

УДК 621.9

**В. М. Пашкевич, канд. техн. наук, доц., М. Н. Миронова****РАСЧЕТ СТАНОЧНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ НА ОСНОВЕ  
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СЕМАНТИЧЕСКИХ СЕТЕЙ**

Рассмотрены вопросы расчета приспособлений для металлорежущих станков. Использован подход, базирующийся на технологиях функциональных семантических сетей. Рассмотрена возможность применения функциональных семантических сетей для расчета параметров станочных приспособлений. Описана интеллектуальная система, предназначенная для решения прикладных задач. Показана структура системы и приведен пример расчета пневмопривода станочного приспособления.

Проектирование и расчет станочных приспособлений представляют собой часто актуальную задачу для технологии машиностроения. Для решения подобных задач может быть использован подход, базирующийся на технологиях искусственного интеллекта, в частности, технологиях функциональных семантических сетей, который учитывает функциональные взаимосвязи между параметрами обработки и параметрами применяемой технологической оснастки.

Система, использующая семантическую сеть для решения различных прикладных задач, обладает существенным преимуществом по сравнению с традиционными программами. Для такой системы при решении конкретных задач четкий алгоритм решения не требуется, а формируется самой системой путем преобразования исходной сети в конечную сеть, соответствующую результату, что позволяет использовать данную систему для решения различных задач в области проектирования и расчета технологической оснастки, применяемой при обработке деталей машин лезвийным инструментом.

Для реализации такого подхода была создана интеллектуальная система, в состав которой входят следующие части:

- пользовательский интерфейс;
- подсистема приобретения знаний;
- база знаний;
- механизм логического вывода.

В системе знания представлены в трех уровнях – предметном, математическом и программном. Поэтому база зна-

ний имеет трехуровневую структуру и состоит соответственно из компонентов знаний на техническом, математическом и программном уровнях.

Компоненты знаний на техническом уровне включают различные виды базирующих элементов, зажимных механизмов и приводов станочных приспособлений. На математическом уровне этим структурам соответствуют математические отношения, а на программном – модули.

Соответствие между знаниями на техническом уровне ( $T$ ), математическом ( $M$ ) и программном ( $P$ ) уровнях устанавливается с помощью подсистем переформулирования, представленных на рис. 1 [1].

Трехуровневая модель предметной области обусловила, в свою очередь, архитектуру системы (рис. 2).

Архитектура системы включает блоки полной технической модели, математической модели и алгоритмов решения задач. Эти блоки связаны с базами знаний на всех трех уровнях ( $T$ ,  $M$ ,  $P$ ) тремя подсистемами формирования соответствующих моделей.

Подсистема формирования технической модели строит ее полное описание. Она выполнена в виде диалоговых окон, с помощью которых последовательно выбирается агрегатный состав проектируемого станочного приспособления.

Подсистема формирования математической модели на основе подсистем

темы переформулирования  $T \rightarrow M$  устанавливает соответствие между компонентами технической модели и моделирующими их математическими отношениями и формирует математическую модель объ-

екта. В табл. 1 показано соответствие между типами клинового зажимного механизма и моделирующими их математическими отношениями.

