

УДК 658.52.011.56

Медведев В. С., Рюмшин Р. А.

## РАЗРАБОТКА КЛАССИФИКАТОРА СТАНОЧНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ НА БАЗЕ КОГНИТИВНЫХ МОДЕЛЕЙ

В САПР станочных приспособлений (СП) в настоящее время выполняется проектирование путем синтеза конструкций по заданному алгоритму [1]. В алгоритмах слабо учитываются факторы, сопутствующие эксплуатации СП. Однако указанные факторы существенно влияют на конечную конструкцию. Причем, их различное сочетание ведет к значительному изменению конструкции СП. Эксплуатационные факторы, как правило, можно сосредоточить в четырех базах данных: технологических, конструкторских, организационных, экономических. Неверный учет тех или иных эксплуатационных факторов на стадии предпроектного анализа СП ведут к потере его работоспособности во время эксплуатации.

В ходе проектирования станочных приспособлений для современного производства важным этапом является предпроектный анализ (ПА). Этот этап характеризуется большой неопределенностью и отсутствием жестких регламентаций процессов реализации при проектировании. Как правило, на этапе ПА принимается большинство решений из числа важнейших по степени их влияния на окончательный результат. Это обусловлено тем, что исследование технологии и организации производства, предшествующих проектированию, формирование вариантов проектных решений, и их анализ обычно относят к ранним стадиям проектной деятельности.

В настоящее время существует ряд методов и моделей проектной деятельности, которые обеспечивают учет различных факторов при проектировании станочных приспособлений. Достаточно глубоко учет эксплуатационных факторов, которые существенно влияют на конструкцию станочного приспособления, обеспечивается когнитивными моделями [2–5].

Когнитивность обозначает, в частности, системные проявления сознательных манипуляций с понятийными структурами различных предметных областей. Данный подход обеспечивает учет множества внешних факторов, влияющих на конструкцию станочного приспособления. Он позволяет перейти к разработке системы понятий внешних факторов и их отдельного структурирования.

Целью работы является повышение эксплуатационных качеств станочных приспособлений на базе когнитивных моделей проектирования.

На стадии предпроектного анализа необходимо установить когнитивные связи между эксплуатационными факторами и конструкцией СП и представить их в виде конструкторско-технологического классификатора. Поэтому основными задачами исследования являются:

- исследование когнитивных связей между эксплуатационными факторами и конструкцией приспособления;
- разработка конструкторско-технологического классификатора СП.

Специфические особенности обрабатываемых центров (ОЦ) определяют условия эксплуатации СП и, в конечном итоге, когнитивы в предпроектном анализе. Когнитивные связи предлагается формировать при рассмотрении специфических особенностей ОЦ по сравнению с универсальными станками:

1. ОЦ имеет повышенную жесткость, обеспечивающую высокую производительность на черновых операциях, и высокую степень точности на чистовых операциях. Следовательно, надежность, жесткость, точность и возможность контроля состояния СП для ОЦ должна быть выше, чем для универсальных станков.

2. Переналадка ОЦ на обработку новой детали сводится к смене программносителя и составляет десятки секунд. Поэтому время простоя станков будет зависеть главным образом от времени, затрачиваемого на смену или переналадку СП и инструмента и размерную настройку последнего. Таким образом, необходимы минимальные затраты времени на переналадку СП, повысить их гибкость и ремонтпригодность.

3. При обработке на ОЦ стремятся к возможно большей концентрации операций, выполняемых с одной установки заготовки. Для этого необходимо, чтобы элементы конструкции приспособлений обеспечивали свободный доступ режущего инструмента к обрабатываемым поверхностям и исключали переориентации или перезакрепление заготовки в процессе обработки. Следовательно, необходимо повысить ремонтпригодность СП.

4. Эффективное использование ОЦ в условиях многономенклатурного мелкосерийного производства возможно только при оснащении их СП, обеспечивающими высокую производительность.

Реализация указанных когнитив в конкретных компоновках приспособлений должна осуществляться с учетом общего анализа среды обитания ОЦ. Здесь следует учитывать то, что при обработке на ОЦ используется только полная схема базирования. Это вызвано тем, что программируемые перемещения рабочих органов ОЦ при обработке задаются от начала координат. Такая особенность обработки требует лишения всех степеней свободы заготовки.

