

---

---

# СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

---

---

УДК 621.9.62-52

Д. Д. Куликов, Н. С. КЛЕВАНСКИЙ, В. С. БАБАНИН

## АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ФОРМИРОВАНИЕ МОДЕЛЕЙ ОПЕРАЦИОННЫХ ЗАГОТОВОК

Рассмотрены принципы формирования параметрических моделей деталей и операционных заготовок. Описана система формирования и редактирования конструкторско-технологических моделей деталей и заготовок. Представлены способы автоматического формирования параметрических моделей при создании 3D-моделей деталей и операционных заготовок.

*Ключевые слова:* конструктивный элемент, параметрическая модель, операционная заготовка, XML-документ.

Создание операционных эскизов является важным этапом проектирования технологических процессов (ТП) механической обработки заготовок. Поэтому актуальна разработка методики автоматизированного проектирования операционных эскизов. При наличии САД-системы обычный процесс создания карты операционных эскизов выполняется по следующей цепочке:

$$M3D \xrightarrow{\varphi_1} M3DOZ_i \xrightarrow{\varphi_2} M2DOZ_i \xrightarrow{\varphi_3} KOZ_i, \quad (1)$$

где  $M3D$  — 3D-модель детали;  $M3DOZ_i$  — 3D-модель операционной заготовки (ОЗ) для  $i$ -й операции;  $M2DOZ_i$  — 2D-модель операционной заготовки для  $i$ -й операции;  $KOZ_i$  — технологическая карта с операционным эскизом (в электронном или бумажном виде) для  $i$ -й операции.

Преобразования (1) обычно выполняются для всех операций, операционные эскизы которых необходимо иметь. Наиболее сложным и трудоемким является преобразование  $\varphi_1$ , когда приходится модифицировать 3D-модель детали в 3D-модель операционной заготовки. В работах [1, 2] предложен подход к проектированию ОЗ, основанный на методе добавляемых тел. Формирование 3D-модели операционной заготовки в этом методе ведется от последней операции к первой путем последовательного наслаивания материала на 3D-модель выходной заготовки:

$$M3D \xrightarrow{\varphi_1} M3DOZ_n \xrightarrow{\varphi_1} M3DOZ_{n-1} \rightarrow \dots \rightarrow M3DOZ_1 \xrightarrow{\varphi_1} M3DOZ_0, \quad (2)$$

где  $M3DOZ_0$  — 3D-модель исходной заготовки.

Карта с операционным эскизом получается согласно цепочке:

$$M3OZ_n \xrightarrow{\varphi_1} M3DOZ_{n-1} \xrightarrow{\varphi_2} M2DOZ_{n-1} \xrightarrow{\varphi_3} KOZ_{n-1}. \quad (3)$$

Преобразование  $\varphi_2$  выполняется в два этапа: на первом на всех моделях выходной заготовки  $M3DOZ$  выполняется лишь простановка баз и операционных размеров, на втором рас-

считываются размеры и результаты расчета проставляются на всех моделях M2DOZ. Необходимость двухэтапного преобразования вызвана тем, что расчет операционных размеров возможен только в том случае, когда размеры проставлены для всех моделей заготовок [3].

Если CAD-система поддерживает аннотации (плоскости отображений и указаний), то преобразование  $\varphi_3$  становится ненужным, поскольку простановка баз и операционных размеров выполняется при создании 3D-модели выходной заготовки и в эту же модель заносятся результаты расчетов операционных размеров. Далее (преобразование  $\varphi_2$ ) автоматически получается 2D-модель выходной заготовки в виде карты операционных эскизов:

$$M3OZ_i \xrightarrow{\varphi_1} M3DOZ_{i-1} \xrightarrow{\varphi_2} KOZ_{i-1}. \quad (4)$$

Информация из моделей ОЗ используется для проектирования технологических операций, однако ее извлечение — сложная задача вследствие трудности распознавания конструктивных элементов (КЭ), которыми оперирует технолог (канавки, пазы, уступы, отверстия и т.д.). Использование нейтральных форматов типа STEP и IGES практически не облегчает задачу распознавания КЭ [4], только в некоторых САПР технологических процессов имеется аппарат частичной выборки нужной информации.