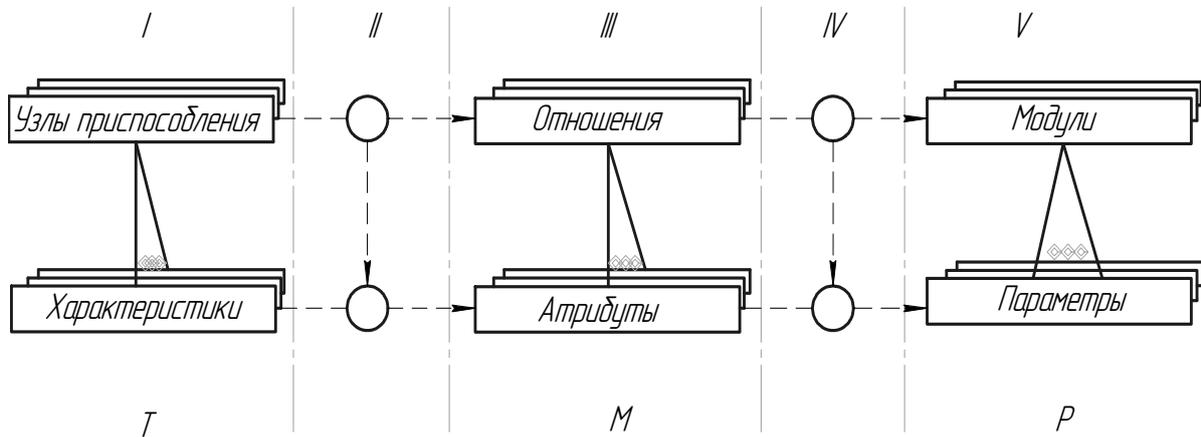


Рис. 1. Трехуровневая структура представления знаний: I – компоненты предметной области прикладного уровня; II – подсистема переформулирования  $T \rightarrow M$ ; III – компоненты предметной области математического уровня; IV – подсистема переформулирования  $M \rightarrow P$ ; V – компоненты предметной области программного уровня

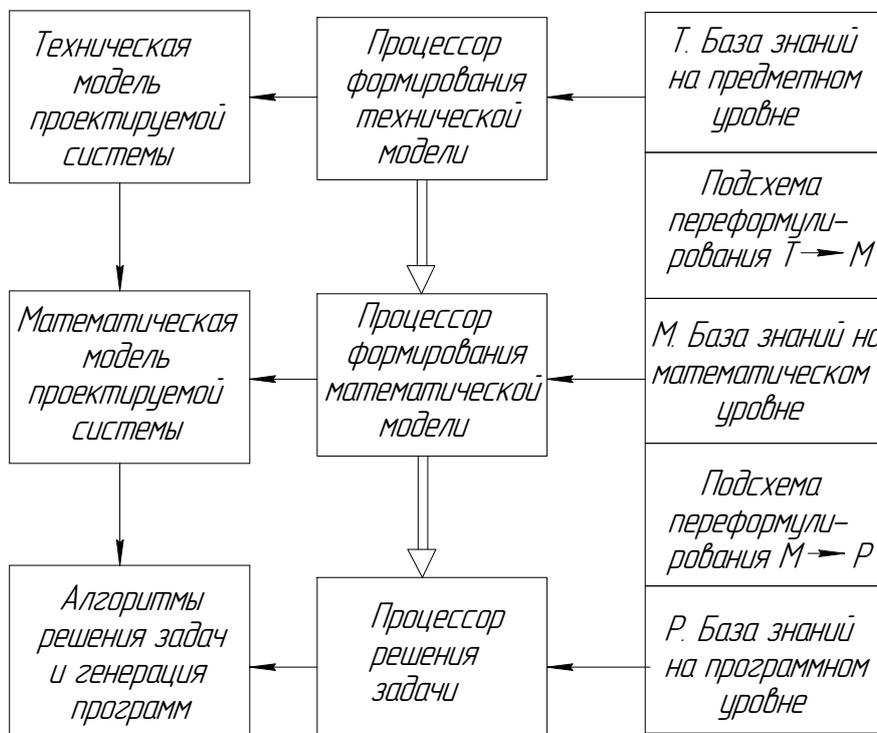
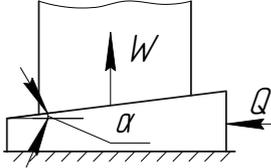
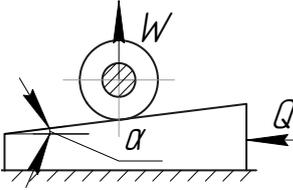
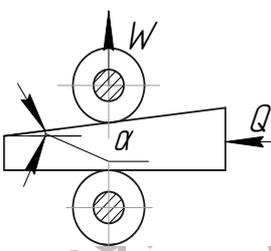
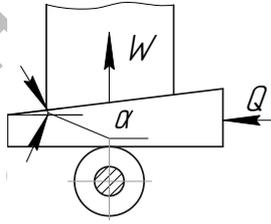


Рис. 2. Архитектура системы

Табл. 1. Соответствие между видами клинового зажимного механизма и моделирующими их математическими отношениями