Практически все системы станочных приспособлений могут использоваться для установки и закрепления деталей на ОЦ [5]. Вместе с тем, учитывая рассмотренные выше когнитивы, предпочтение следует отдать группе переналаживаемых приспособлений и приспособлений-спутников. Методика проектирования переналаживаемых приспособлений предполагает использование классификаторов СП. В основу известных классификаторов положены конструктивные признаки деталей, входящих в компоновки. Такие классификаторы позволяют формализовать код компоновок станочных приспособлений для проектирования с применением ЭВМ [6]. Однако такие классификаторы не имеют кодов, связывающих конструктивные параметры приспособлений с условиями их эксплуатации. Поэтому возникают трудности при автоматизированном проектировании технологических процессов в части адаптации кода приспособления к логике технологического процесса. Устранить указанные недостатки можно при использовании когнитивных моделей.

На основе анализа мнений экспертов и лица, принимающего решение, строится структурное представление ситуации в виде когнитивной карты, представляющей собой граф, вершинами которого служат основные факторы (концепты) ситуации, а дугами – взаимовлияние факторов.

Проведем разработку когнитивной модели для проектирования СП. При этом фактор (концепты) когнитивной модели сгруппируем по базам эксплуатационных факторов:

1. Конструкторские факторы:

X1 – надежность (обеспечение функционирования СП с заданными параметрами);

X6 – ремонтпригодность (удобство сервисного обслуживания СП в процессе эксплуатации).

2. Технологические факторы:

X3 – эффективность (снижение расходов по переналадке).

3. Организационные факторы:

X7 – гибкость (возможности СП к изменениям, повышающим характеристики функционирования);

X8 – контроль состояния (контроль положения заготовки и общего состояния СП).

4. Экономические факторы:

X2 – производительность (скорость замены СП или его переналадка);

X4 – экономичность (выполнения заданных функций с наименьшими затратами).

Когнитивная карта (табл. 1) отражает наличие влияния факторов друг на друга, а динамика изменения ситуации учитывается когнитивной моделью, которая является графом, в котором концепты X1-X8 являются базисными факторами, а дуги представляют собой функциональную зависимость между соответствующими факторами.

Таблица 1

Когнитивная карта

	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8
X1		+	+	+				
X2			+	+				
X3								
X4			+					
X5	+	+	+	+		+	+	+
X6	+	+						
X7	-	+	+	+				
X8	+							

Для определения целенаправленного поведения в сложной ситуации в когнитивной модели параметров и факторов системы выделен целевой фактор X5 – квалификация персонала (уровень образования).

При повышении X5 улучшаются X1, X2, X3, X4, X6, X7, X8.

В предложенной модели помимо целевого фактора существует и ключевая концепта X3, которая изменяется сама, не затрагивая другие параметры системы. Когнитивная модель приведена на рис. 1.

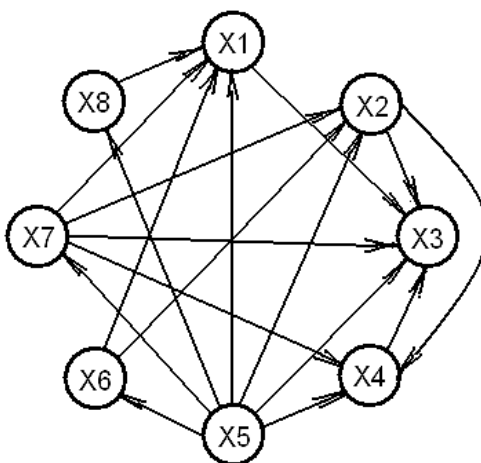


Рис. 1. Когнитивная модель для проектирования станочных приспособлений

На основании когнитивного понимания проектирования механических систем, в частности проектирования станочных приспособлений, разработана модель для проектирования наладочных станочных приспособлений. В ней реализована связь типа, формы и технологии обработки деталей с конструкцией приспособления. Эта связь представлена на рис. 2 в виде блок-схемы формирования кода станочного приспособления. Здесь реализована минимальная длина кода, при которой возможен выбор (проектирование) СП.

Коды в модели построены по позиционному принципу и назначаются на основе анализа условий реализации технологического процесса в форме:

$$A_j = \{b_1, b_2, \dots, b_m\}, \tag{1}$$

где  $A_j$  – множество, составляющее код определенного приспособления;

$b_1 \dots b_m$  – отдельные элементы кода приспособления из соответствующих множеств  $B_m$ .

При этом формирование кода выполняется как логическое произведение множеств  $B_1 \dots B_m$ :

$$A = B_1 \times B_2 \times \dots \times B_m = \{\langle b_1, b_2, \dots, b_m \rangle \mid b_i \in B_i, i = 1, \dots, m\}, \tag{2}$$

Для пятизначного кода, принятого в модели, произведение множеств имеет вид:

$$A = B_1 \times B_2 \times B_3 \times B_4 \times B_5, \tag{3}$$

где  $B_1$  – множество кодов типов деталей;

$B_2$  – множество ходов комбинаций баз;

$B_3$  – множество кодов расположения баз;

$B_4$  – множество кодов базовых агрегатов;

$B_5$  – множество кодов сменных наладок или специальных элементов приспособлений.

