

УДК 621.9

## **ФОРМИРОВАНИЕ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ КЛАССИФИКАТОРОВ ТОКАРНОГО ИНСТРУМЕНТА**

**Савенко Д. А., Нелюбин В. С., Ермакова С.В.**  
**Научный руководитель – доцент Ясинский В. Б.**  
*Сибирский федеральный университет*

Основными задачами механической обработки резанием деталей машин из разнообразных конструкционных материалов, относящихся к группам обрабатываемости Р, М, К, N, S, H по стандарту ISO являются получение необходимых размеров и формы поверхностей с заданными техническими условиями и требованиями рабочего чертежа точностью и шероховатостью с обеспечением заданного объема выпуска продукции с установленными технико-экономическими показателями. Эти задачи решаются на этапе технологической подготовки производства при решении вопросов технологического обеспечения изготовления изделий в соответствии с требованиями заказчика или рынка данного класса изделий. Осуществляется выбор технологических операций и технологического оборудования, режущего инструмента и инструментального материала, расчет режимов резания, выбор и/или проектирование и изготовление оснастки, которые обеспечивают оптимальные технологические и организационные решения в соответствии с принятыми критериями эффективности.

ТПП при технологическом обеспечении взаимосвязана со стадиями жизненного цикла продукции и направлена на своевременное обеспечение производства качественными технологическими процессами, материалами, комплектующими изделиями, средствами технологического оснащения с использованием информационных массивов описаний конструкторско-технологических решений. Необходимо создание условий для организационной, информационной и технической совместимости работ ТПП, проводимых на стадиях разработки и постановки изделий на производство различными исполнителями, которую необходимо поддерживать на основе прогрессивных информационных технологий и единых баз данных конструкторско-технологического назначения, методов информационного и математического моделирования процессов ТПП, интенсивной компьютерной поддержки процессов ТПП.

Задача управления обработкой резанием заключается в выборе определенной совокупности оптимальных управляющих воздействий в число факторов которых включаются конструктивные характеристики режущего инструмента, физико-механические свойства инструментального материала, режимы обработки и др.

Алгоритмизация и формализация процессов поиска оптимальных управляющих воздействий представляет определенные трудности, так как используется много эмпирических данных и знаний, которые постоянно дополняются и модифицируются и слабо структурированы между собой информационными и математическими моделями. Необходимо разработка базы данных и базы знаний, в которых были бы обобщены, структурированы и систематизированные данные и знания методами информационного и математического моделирования процессов ТПП для интенсивной компьютерной поддержки процессов технологического проектирования, где на информационном уровне могли быть связаны системы управления технологическими процессами и технологической подготовки производства деталей машин в станочных системах.

В настоящей работе информационная модель конструкций токарного инструмента представляется как фасетная система классификации, в которой описаны конструктивные признаки и параметры режущего инструмента. Формализованное описание конструкций режущего инструмента представляет характеристическую функцию  $F_{ij}^{PI}$ , которая отражает определенный  $i$ -й признак конструкции режущего инструмента, который

в свою очередь принимает конкретное дискретное значение  $j$  ( $j = 1, 2, \dots, m$ ) рассматриваемого  $K$ -го режущего инструмента. Каждый  $K$ -ый режущий инструмент описывается характеристической формулой  $F^{PI}_{ij} = \{F^{PI}_{1j}, F^{PI}_{2j}, F^{PI}_{3j}, F^{PI}_{4j}, F^{PI}_{5j}, F^{PI}_{6j}, F^{PI}_{7j}, F^{PI}_{8j}\}$ , в которой каждая функция  $F^{PI}_{ij}$  соответствует определенному признаку классификации и принимает конкретное значение  $i, j$ .

Рассмотрим формирование характеристических формул конструкций режущего инструмента на основе разработанной классификации. Для описания токарных режущих инструментов приняты следующие уровни представления конструктивных признаков токарного режущего инструмента, характеристические функции  $F^{PI}_{ij}$  которых имеют следующий вид.

