

$$\hat{y}_2 = -0.49071X_5 + 7.8907X_2 + 4884.8X_6 + 327040X_6^2 + 432.59X_3 - 55.74X_7 + 374.76X_4 + 255.43 \quad (20)$$

$$\hat{y}_3 = -0.070238X_8 + 24.395X_2 + 377.25X_9 + 84989X_9^2 - 528.9X_6 + 392.18X_3 - 17.534X_{10} - 21.685X_7 + 415.13X_4 + 304.16 \quad (21)$$

Оценка на адекватность уравнений (19), (20), (21) дала положительный результат. Это означает, что полученная математическая модель может быть использована как для расчета статических режимов работы колонны, так и для прогнозирования значения ее выходных координат по измеренным значениям входных координат.

УДК: 004.632.5:004.415.2

Д.П. Кункевич, доц., канд. техн. наук;
Ю.В. Полозков, доц., канд. техн. наук
(БНТУ, г. Минск);

О.И. Александров, доц., канд. техн. наук
(БГТУ, г. Минск)

СИСТЕМАТИЗАЦИЯ КОНСТРУКТОРСКО- ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ ПОВЕРХНОСТИ ДЕТАЛЕЙ ВРАЩЕНИЯ

Автоматизация технологической подготовки производства является наиболее важной задачей в повышении эффективности промышленного производства. При этом особую актуальность имеет проблема описания конструкторско-технологических элементов (КТЭ), совокупностью которых может быть представлена поверхность технического объекта при разработке технологии его изготовления [1°–°3]. В процессе описания КТЭ наиболее объективным и стабильным фактором выступает геометрическая форма поверхности. В связи с этим в докладе на примере деталей типа «тела вращения» рассмотрены вопросы декомпозиции глобальной поверхности деталей на составляющие отсеки поверхности и синтеза геометрической структуры КТЭ, заданных множеством отсеков поверхности. В таком аспекте показан подход к систематизации КТЭ, направленной на автоматизацию процедур построения баз данных и создания шаблонов описания геометрической структуры КТЭ.

Поверхность деталей может быть представлена множеством КТЭ, геометрическая конфигурация которых на уровне отсеков может быть описана в виде [3, 4]:

$$M = \langle S, O_S, Q_P \rangle, \quad (1)$$

где S – множество отсеков поверхности, O_S – множество взаимных отношений между отсеками, Q_P – множество свойств КТЭ.

В соответствии с (1) общий алгоритм описания КТЭ с помощью отсеков поверхности предусматривает составление таблиц основных терминов с их цифровым кодированием, декомпозицию глобальной поверхности детали на множество отсеков, описание отсеков на основе этих терминов и анализ взаимных структурно-геометрических отношений между отсеками [3]. В результате декомпозиции поверхности, при выполнении которой элементарными (базовыми) конструктами являются отсеки поверхности, формируется информация, позволяющая описать структурно-геометрическую конфигурацию, как дискретных фрагментов технического объекта, так и его поверхности в целом (рис. 1). Это позволяет варьировать глубиной дискретного представления для обеспечения корректного толкования понятия «конструктивно-технологический элемент» в различных практических ситуациях. На практике КТЭ трактуются весьма неоднозначно в зависимости от производственных условий, целей проектирования, опыта специалистов и др. Так, в ряде случаев, фрагмент поверхности неизменной пространственной формы может выступать в качестве КТЭ детали (рис. 1, *а*), собственно самой (целостной) деталью (рис. 1, *б*), а также представляться множеством отдельных КТЭ (рис. 1, *в*), например торец, фаска и др. При этом технологии изготовления этого фрагмента в зависимости от различных вариантов интерпретации КТЭ могут принципиально отличаться.

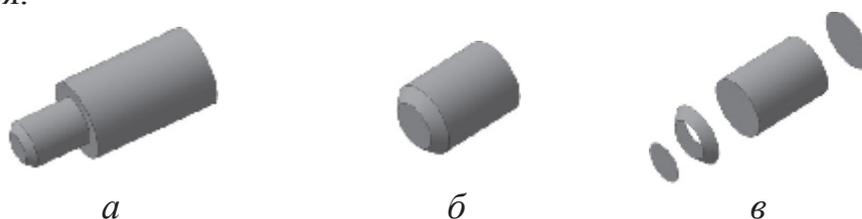


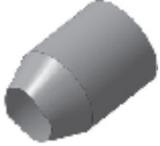
Рисунок 1 – Пример вариантов представления КТЭ