Выбор кода одного признака из множества  $B_i$  выполняется по матрицам эксплуатационных и конструкторских связей, которые приведены на рис. 2. Технологические и технические связи  $f_i(B_i)$  устанавливаются между технологическими параметрами (тип детали, схема базирования и т.д.), техническими (элементы компоновки приспособления) и цифрой кода приспособления. Как правило, предыдущие признаки влияют на выбор последующих признаков. Это описывается матрицами связей «код – код»  $\varphi_i(B_i)$ . Матрицы  $f_i(B_i)$  и  $\varphi_i(B_i)$  могут быть различного вида (строка, столбец или прямоугольная матрица).

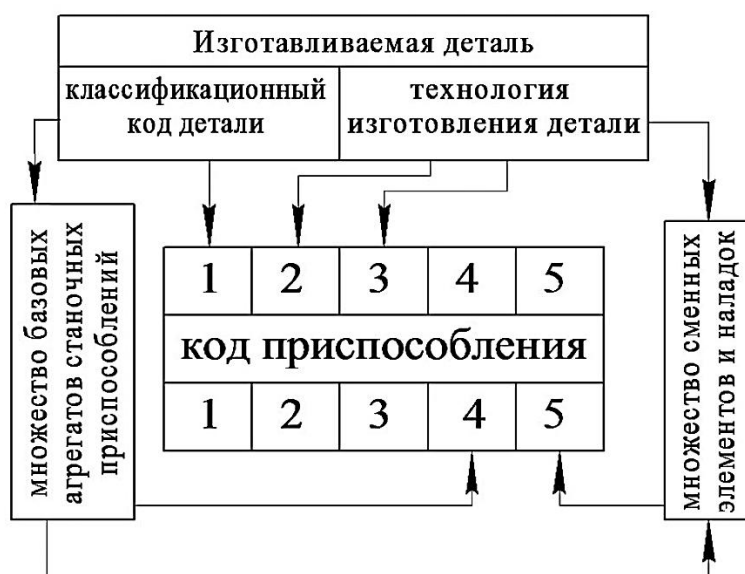


Рис. 2. Блок-схема формирования классификационного кода приспособления

С учетом матриц связей математическая модель кода СП имеет вид:

$$A = \left\{ \begin{array}{l} b_1, f_1(B_1), \varphi_1(B_1) \\ b_2, f_2(B_2), \varphi_2(B_2) \\ b_3, f_3(B_3), \varphi_3(B_3) \\ b_4, f_4(B_4), \varphi_4(B_4) \\ b_5, f_5(B_5), \varphi_5(B_5) \end{array} \right\}. \quad (4)$$

Для реализации кода конструкции СП на базе когнитивных моделей введем коды различных элементов.

В соответствии с принятой концепцией в первой позиции описывается форма изготавливаемой детали. Код идентичен с классом детали и может быть представлен в следующем виде.

*Позиция 1. Классификационный код детали*

Детали без механической обработки	0
Крепежные детали	1
Тела вращения жесткие	2
Тела вращения нежесткие	3
Детали с элементами зубчатого зацепления	4
Плоские детали	5
Детали сложной конфигурации	6
Корпусные детали	7
Опоры и базовые детали	8

Во второй позиции описывается схема базирования, которая может состоять из комбинации баз.

*Позиция 2. Код комбинаций баз*

В наименовании комбинаций баз согласно ГОСТ 21495-76 приняты следующие сокращения: УБ – установочная база (лишает заготовку трех степеней свободы); НБ – направляющая база (лишает двух степеней свобода); ОБ – опорная база (лишает одной степени свободы); ДН – двойная направляющая база (лишает четырех степеней свободы); ДО – двойная опорная база (лишает двух степеней свободы). Ниже приведены возможные сочетания баз:

УБ	1
УБ – НБ	2
УБ – НБ – ОБ	3
УБ – ДО	4
УБ – ДО – ОБ	5
ДН	6
ДН – ОБ	7
ДН – ОБ – ОБ	8

Совместно с кодом третьей позиции классификатора, описывающим расположение баз, второй элемент определяет пространственное расположение детали при обработке.

*Позиция 3. Код расположения баз*

Горизонтальное расположение УБ или горизонтальное расположение оси детали при базировании по ДН базе	1
Вертикальное расположение УБ или вертикальное расположение оси детали при базировании по ДН базе	2
Произвольное расположение УБ или оси детали, кроме случаев 1, 2	3

Четвертая позиция определяет базовую конструкцию (или базовую деталь) приспособления.

