ$  обозначим  $ugg$  (угол горизонтальный), а угол  $90^\circ$  обозначим  $ugv$  (угол вертикальный).

Тогда в Автолиспе кодировка будет иметь следующий вид:

```
(setq
  t1 (polar T0 (dtr ugv) (/ 2 d1))
  t2 (polar T0 (dtr ugv) (/ 2 d2))
  t3 (polar T0 (dtr ugv) (/ 2 d3))
  t4 (polar T0 (dtr ugv) (/ 2 d4))
  t5 (polar t4 (dtr ugg) b)
  t6 (polar t3 (dtr ugg) b)
  t7 (polar t2 (dtr ugg) b)
  t8 (polar t1 (dtr ugg) b))
```

Диаметры d2, d3, d4 можно представить, как результат расчетов:  
 $d2 = m \cdot z1$ ,  
 $d3 = m \cdot (z1 - 2.5)$ ,  
 $d4 = m \cdot (z1 + 2)$ , что на AutoLISPe будет означать:

```
(setg
  d2 (* m z1)
  d3 (* m (- z1 2.5))
  d4 (* m (+ z1 2))
)
```

После кодировки и программирования проводится синтез изображения по разработанной методике с использованием, к примеру, команд Автокада. Рассмотрим запросы головной программы на примере синтеза упрощенного изображения шестерни фрагмента сборки редуктора. В начале идет сообщение [3–7].

«Формируем изображение шестерни»

и вводятся исходные данные:

«Ввод исходных данных»:

«Модуль зацепления <m>: »;

«Число зубьев шестерни <z1>:»;

«Число зубьев колеса <z2>:»;

«Базовая точка шестерни:»;

«Диаметр вала под шестерню: »;

«Ширина шпоночного паза»:

«Глубина шпоночного паза:»;

«Диаметр ведущего вала под подшипник <dv1>:»;

«Диаметр ведущего вала под подшипник <dv2>:», и т. д.

Программа вычерчивания имеет вид:

```
(setq (command "ПЛИНИЯ" t1 «ТИПЛИН» «CONTINUOUS» Ш" ts
ts t2 t7 t8 t1 «ШТРИХ» ПЛИНИЯ" t2"Ш" ts ts t4 t5 t7 ПЛИНИЯ t3
«ТИПЛИН «DASHED» t6 «3»)
```

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработанные подходы к реализации методик синтеза запрограммированных изображений на чертежах при параметрическом

моделировании позволяют уже на стадии проектирования выбрать оптимальный вариант из множества возможных. В итоге вместо множества чертежей остаются текстовые головные программы сборочных чертежей и подпрограммы для конструктивных элементов, что приводит к значительной экономии оперативной памяти компьютера т.к. текстовые файлы занимают мало места.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Разработка параметризованных конструктивных элементов для выполнения сборочных чертежей машиностроительных узлов /А. Ю. Лешкевич [и др.] // Автотракторостроение и автомобильный транспорт: сборник научных трудов международной научно-практической конференции «Автомобиле- и тракторостроение» 26–28 мая 2021 г.: в 2 т. – Минск : БНТУ. – 2021. – Т. 2.

2. Сборочный чертеж и САПР. Методическое пособие по курсу «Начертательная геометрия и черчение» для студентов машиностроительных специальностей / А. Ю. Лешкевич [и др.]. – Минск : БПИ. – 1989. – 64 с.

3. Лабораторная работа «Конструирование сборочного чертежа зубчатого зацепления на персональных ЭВМ» по курсу «Машинная графика» / А. Ю. Лешкевич [и др.]. – Минск : БПИ. – 1991. – 26 с.

4. Лабораторная работа «Выполнение сборочных чертежей резьбовых изделий на ПЭВМ по курсу «Начертательная геометрия. Инженерная графика» / Лешкевич А. Ю. [и др.]. – Минск.: БГПА. – 1993. – 16 с.

5. «Система автоматизированного проектирования AutoCAD». Часть 1. Практикум по учебной дисциплине «Инженерная графика» для студентов дневной и заочной форм получения образования: учеб. пособие / А. Ю. Лешкевич [и др.]. – Минск : БНТУ. – 2020.

6. «Система автоматизированного проектирования AutoCAD». Часть 2. Практикум по учебной дисциплине «Инженерная графика» для студентов дневной и заочной форм получения образования: учеб. пособие / А. Ю. Лешкевич [и др.]. – Минск : БНТУ. – 2021.

7. Синтез сборочного чертежа редуктора на компьютере / А. Е. Лешкевич [и др.] // Автотракторостроение и автомобильный транспорт: сборник научных трудов международной научно-практической конференции «Автомобиле- и тракторостроение», Минск, 26–28 мая 2021 г.: в 2 т. – Минск : БНТУ, 2021. – Т. 2.