Вид клинового зажимного механизма	Схема	Математические отношения
1 С трением на двух поверхностях клина		$Q = W \cdot (tg(\alpha + \varphi_1) + tg\varphi_2) / \eta$
2 С роликом на наклонной поверхности		$Q = W \cdot (tg(\alpha + \varphi_{np}) + tg\varphi_2) / \eta$
3 С двумя роликами		$Q = W \cdot (tg(\alpha + \varphi_{np}) + tg\varphi_{2np}) / \eta$
4 С трением только на наклонной плоскости клина и одним роликом		$Q = W \cdot (tg(\alpha + \varphi_1) + tg\varphi_{2np}) / \eta$

Математическая модель объекта представляет собой функциональную семантическую сеть математических отношений, которая в общем случае является двудольным графом с двумя типами вершин. Первый тип представляет параметры рассчитываемых задач, в том числе исходные данные. Второй тип вершин описывает отношения, определяющие функциональные зависимости между параметрами сети.

Функционирование нижних уровней трехуровневой схемы (см. рис. 2) связано с формулировкой пользователем расчетных

задач. В расчетной задаче указываются исходные данные (входные параметры) и искомые параметры (выходные), при этом на некоторые параметры могут накладываться интервальные ограничения. Процессор решения расчетных задач осуществляет планирование вычислений на семантических сетях, заключающееся в синтезе алгоритма решения задачи, и формирует программу, выполняемую системой логического вывода.

Переход от предметного уровня к математическому, когда по описанию системы проектировщиком сначала

строится полная техническая модель системы, а затем и математическая, решается автоматизацией познавательной деятельности (компьютеризацией знаний в области расчета станочных приспособлений) путем представления ее с помощью формализмов искусственного интеллекта. В данной системе в качестве таких формализмов использованы фреймы узлов станочных приспособлений, объединенные в единую структуру.

В качестве примера на рис. 3 показана структура выбора зажимных механизмов предметного уровня знаний системы, состоящая из фреймов-прототипов. Структура представляет собой и/или – граф, описывающий различные варианты зажимных механизмов станочных приспособлений. По уровням структуры указаны сами механизмы, соответствующие им математические отношения и их характеристики, благодаря которым образуются характеристики процесса проектирования в целом.

При выборе проектировщиком узлов приспособления фреймы-прототипы преобразуются в фреймы-экземпляры и объединяются в сеть фреймов, которая и представляет собой техническую модель.

Переход от математического уровня к программному осуществляется в процессе постановки задачи при нахождении минимально замкнутой системы отношений, построение которой позволяет указать, какие разрешения должны быть у каждого из отношений сети и из каких программных модулей образуется цепочка рабочей программы.

Само решение задачи (организация и управление вычислительным процессом) осуществляет система логического вывода на основе сформированной программы решения задачи.

Расчет неизвестных параметров процесса осуществляется при помощи механизма логического вывода, состоящего из трех основных модулей:

- модуля, осуществляющего семантический анализ строкового выражения, содержащего функциональную зависимость;
- модуля, который производит чтение заданного текста и формирование

польской записи;

- модуля, осуществляющего расчет выражения по сформированной польской записи.

Модуль, осуществляющий семантический анализ строкового выражения, поочередно считывает символы строки и определяет их принадлежность либо к числовой константе, переменной, символу операции или к имени функции.

По результатам семантического анализа строкового выражения, содержащего функциональную зависимость, создается обратная польская запись, представляющая собой массив управляющих команд, последовательное выполнение которых обеспечивает требуемую последовательность вычислений.

При вычислении по польской записи создается стек, в который заносятся промежуточные результаты вычислений. В итоге выполнения всех команд в стеке остается единственное число, являющееся результатом вычисления заданного выражения.

На конкретном примере проиллюстрируем, как пользователь-проектировщик с помощью пользовательского интерфейса вводит в систему описание технической модели и формулирует задачу. Проектируемое станочное приспособление, представленное на рис. 4, предназначено для обработки отверстий призматических заготовок. Данная система состоит из рычажного, клиноплунжерного зажимных механизмов и пневматического привода.

Пользователь в диалоговом режиме указывает вид обработки, тип заготовки, тип обрабатываемого отверстия, а также перечисляет агрегатный состав проектируемой системы. Пример выбора зажимных механизмов станочного приспособления показан на рис. 5.

Выбора агрегатного состава проектируемой системы достаточно для того, чтобы по сообщенным пользователем данным, автоматически была построена математическая модель системы в виде функциональной семантической сети, представленной на рис. 6.

