

УДК 744:621(076.5)

## **ПАРАМЕТРИЗАЦИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ САПР ПРИНЦИПИАЛЬНЫХ КИНЕМАТИЧЕСКИХ СХЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЯЗЫКА ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**

**А.Ю. Лешкевич**<sup>1</sup>, канд. техн. наук, доцент,

**Д.В. Клоков**<sup>1</sup>, канд. техн. наук, доцент,

**А.А. Гарабажиу**<sup>2</sup>, канд. техн. наук, доцент

**Е.А. Леонов**<sup>2</sup>, канд. техн. наук, доцент

*<sup>1</sup>Белорусский национальный технический университет,  
г. Минск, Республика Беларусь*

*<sup>2</sup>Белорусский государственный технологический  
университет, г. Минск, Республика Беларусь*

Ключевые слова: функциональный конструктивный элемент, синтез изображений, язык геометрического моделирования.

Аннотация. Рассмотрены преимущества параметризации компьютерного программирования изображений конструктивных элементов встроенными в графический пакет средствами. В статье представлены примеры описания функциональных элементов принципиальных кинематических схем на языке AutoLISP системы AutoCAD и методика синтеза принципиальных схем.

Опыт широкого применения современных графических компьютерных пакетов, значительно облегчающих и ускоряющих труд проектировщика, позволяющий уже на стадии проектирования исследовать работоспособность разрабатываемого объекта, привел к появлению и бурному развитию библиотек или компьютерных баз данных, имеющих графические фрагменты, вызываемые либо в размерах, хранящихся в базе, либо масштабированием, если это приемлемо. Программирование же фрагментов в текстовом варианте в безразмерном виде, вызываемые при синтезе изображений уже в конкретных размерах обладает широкими возможностями и удобством пользования. Такое программирование может осуществляться на базе параметризации и встроенного в графическую систему языка текстового программирования

Практика обучения методикам компьютерного выполнения чертежей показала, что их общим недостатком является значительная доля репродуктивной, рутинной, нетворческой работы. Применение же современных графических пакетов помогает значительно упростить построение изображений. Ряд таких пакетов имеют встроенные языки программирования, позволяющие перевести графические построения в текстовую форму. Тем более в такой форме удобно создавать и программировать функциональные элементы или разбивать изображение на простейшие геометрические фигуры.

В нашем исследовании обращено особое внимание на весьма обширную группу специфических изображений – кинематических принципиальных схем. Принципиальные схемы применяются в машиностроении (авиа-, авто-, станкостроении) при проектировании коробок передач, раздаточных коробок, редукторов, двигателей автомобилей, коробок скоростей станков. При этом ряд схем – электрические, пневматические, гидравлические, электронные состоят из условно изображаемых стандартных элементов с постоянными размерами в безразмерном, буквенном, т.е. параметрическом виде.

Параметрическое моделирование (параметризация) - моделирование (проектирование, программирование) с использованием параметров и соотношений вместо конкретных размеров. При этом модель должна быть достаточно универсальной, что определяет степень ее применимости. Параметрическое моделирование существенно отличается от обычного двумерного черчения. Параметризация – это создание на стадии проектирования своего рода математической модели объектов с параметрами, которые могут существенно изменять не только размеры объекта, но и ее геометрическую форму.

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 разрабаты-

ваемого изделия и выбрать оптимальные форму и размеры. Вариационная или размерная параметризация основана на построении эскизов параметрических связей и наложении пользователем ограничений в виде системы уравнений, определяющих зависимости между параметрами.

Параметрическое моделирование использует вместо конкретных размеров модели и ее элементов параметры этой модели и их соотношения. 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. [1-6]

Проведенный анализ принципиальных схем и соответствующих стандартов позволил сформировать соответствующие унифицированные конструктивные элементы и разработать кодировочные схемы с разбивкой на опорные точки для описания на языке геометрического моделирования (ЯГМ), к примеру, AutoLISP, встроенного в графический пакет AutoCAD. В качестве нескольких примеров приведем методику синтеза фрагментов кинематических схем на базе методического пособия [6].

При создании кодировочных схем объект анализировался на возможность применения операций симметричного отображения, параллельности, перпендикулярности и т.д.

При кодировке используется весьма удобная полярная система координат, в которой угол  $0^\circ$  обозначим  $ugg$  (угол горизонтальный), а угол  $90^\circ$  обозначим  $ugv$  (угол вертикальный). Так как в Автолиспе, как и в других языках программирования, угол измеряется в радианах, стандартная функция ( $dtr\ ugv$ ) и ( $dtr\ ugg$ ) преобразует градусы, пользоваться которыми удобнее, в радианы.

