

платформ: Windows, Linux, Mac OS X.

### Список литературы

1. Графов В.В. Визуализация фазового пространства некоторых классов трехмерных динамических систем /В.В. Графов, А.С. Сопильняк //Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика: Сб. науч. трудов по материалам международной заочной научно-практ. конференции 2014 г., №5, Ч.1 (10-1) /Воронежская гос. лесотехническая академия (ВГЛТА). – Воронеж, 2014. – С. 99 –102.
2. Драгун Т.Н. Использование программы WinSet для визуализации и исследования динамических систем: Учеб.-метод. пособие / Т.Н. Драгун, А.Д. Морозов. – Н. Новгород: Изд-во ННГУ, 2007. – 89 с.

УДК: 004.632.5:004.415.2

### СПОСОБ ДЕКОМПОЗИЦИИ ПОВЕРХНОСТИ ДЕТАЛЕЙ ВРАЩЕНИЯ НА КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ

THE DECOMPOSITION METHOD OF SURFACE OF REVOLVED BODY  
TO FORM FEATURE OF PARTS

**Колядко С.В.**, студент,

**Полозков Ю.В.**, к.т.н., доцент,

**Кункевич Д.П.**, к.т.н., доцент

Белорусский национальный технический университет

г. Минск, Беларусь

Polozkov\_Yury@mail.ru

**DOI: 10.12737/14467**

**Аннотация:** Рассматривается способ автоматизации описания поверхности конструкторско-технологических элементов (КТЭ) деталей, основанный на анализе дискретных отсеков поверхности. Предложен подход к

систематизации КТЭ для деталей типа «тела вращения». Показана возможность автоматизированного создания шаблонов описания структурно-геометрической конфигурации КТЭ деталей.

**Summary:** The method automatic description of form features of parts is considered. It is based on the analysis of discrete surface segments. In order to systematize form feature of parts so as «Revolved Body» the method is offered. In order to automatically create templates of structural-geometrical description of form feature of parts the technique is shown.

**Ключевые слова:** граничное представление, КТЭ, САПР ТП.

**Keywords:** boundary representation, form feature of part, CAPP.

Представление поверхности деталей совокупностью КТЭ является наиболее важной задачей в процессе автоматизации технологической подготовки производства. Сложность декомпозиции поверхностей обусловлена неоднозначностью КТЭ, которые могут по-разному трактоваться в зависимости от различных 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 данного фрагмента в зависимости от различных вариантов интерпретации КТЭ могут принципиально отличаться. Однако при общей неопределённости в описании КТЭ наиболее объективным и стабильным фактором выступает геометрическая форма поверхности.

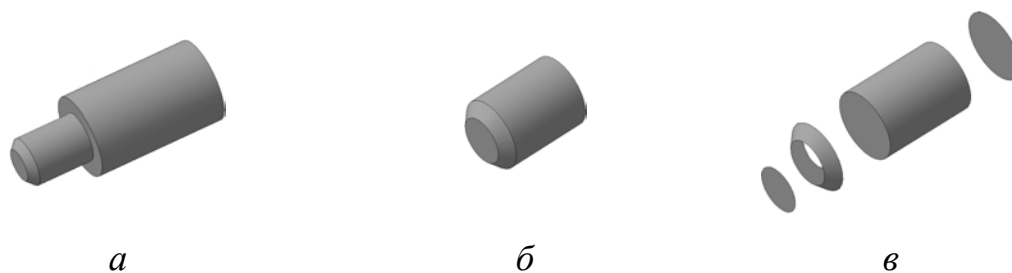


Рисунок 1 – Пример вариантов представления КТЭ

В связи с этим целесообразным является способ декомпозиции

глобальной поверхности деталей на составляющие отсеки поверхности с последующим синтезом на их основе геометрической структуры КТЭ. Тогда геометрическая конфигурация КТЭ на уровне отсеков может быть описана в виде [1, 2]:

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


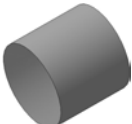
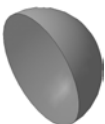

где  $S$  – множество отсеков поверхности,  $O_S$  – множество взаимных отношений между отсеками,  $Q_P$  – множество свойств КТЭ.

Декомпозиция поверхности, при выполнении которой элементарными (базовыми) конструктами являются отсеки поверхности, позволяет варьировать глубиной дискретного представления для обеспечения корректного толкования понятия «конструктивно-технологический элемент» в различных практических ситуациях. 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 [2]. В представленном варианте систематизации предложено распределить КТЭ на  $n$ -уровней по количеству ограничивающих их отсеков. 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																																																																											
																																																																														
<table border="1" data-bbox="263 1167 416 1364"> <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" data-bbox="560 1133 743 1397"> <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" data-bbox="847 1106 1075 1429"> <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" data-bbox="1150 1106 1378 1429"> <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 таблице 1 к взятому за основу КТЭ 2-го уровня добавляется один новый цилиндрический отсек поверхности. В результате получается таблица-шаблон, описывающая КТЭ 3-го уровня. Окончательное решение для КТЭ 4-го уровня формируется путем записи данных о сферическом отсеке поверхности. Таким образом, последовательное добавление новых отсеков к рассматриваемой таблице-шаблону позволяет описывать КТЭ различных уровней. Окончательное описание структурно-геометрической конфигурации требуемого КТЭ формируется посредством задания или анализа размерных характеристик составляющих отсеков его поверхности.