1.  $F^{PI}_{1j}$  – Способ крепления ( $m=4$ ).  $F^{PI}_{11}$  – D (прижим повышенной жёсткости),  $F^{PI}_{12}$  – M (прижим сверху и поджим за отверстие),  $F^{PI}_{13}$  – P (прижим рычагом за отверстие),  $F^{PI}_{14}$  – S (крепление винтом).
2.  $F^{PI}_{2j}$  – Форма пластины ( $m=6$ ).  $F^{PI}_{21}$  – C (ромбическая с углом при вершине  $80^\circ$ ),  $F^{PI}_{22}$  – D (ромбическая с углом при вершине  $55^\circ$ ),  $F^{PI}_{23}$  – R (круглая),  $F^{PI}_{24}$  – S (квадратная),  $F^{PI}_{25}$  – T (треугольная),  $F^{PI}_{26}$  – V (ромбическая с углом при вершине  $35^\circ$ ).
3.  $F^{PI}_{3j}$  – Размер пластины ( $m=15$ ).  $F^{PI}_{31}$  – 06,  $F^{PI}_{32}$  – 07,  $F^{PI}_{33}$  – 08,  $F^{PI}_{34}$  – 09,  $F^{PI}_{35}$  – 10,  $F^{PI}_{36}$  – 11,  $F^{PI}_{37}$  – 12,  $F^{PI}_{38}$  – 15,  $F^{PI}_{39}$  – 16,  $F^{PI}_{310}$  – 19,  $F^{PI}_{311}$  – 20,  $F^{PI}_{312}$  – 22,  $F^{PI}_{313}$  – 25,  $F^{PI}_{314}$  – 27,  $F^{PI}_{315}$  – 38.
4.  $F^{PI}_{4j}$  – Задний угол режущей пластины ( $m=4$ ).  $F^{PI}_{41}$  – N ( $\alpha=0^\circ$ ),  $F^{PI}_{42}$  – B ( $\alpha=5^\circ$ ),  $F^{PI}_{43}$  – C ( $\alpha=7^\circ$ ),  $F^{PI}_{44}$  – P ( $\alpha=11^\circ$ ).
5.  $F^{PI}_{5j}$  – Тип резца по углу в плане ( $m=26$ ).  $F^{PI}_{51}$  – A( $\varphi=90^\circ$ ),  $F^{PI}_{52}$  – B( $\varphi=75^\circ$ ),  $F^{PI}_{53}$  – C( $\varphi=90^\circ$ ),  $F^{PI}_{54}$  – D( $\varphi=45^\circ$ ),  $F^{PI}_{55}$  – D(круглая пластина),  $F^{PI}_{56}$  – E( $\varphi=60^\circ$ ),  $F^{PI}_{57}$  – F( $\varphi=90^\circ$ ),  $F^{PI}_{58}$  – G( $\varphi=90^\circ$ ),  $F^{PI}_{59}$  – H( $\varphi=107^\circ30'$ ),  $F^{PI}_{510}$  – J( $\varphi=93^\circ$ ),  $F^{PI}_{511}$  – K( $\varphi=75^\circ$ ),  $F^{PI}_{512}$  – L( $\varphi=95^\circ$ ),  $F^{PI}_{513}$  – M( $\varphi=50^\circ$ ),  $F^{PI}_{514}$  – N( $\varphi=62^\circ30'$ ),  $F^{PI}_{515}$  – P( $\varphi=117^\circ30'$ ),  $F^{PI}_{516}$  – Q( $\varphi=107^\circ30'$ ),  $F^{PI}_{517}$  – R( $\varphi=75^\circ$ ),  $F^{PI}_{518}$  – S( $\varphi=45^\circ$ ),  $F^{PI}_{519}$  – S(круглая пластина),  $F^{PI}_{520}$  – T( $\varphi=60^\circ$ ),  $F^{PI}_{521}$  – U( $\varphi=93^\circ$ ),  $F^{PI}_{522}$  – V( $\varphi=72^\circ30'$ ),  $F^{PI}_{523}$  – W( $\varphi=60^\circ$ ),  $F^{PI}_{524}$  – X(специальный),  $F^{PI}_{525}$  – Y( $\varphi=85^\circ$ ),  $F^{PI}_{526}$  – Z( $\varphi=93^\circ$ ).
6.  $F^{PI}_{6j}$  – Направление резания ( $m=3$ ).  $F^{PI}_{61}$  – R(правое),  $F^{PI}_{62}$  – L(левое),  $F^{PI}_{63}$  – N(нейтральное).
7.  $F^{PI}_{7j}$  – Размер державки ( $m=7$ ).  $F^{PI}_{71}$  –  $16 \times 16$ ,  $F^{PI}_{72}$  –  $20 \times 20$ ,  $F^{PI}_{73}$  –  $25 \times 25$ ,  $F^{PI}_{74}$  –  $32 \times 25$ ,  $F^{PI}_{75}$  –  $32 \times 32$ ,  $F^{PI}_{76}$  –  $40 \times 40$ ,  $F^{PI}_{77}$  –  $50 \times 50$ .
8.  $F^{PI}_{8j}$  – Длина державки ( $m=19$ ).  $F^{PI}_{81}$  – D(L=60),  $F^{PI}_{82}$  – E(L=70),  $F^{PI}_{83}$  – F(L=80),  $F^{PI}_{84}$  – H(L=100),  $F^{PI}_{85}$  – J(L=110),  $F^{PI}_{86}$  – K(L=125),  $F^{PI}_{87}$  – L(L=140),  $F^{PI}_{88}$  – M(L=150),  $F^{PI}_{89}$  – N(L=160),  $F^{PI}_{810}$  – P(L=170),  $F^{PI}_{811}$  – Q(L=180),  $F^{PI}_{812}$  – R(L=200),  $F^{PI}_{813}$  – S(L=250),  $F^{PI}_{814}$  – T(L=300),  $F^{PI}_{815}$  – U(L=350),  $F^{PI}_{816}$  – V(L=400),  $F^{PI}_{817}$  – W(L=450),  $F^{PI}_{818}$  – X(специальный),  $F^{PI}_{819}$  – Y(L=500).