Один из возможных способов преодоления проблемы заключается в параметрическом моделировании деталей. В этом случае создается параметрическая или конструктивно-технологическая модель (КТМ), содержащая всю информацию о детали, включая КЭ. На кафедре технологии приборостроения была создана система ТИС-Деталь, в которой описание детали выражается в виде иерархии фреймов, позволяющих создавать КТМ с любой степенью детализации. Синтаксически КТМ представляет собой XML-документ, хранимый в удаленной базе знаний. Система ТИС-Деталь позволяет:

- создавать и редактировать КТМ деталей;
- выполнять поиск деталей-аналогов;
- на базе КТМ деталей формировать КТМ операционных заготовок;
- передавать в САПР технологических процессов требуемую информацию (размеры, их точность, шероховатость поверхностей и т.д.).

Система включает в себя:

- web-сервис для поиска по каталогу деталей и web-сервис для сопровождения каталога (на рис. 1 приведен фрагмент каталога базы данных с параметрическими моделями деталей, с использованием указанных в нем поисковых признаков деталей производится поиск деталей-аналогов);
- web-сервис для редактирования КТМ деталей и заготовок;
- web-сервис (библиотека процедур) для предоставления в САПР технологических процессов требуемой информации.

Наименование детали	Номер чертежа	Разработчик	Дата разработки	Класс по ЕСКД	Подкласс, группа, подгруппа, вид по ЕСКД	Группа материала	Длина детали	Ширина детали (диаметр)	Высота детали (внутренний диаметр)
Вал	Ю2527-101	Иванов А.С.	21.09.12	71	1212	101	100	30	0
Вал	Ю2529-305	Иванов А.С.	23.09.12	71	1322	102	100	18	0
Вал	Ю2528-206	Иванов А.С.	22.09.12	71	1222	100	80	30	0

Рис. 1

Система информационно состыкована с САПР технологических процессов ТИС-Процесс, такой подход позволяет существенно ускорить процесс проектирования за счет автоматизированной передачи информации в модули, решающие технологические задачи.

На рис. 2 приведена форма, с помощью которой возможно редактировать любое поле в колонке „Величина“. Аналогично выглядит и таблица для заполнения новой формы, с той разницей, что графа „Величина“ будет пустой для всех полей формы. Если информационный

запрос на поиск сформулирован следующим образом: „Найти стальные детали тела вращения с кодом по ЕСКД 712314, длиной от 19 до 20 мм, диаметром от 12 до 16 мм“, то поисковое предписание будет оформлено следующим образом (рис. 3).

Наименование	Обознач	ОТН	Величина	РАЗМ КЛАССИФ
Наименование детали	Det	=	Вал	
Номер чертежа детали	Norm	=	2527	
Разработчик	Katr	=	Иванов А.С.	
Дата разработки	Date	=	21.09.12	
Класс по ЕСКД	ESKD	=	71	70
Подкласс, группа, подгруппа, вид по ЕСКД	pESKD	=	1212	700
Группа материала	Mat	=	101	120
Длина детали	L	=	100	мм
Ширина детали (диаметр)	BD	=	30	мм
Высота детали (внутренний диаметр)	HD <sub>вн</sub>	=	0	мм

Рис. 2

Наименование	Обознач	ОТН	Величина	РАЗМ КЛАССИФ
Наименование детали	Det	=		
Номер чертежа детали	Norm	=		
Разработчик	Katr	=		
Дата разработки	Date	=		
Класс по ЕСКД	ESKD	=	71	70
Подкласс, группа, подгруппа, вид по ЕСКД	pESKD	=	2314	700
Группа материала	Mat	=	101	120
Длина детали	L	=	19-20	мм
Ширина детали (диаметр)	BD	=	12-16	мм
Высота детали (внутренний диаметр)	HD <sub>вн</sub>	=		мм

Рис. 3

После выполнения поиска по заданным параметрам на экран выведутся все удовлетворяющие условиям изделия. Для дальнейшего перехода к самой программе ТИС-Деталь необходимо отметить нужную строку. В этот момент система подгружает XML-документ из базы данных, соответствующий именно этой строке, т.е. выбранной детали.

Однако описание операционных заготовок в терминах КТМ, формируемых дополнительно, помимо созданных 3D-моделей ОЗ — это сложная и экономически нецелесообразная задача. Поэтому для САД-системы Catia был разработан комплекс макросов, позволяющий параллельно с формированием 3D-модели детали автоматически создавать параметрическую модель детали (КТМ<sub>d</sub>). Пример 3D-модели детали, полученной таким образом, приведен на рис. 4.