*Позиция 4 – Код базового агрегата*

Стол станка	1
Патрон трехкулачковый самоцентрирующийся	2
Патрон цанговый	3
Оправка	4
Стол поворотный	5
Головка делительная	6
Тиски	7
Плита	8

Пятая позиция определяет один или несколько дополнительных элементов приспособления, реализующих схему базирования или закрепления обрабатываемых деталей.

*Позиция 5 – Код сменной наладки и элемента*

Без дополнительных элементов	0
Кулачок	1
Призма	2
Центр	3
Упор	4
Палец	5
Губка	6
Пластина	7
Штырь	8

Классификатор, выполненный на базе когнитивных представлений проектирования станочных приспособлений, позволяет упростить процедуру и существенно сократить время проектирования путем разработки карт оснащения станочными приспособлениями групповых технологических процессов. Пример одной карты классификатора приведен в табл. 2. В таблице приведены детали, для которых проектируются приспособления. Классификационный код формируется при последовательном выборе цифры кода в колонках таблицы. В предпоследней колонке приведен рекомендуемый классификационный код. В последней колонке дана ссылка на схему реального приспособления, которое может быть представлена в базе данных классификатора.

**ВЫВОДЫ**

Установлены когнитивные связи между эксплуатационными факторами и конструкциями станочных приспособлений, позволяющие повысить эффективность их работы на современных ОЦ. Разработанная математическая модель позволяет наладить когнитивы (связи) между технологическими процессами и элементами конструкции СП. Разработан конструкторско-технологический классификатор для проектирования (назначения) СП, который способен адаптироваться для конкретных производственных условий.

**СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Станочные приспособления. Справочник. В 2-х т. Т. 2 / Ред. совет: Б. Н. Вардашкин (пред.) и др.; под ред. Б. Вардашкина, А. А. Шатилова. – М. : Машиностроение, 1984. – 592 с.
2. Козлов Л. А. Когнитивное моделирование на ранних стадиях проектной деятельности : учебное пособие / Л. А. Козлов; Алт. гос. техн. университет им. И. И. Ползунова. – Барнаул : АлтГТУ, 2008. – 246 с.
3. Козлов Л. А. Формирование паттернов когнитивной графики для проектных расчетов машиностроения [Текст] / Л. А. Козлов, П. И. Исаев // Решетневские чтения: тезисы докладов III Всероссийской науч.-практической конф. – Красноярск, 1999. – С. 217.
4. Твисс Б. Управление научно-техническими нововведениями : пер. с англ. / Б. Твисс. – М. : Экономика, 1989. – 279 с.
5. Макаренко Д. И. Когнитивное моделирование наукоемких оборонно-ориентированных производств : монография / Д. И. Макаренко, Е. Ю. Хрусталева. – М. : ЦЭМИ РАН, 2007. – 76 с.
6. Боровик А. И. Технологічна оснастка механоскладального виробництва / А. И. Боровик. – К. : «Кондор», 2008. – 726 с.

Статья поступила в редакцию 18.10.2012 г.

Пример классификатора станочных приспособлений на базе когнитивной модели

Пластины			Карта 1			
Наименование деталей (материалы), код деталей	Эскизы деталей-представителей, схемы их базирования и закрепления	Детали и узлы приспособлений			Код приспособления. Операция	№ схемы приспособления
		Универс. переналаж. присп., узлы (обознач. ГОСТ)	Узлы и детали УСП (обознач. ГОСТ)	Специальные узлы и детали (№ чертежа)		
Панели (Сталь 3, Д16) от 5300xxxxxxxx до 5399xxxxxxxx			1.* Плита УСП (7081-2005 ГОСТ 15185-70)	2. Установочные элементы (032.001.000) 3. Зажим (032.007.000)	53176 Фрезерная Сверлильная	4
Опоры (Стали 35, 45) от 7000xxxxxxxx до 7499xxxxxxxx		1. Тиски машинные (7200-0215 ГОСТ 14904-80)		2. Губки (032.002.000)	74262 Фрезерная, Сверлильная	3
		1. Патрон токарный (ГОСТ 2675-71)		2. Плита (032.104.000)	74210 Сверлильная	8
Основания (Сталь 3) от 5000xxxxxxxx до 5399xxxxxxxx		1. Тиски машинные (7200-0215 ГОСТ 14904-80)		2. Упор (032.003.000)	53164 Фрезерная, Сверлильная	1
		*– Порядковые номера соответствуют позициям на схеме приспособления				