Для апробации предложенных способов декомпозиции поверхности и синтеза КТЭ было разработано специальное программное приложение. Реализованные в нем алгоритмы позволяют формировать КТЭ различного уровня на основе анализа 3D модели, записанной в формате STEP (рисунок 2).

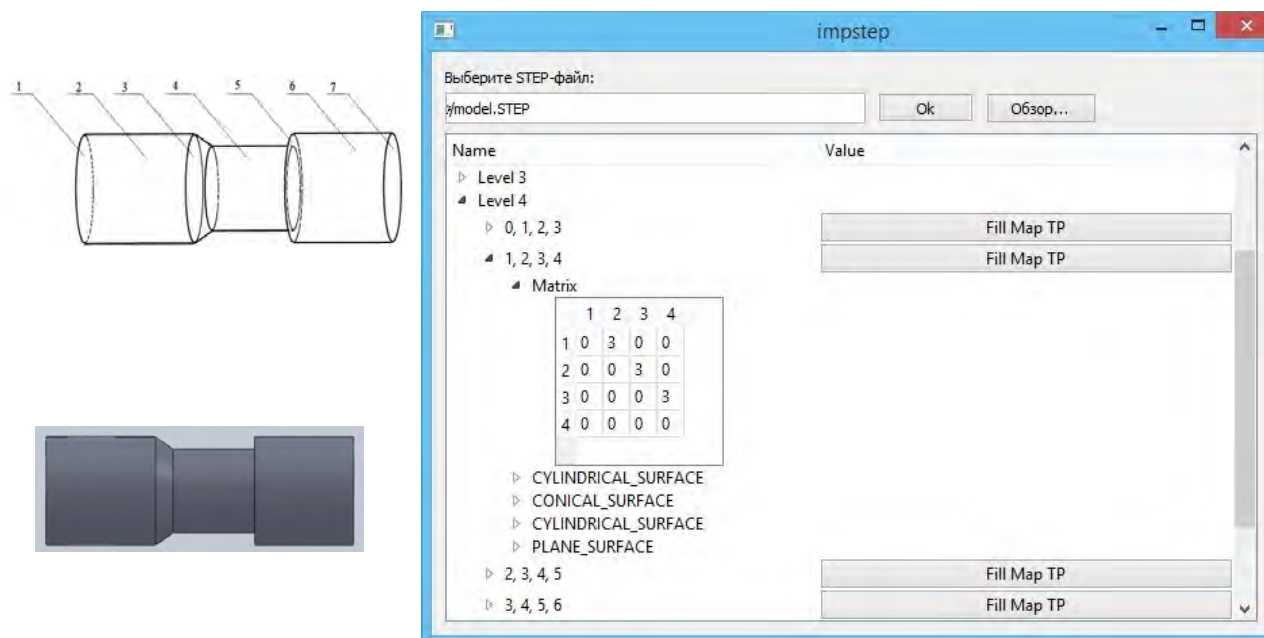


Рисунок 2 – Результат декомпозиции поверхности детали

В ходе экспериментальных исследований было установлено, что предложенный способ декомпозиции и синтеза 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 автоматизации выделения и описания КТЭ в процессе технологической подготовки производства.

### Список литературы

1. 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.

2. 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.

УДК 517.928.2+517.977.5

**ОСОБЕННОСТИ ПОЛОЖЕНИЯ ТОЧЕК ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ  
ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ И ИХ АСИМПТОТИЧЕСКОЕ  
РАЗЛОЖЕНИЕ В СЛУЧАЕ МАТРИЧНО СИНГУЛЯРНО  
ВОЗМУЩЕННОЙ ЛИНЕЙНОЙ ЗАДАЧИ ОПТИМАЛЬНОГО  
БЫСТРОДЕЙСТВИЯ С ОГРАНИЧЕНИЯМИ НА УПРАВЛЕНИЕ**  
ESPECIALLY THE POSITION OF THE SWITCHING POINTS OF THE  
OPTIMAL CONTROL AND THEIR ASYMPTOTIC EXPANSIONS IN THE  
CASE OF MATRIX-SINGULARLY PERTURBED LINEAR PROBLEMS OF  
TIME OPTIMAL CONTROL WITH CONSTRAINTS ON THE CONTROL

**Корыпаева Ю.В., к. ф.-м. н.**

ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»

г. Воронеж, Россия

[ykorypaeva@mail.ru](mailto:ykorypaeva@mail.ru)

**DOI: 10.12737/14468**

**Аннотация:** В работе исследуется матрично сингулярно возмущенная задача оптимального быстродействия с ограничением на управление. Исследуется структура точек переключения и строится асимптотическое разложение точек переключения оптимального управления.

**Summary:** The paper explores the matrix of the singular perturbed problem of optimal performance with the constraint on control. We study the structure of the