Характеристическую формулу конструкции режущего инструмента в общем виде можно записать как

$$F^{PI} = \langle F^{PI}_{1j}, F^{PI}_{2j}, F^{PI}_{3j}, F^{PI}_{4j}, F^{PI}_{5j}, F^{PI}_{6j}, F^{PI}_{7j}, F^{PI}_{8j} \rangle = \langle 1j 2j 3j 4j 5j 6j 7j 8j \rangle.$$

Например, токарный резец PCBNR4040S25 (рис. 1) будет иметь следующую характеристическую формулу

$$F^{PCBNR4040S25} = \langle F_{13}, F_{21}, F_{313}, F_{41}, F_{52}, F_{61}, F_{75}, F_{813} \rangle = \langle 13 21 313 41 52 61 75 813 \rangle$$

Обозначение резца	Размеры							Пластина
	$h=h_1$	$b$	$f$	$l_1$	$l_2$	$\lambda_s^\circ$	$\gamma_0^\circ$	
PCBNR4040S25	40	40	35	250	45	-6	-6	CNMM250916

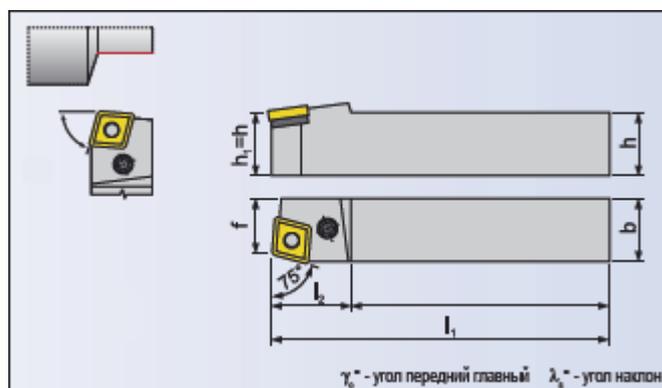
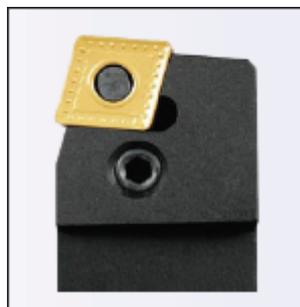


Рис. 1. Конструктивные параметры токарного резца PCBNR4040S25

Если принять, что  $i$  – уровни графа ( $i = 1, 2, \dots, n$ ), отражающие определенный конструктивный признак, а  $j$  – вершины графа на каждом уровне ( $j = 1, 2, \dots, m$ ), то характеристические формулы, представляющие конкретные конструкции режущего инструмента можно представить в виде графа, описывающего информационную структуру конструктивных признаков режущего инструмента.

Таким образом, на основе представленной классификации построим граф, описывающий некоторые конструкции токарных резцов (рис. 2).