Для управления глубиной дискретного представления КТЭ были разработаны принципы систематизации КТЭ различного уровня дискретизации, а также алгоритмы синтеза КТЭ на основе заданного множества отсеков поверхности и уровня дискретного представления [4]. В представленном варианте систематизации КТЭ предложено принять в качестве основного инварианта описания КТЭ количество ограничивающих отсеков. По данному признаку КТЭ можно распределить на n -уровней. Также было введено понятие замкнутости КТЭ, что позволило отнести к элементам 1-го уровня плоский, конический и любые другие отсеки поверхности и обеспечило универсальность построения иерархии КТЭ. Элементы 2-го и последующих уровней представляют собой комбинации элементов 1-го уровня. Ввиду того, что элементы 1, 2 и 3-го уровней позволяют

структурно описывать базовые геометрические тела, которые на практике могут представлять собой относительно простые цельные детали и отверстия, данные элементы могут быть приняты в качестве основных для синтеза структур, описывающих более сложные КТЭ. На каждом уровне могут быть созданы классы КТЭ, инвариантной частью которых в основном является взаимное расположение отсеков поверхностей. В состав создаваемых классов входят группы, которые подразделяют КТЭ по признаку замкнутости. Группы могут подразделяться на подгруппы в зависимости от особенностей геометрической конфигурации поверхности. По признакам групп и подгрупп окончательно формируется представление о геометрической форме поверхности КТЭ.

На основе этой систематизации реализуется построение таблиц-шаблонов составных КТЭ путем добавления информации о КТЭ различных уровней. Это наглядно демонстрируется в таблице 1 на примере синтеза КТЭ 4-го уровня, ограниченного плоским, коническим, цилиндрическим и сферическим отсеками, которым присвоены определенные индексы.

Таблица 1 - Построение матриц-шаблонов составных КТЭ

	Основной КТЭ 2-го уровня	Добавление КТЭ 1-го уровня	Добавление КТЭ 1-го уровня	Результат КТЭ 4-го уровня																																																																											
Вариант I																																																																															
	<table border="1"> <tr><td></td><td>1</td><td>4</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>3</td></tr> <tr><td>4</td><td>0</td><td>0</td></tr> </table>		1	4	1	0	3	4	0	0	<table border="1"> <tr><td></td><td>1</td><td>4</td><td>3</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>3</td><td>0</td></tr> <tr><td>4</td><td>0</td><td>0</td><td>3</td></tr> <tr><td>3</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> </table>		1	4	3	1	0	3	0	4	0	0	3	3	0	0	0	<table border="1"> <tr><td></td><td>1</td><td>4</td><td>3</td><td>2</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>3</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>4</td><td>0</td><td>0</td><td>3</td><td>0</td></tr> <tr><td>3</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>3</td></tr> <tr><td>2</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> </table>		1	4	3	2	1	0	3	0	0	4	0	0	3	0	3	0	0	0	3	2	0	0	0	0	<table border="1"> <tr><td></td><td>1</td><td>4</td><td>3</td><td>2</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>3</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>4</td><td>0</td><td>0</td><td>3</td><td>0</td></tr> <tr><td>3</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>3</td></tr> <tr><td>2</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> </table>		1	4	3	2	1	0	3	0	0	4	0	0	3	0	3	0	0	0	3	2	0	0	0	0
	1	4																																																																													
1	0	3																																																																													
4	0	0																																																																													
	1	4	3																																																																												
1	0	3	0																																																																												
4	0	0	3																																																																												
3	0	0	0																																																																												
	1	4	3	2																																																																											
1	0	3	0	0																																																																											
4	0	0	3	0																																																																											
3	0	0	0	3																																																																											
2	0	0	0	0																																																																											
	1	4	3	2																																																																											
1	0	3	0	0																																																																											
4	0	0	3	0																																																																											
3	0	0	0	3																																																																											
2	0	0	0	0																																																																											
Вариант II	Основной КТЭ 2-го уровня	Добавление КТЭ 2-го уровня	Добавление КТЭ 2-го уровня	Результат КТЭ 4-го уровня																																																																											
																																																																															