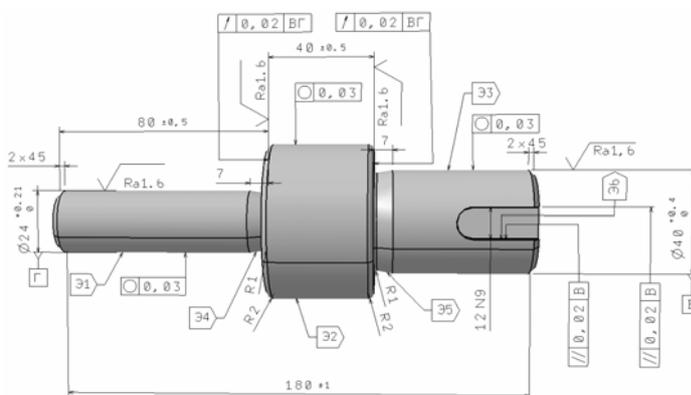


Рис. 4

Далее аналогичным образом параллельно с формированием 3D-моделей заготовок автоматически создается КТМ заготовок (преобразование  $\varphi_4$ ). Система преобразований показана

на на рис. 5 (M2D — чертеж детали, получаемый преобразованием  $\varphi_4$  из 3D-модели, индекс „0“ означает исходную заготовку).

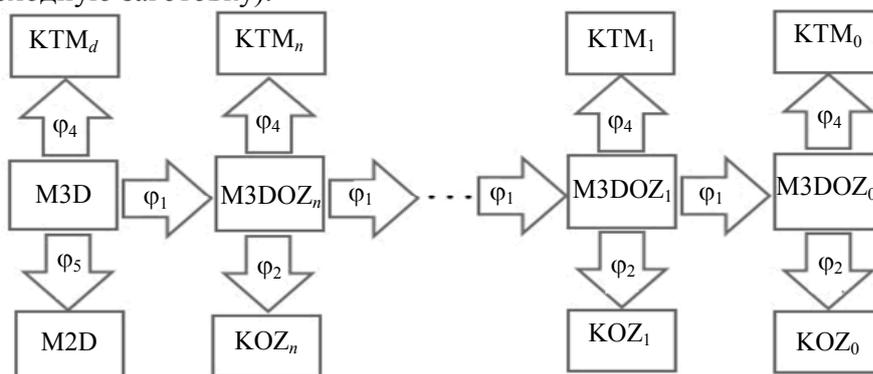


Рис. 5

Такой подход позволяет избежать дополнительного формирования КТМ деталей и заготовок. Совместное использование систем ТИС-Деталь и ТИС-Процесс дает возможность выбирать из базы знаний типовые планы обработки КЭ и, следовательно, автоматически определять те технологические переходы, которые необходимы для получения заданного конструктивного элемента, и применяемый инструмент.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Куликов Д. Д., Гусельников В. С., Бабанин В. С., Шувал-Сергеев Н. А. Проектирование операционных заготовок в среде САД-систем. СПб: СПбГУ ИТМО, 2010. 60 с.
2. Куликов Д. Д., Бабанин В. С. Создание параметрической модели детали в среде САД-системы // Науч.-техн. вестн. СПбГУ ИТМО. 2011. № 4 (74). С. 167—169.
3. Куликов Д. Д., Яблочников Е. И., Бабанин В. С. Интеллектуальные программные комплексы для технической и технологической подготовки производства. Ч. 7. Системы проектирования технологических процессов. СПб: СПбГУ ИТМО, 2011. 64 с.
4. Комисаренко А. Л. Создание 3D-аннотаций на виртуальной модели изделия. СПб: СПбГУ ИТМО, 2008. 19 с.

#### Сведения об авторах

- Дмитрий Дмитриевич Куликов** — д-р техн. наук, профессор; Университет ИТМО, кафедра технологии приборостроения, Санкт-Петербург; E-mail: ddkulikov@rambler.ru
- Никита Сергеевич Клеванский** — аспирант; Университет ИТМО, кафедра технологии приборостроения, Санкт-Петербург; E-mail: NIKA-1990@yandex.ru
- Виктор Сергеевич Бабанин** — аспирант; Университет ИТМО, кафедра технологии приборостроения, Санкт-Петербург; E-mail: vsbabanin@mail.ru

Рекомендована кафедрой  
технологии приборостроения

Поступила в редакцию  
09.04.14 г.