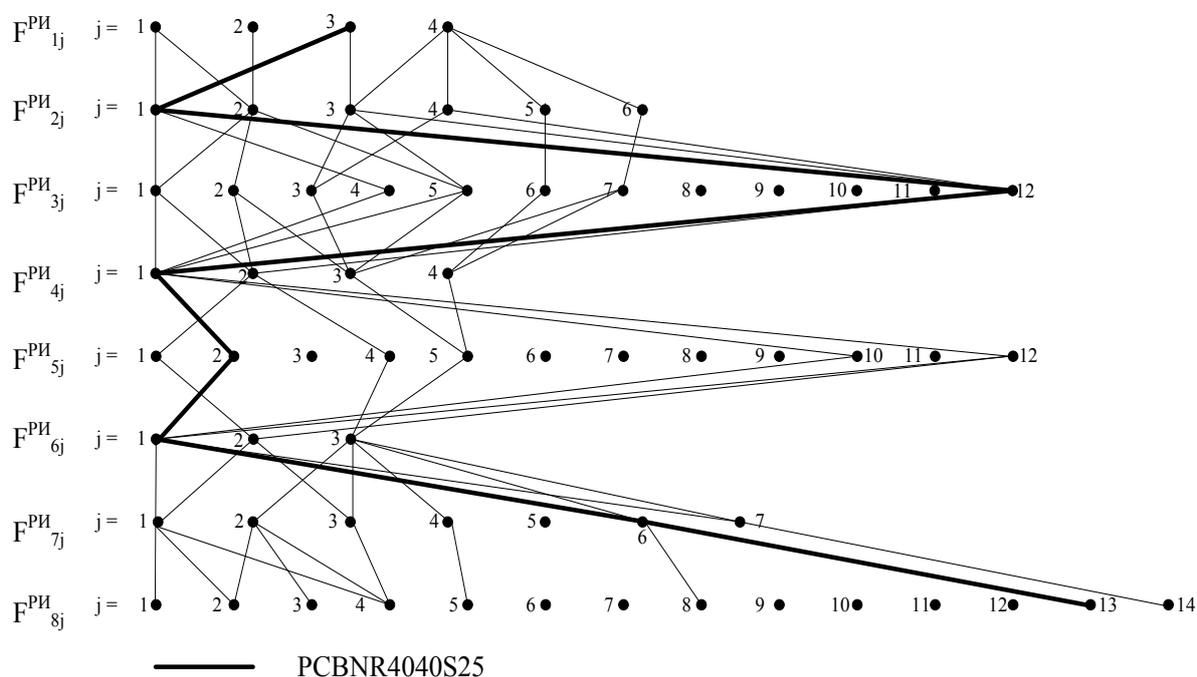


Рис. 2. Граф некоторых конструкций токарных резцов

Структуру графа можно описать матрицами  $C_k = [C_{ij}]$  и  $D_{ii+l} = [D_{ij \ i+l_j}]$ . Относительно конкретных вариантов моделей конструкций резцов матрица  $C_k$  принимает значение  $C_k = 1$ , если данный конструктивный признак, а следовательно и режущий инструмент с этим конструктивным признаком имеется в системе инструментального обеспечения и в базе данных системы технологической подготовки производства, а 0 означает отсут-

ствие режущих инструментов с данными конструктивными признаками. Отношения между элементами каждого уровня задается матрицами  $D_{ii+1}$ , где «разрешенные» и/или совместимые связи принимают значения  $D_{ii+1} = 1$ , а  $D_{ii+1} = 0$ , если отношение отсутствует. Граф на рис. 2 можно представить в матричном виде.

$$C_k = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & \emptyset \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & \emptyset \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & \emptyset \\ 1 & 1 & 1 & 1 & \emptyset \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & \emptyset & \emptyset \\ 1 & 1 & 1 & \emptyset \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & \emptyset \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \end{bmatrix}, D_{12} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Соответствие между элементами уровней 2-3, 3-4, 4-5, 5-6, 6-7, 7-8 задается матрицами  $D_{23}, D_{34}, D_{45}, D_{56}, D_{67}, D_{78}$ .

Связи между уровнями описывают реальные конструкции режущих инструментов, в рассматриваемом случае, токарных резцов. Определенная конструкция на каждом уровне конструктивных признаков может принимать только одно значение.

На основе характеристических функций формируется модель морфологического классификатора (МК) режущего инструмента, которая описывает все возможные варианты конструкции инструментов.