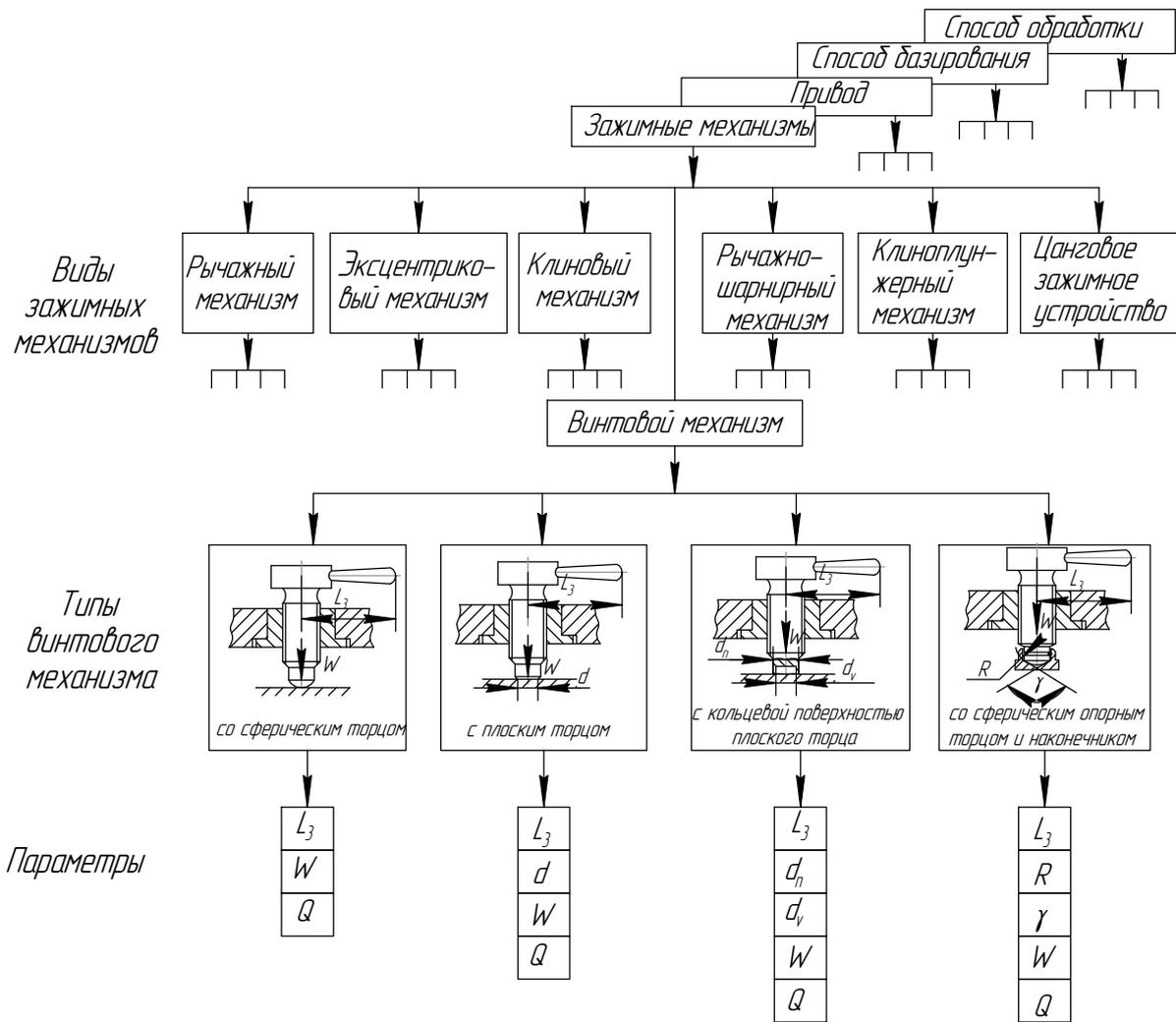


Рис. 3. Выбор зажимных механизмов

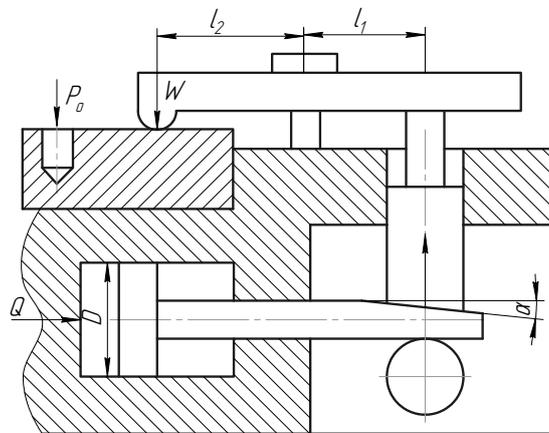