	<table border="1"> <tr><td></td><td>1</td><td>4</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>3</td></tr> <tr><td>4</td><td>0</td><td>0</td></tr> </table>		1	4	1	0	3	4	0	0	<table border="1"> <tr><td></td><td>1</td><td>4</td><td>3</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>3</td><td>0</td></tr> <tr><td>4</td><td>0</td><td>0</td><td>3</td></tr> <tr><td>3</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> </table>		1	4	3	1	0	3	0	4	0	0	3	3	0	0	0	<table border="1"> <tr><td></td><td>1</td><td>4</td><td>3</td><td>2</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>3</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>4</td><td>0</td><td>0</td><td>3</td><td>0</td></tr> <tr><td>3</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>3</td></tr> <tr><td>2</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> </table>		1	4	3	2	1	0	3	0	0	4	0	0	3	0	3	0	0	0	3	2	0	0	0	0	<table border="1"> <tr><td></td><td>1</td><td>4</td><td>3</td><td>2</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>3</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>4</td><td>0</td><td>0</td><td>3</td><td>0</td></tr> <tr><td>3</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>3</td></tr> <tr><td>2</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> </table>		1	4	3	2	1	0	3	0	0	4	0	0	3	0	3	0	0	0	3	2	0	0	0	0
	1	4																																																																													
1	0	3																																																																													
4	0	0																																																																													
	1	4	3																																																																												
1	0	3	0																																																																												
4	0	0	3																																																																												
3	0	0	0																																																																												
	1	4	3	2																																																																											
1	0	3	0	0																																																																											
4	0	0	3	0																																																																											
3	0	0	0	3																																																																											
2	0	0	0	0																																																																											
	1	4	3	2																																																																											
1	0	3	0	0																																																																											
4	0	0	3	0																																																																											
3	0	0	0	3																																																																											
2	0	0	0	0																																																																											

В варианте I таблицы 1 к взятому за основу КТЭ 2-го уровня добавляется один новый цилиндрический отсек поверхности. Это

выполняется путем увеличения размера таблицы-шаблона на один столбец и одну строку, соответствующих новому сопряженному отсеку, и записи в ячейку, расположенную на пересечении последней строки и предпоследнего столбца, когда взаимного расположения предпоследнего и последнего отсеков. По аналогии можно добавлять данные о новом отсеке в начало таблицы. В результате получается таблица-шаблон, описывающая КТЭ 3-го уровня. Окончательное решение для КТЭ 4-го уровня формируется путем повторения описанной процедуры для записи данных о сферическом отсеке поверхности. Таким образом, последовательное добавление новых отсеков к рассматриваемой таблице-шаблону позволяет описывать КТЭ различных уровней. Помимо последовательного добавления КТЭ 1-го уровня при создании таблиц-шаблонов новых КТЭ может применяться синтез КТЭ, описанных таблицами-шаблонами других уровней (таблица 1, вариант П). Окончательное описание структурно-геометрической конфигурации требуемого КТЭ формируется посредством задания или анализа размерных характеристик составляющих отсеков его поверхности. Предложенный вариант систематизации КТЭ, основанный на анализе объективных данных о структурно-геометрическом строении дискретных отсеков поверхности создает возможности варьирования геометрической структурой КТЭ для поиска наиболее оптимального решения по их дискретному описанию и может эффективно использоваться для разработки алгоритмов автоматизации создания шаблонов КТЭ заданного уровня или диапазона уровней структурно-геометрического описания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Автоматизация проектно-конструкторских работ и технологической подготовки производства в машиностроении^о/ В.°Д. Цветков [и др.]^о; под общ. ред. О.°И. Семенкова. – Мн., Вышэйшая школа, 1977. – Т. 2. – 336 с.
2. Цветков, В. Д. Системно-структурное моделирование и автоматизация проектирование технологических процессов / В.Д. Цветков. Мн.: Наука и техника, 1979. – 264 с.
3. Полозков, Ю.В. Алгоритмизация описания геометрической формы конструкторско-технологических элементов деталей с помощью отсеков поверхности/ Ю.В. Полозков, А. В. Евтушенко // Вестник Брестского гос. техн. ун-та. Сер. Машиностроение. – 2013. – №4 (82). – С. 33–36.
4. Полозков, Ю. В. Системное представление структурно-геометрической конфигурации конструкторско-технологических элементов деталей типа «тела вращения» / Ю. В. Полозков, Д.П. Кункевич, А.В. Бородуля // Весці НАН Беларусі, Сер. физ.-тэхн. навук. – 2015. – №2. – С. 90–97.