В составе МК матрицы принятия решения, которые в зависимости от различных сочетаний  $j$ -тых значений на  $i$ -тых уровнях графа элементы вместо значения 1 будут иметь определенное значение – вес, определяющий их технико-экономические показатели и эффективность реализации тех или иных деревьев относительно условий механической обработки. Например, для условий тяжелой черновой обработки цилиндрической поверхности (рис. 1) некоторые значения весов на уровне описывающего размер пластины будут иметь значения  $C^3_{PCBNR4040S25}=[0, 0, 0, 0, 0, 2, 2, 3, 3, 3, 4, 4, 5, 6, 6]$ , на уровне направления резания  $C^6_{PCBNR4040S25}=[1, 0, 0]$ , на уровне размера державки  $C^7_{PCBNR4040S25}=[0, 0, 0, 1, 2, 5, 6]$  и по длине державки  $C^8_{PCBNR4040S25}=[0, 0, 0, 0, 1, 1, 1, 2, 2, 2, 3, 3, 3, 4, 4, 5, 5, 6, 6]$ . «Разрешенные» МК деревья описываются характеристическими формулами, в соответствии которым ставятся реальные конструкции режущих инструментов. Таким образом, МК режущего инструмента являются информационным обеспечением базы данных, являющейся основой системы автоматизированного выбора режущего инструмента на этапе разработки технологического процесса. Путем правильного выбора  $j$ -тых элементов на  $i$ -ых уровнях конструктивных признаков обеспечивается возможность выбора наиболее целесообразного режущего инструмента для заданных условий обработки. С целью оптимизации по принятому критерию эффективности каждому элементу при выборе из нескольких возможных вариантов присваивается вес, характеризующий критерий предпочтительности той или иной конструкции. Данные о конструкциях, инструментальных материалах могут быть представлены в характеристических формулах для структурно-параметрической оптимизации технологического процесса механической обработки резанием деталей машин.