На рисунке 1 представлены некоторые фрагменты вариативных (изменяющих только вертикальные, диаметральные размеры) условных обозначений с соответствующей кодировкой и вычерчиванием на ЯГМ AutoLISP

Кодировка: (defun kz1 (t0 d b))  
(setq

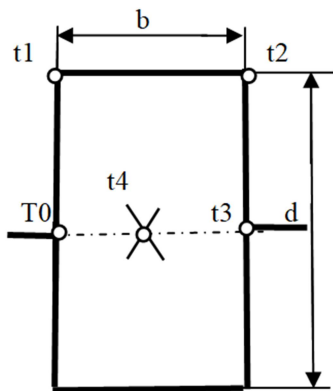


Рисунок 1. Кодировочная схема цилиндрической шестерни, жестко связанной с валом на ЯГМ AutoLISP (вариант 1)

t0 (getpoint “ n Базовая точка KZ1:”)

t1 (polar t0 (dtr 90) (/ 2 d))

t2 (polar t1 (dtr 0) b)

t3 (polar t0 (dtr 0) b)

t4 (polar t0 (dtr 0) (/ 2 b))

Вычерчивание:

(setq

(command t0 “Ш” ts ts  
“ТИПЛИН” “у”

“CONTINUOUS” t1 t2 t3 ““

“ЗЕРКАЛО” t0 t3 ““ “

ПЛИНИЯ” t0 (- 5 (dtr 180) ““

“ТИПЛИН” t3 (+ 5

(dtr 0)) ““ “ОТРЕЗОК” t4 (+ 5

(dtr 45)) ““ “ОТРЕЗОК” t4 (+ 5

(dtr 135))

““ “ОТРЕЗОК” t4 (- 5 (dtr 225)) ““ “ОТРЕЗОК” t4 (+ 5 (dtr

315)) ““ “ПЛИНИЯ” t0 (- 10 (dtr 180)) ““ “ПЛИНИЯ” t0 (+10

(dtr)) ““ )

Имея закодированное изображение конструктивного элемента КЭ можно синтезировать любую кинематическую принципиальную схему, вставляя КЭ в нужные места.

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.

## Список литературы

1. Муленко, В. В. Сборник практических работ по применению САПР AutoCAD при проектировании машин и оборудования нефтегазовых

промыслов / В. В. Муленко, М. Г. Блохина. – Москва : Издательский центр РГУ нефти и газа (НИУ) имени И. М. Губкина, 2016. – 129 с.

2. **Лешкевич, А. Ю.** Разработка параметризованных конструктивных элементов для выполнения сборочных чертежей машиностроительных узлов / А. Ю. Лешкевич, Д. В. Клоков, С. В. Гиль // Автотракторостроение и автомобильный транспорт : Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции. В 2-х томах, Минск, 25–28 мая 2021 года. Том 2. – Минск: Белорусский национальный технический университет, 2021. – С. 353-356.
3. **Leshkevich, A.** About necessity to learn the engineering graphic for the specialists in technicaland technology districts human activity / A. Leshkevich, S. Gil, D. Klokov // Автомобиле- и тракторостроение : Материалы Международной научно-практической конференции. В 2-х томах, Минск, 24–27 мая 2019 года. Vol. 2. – Минск: Белорусский национальный технический университет, 2019. – Р. 322-325.
4. Параметризованное моделирование объектов машиностроительного применения / А. Ю. Лешкевич и др. // Автотракторостроение и автомобильный транспорт : Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции. В 2-х томах, Минск, 24 мая – 10 2022 года. – Минск: Белорусский национальный технический университет, 2022. – С. 286-290.
5. **Лешкевич, А. Ю.** Разработка схематических конструктивных элементов для компьютерного синтеза сборочного чертежа редуктора / А. Ю. Лешкевич, С. В. Гиль, Д. В. Клоков // Автотракторостроение и автомобильный транспорт : Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции. В 2-х томах, Минск, 25–28 мая 2021 года. Том 2. – Минск: Белорусский национальный технический университет, 2021. – С. 349-352.
6. Инженерная графика : практикум по выполнению кинематических схем : [учебно-методическое пособие для студентов вузов по техническим специальностям] / А. Ю. Лешкевич [и др.] ; под ред. П. В. Зеленого. – Минск : БНТУ, 2014. – 41 с.