Рис. 4. Пример станочного приспособления

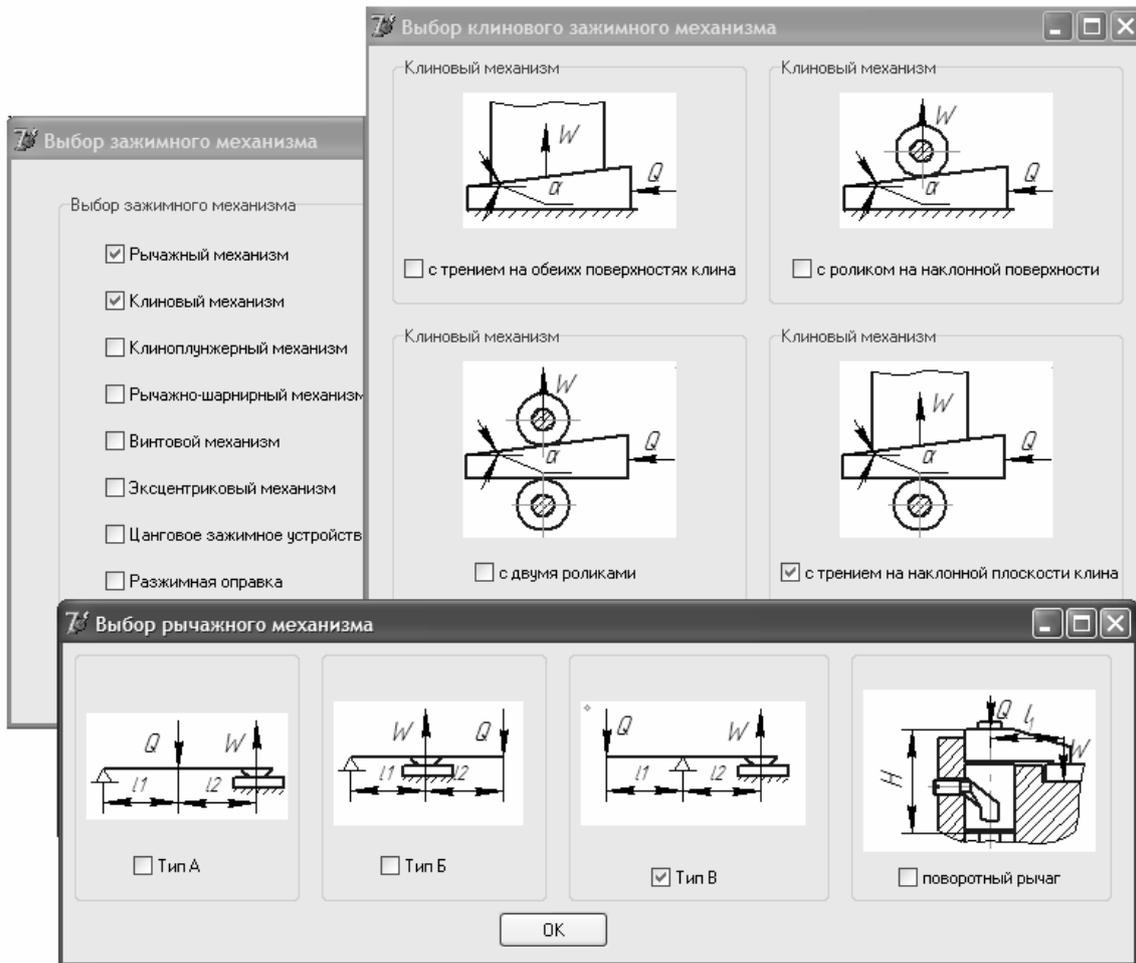


Рис. 5. Диалоговые окна выбора зажимных механизмов

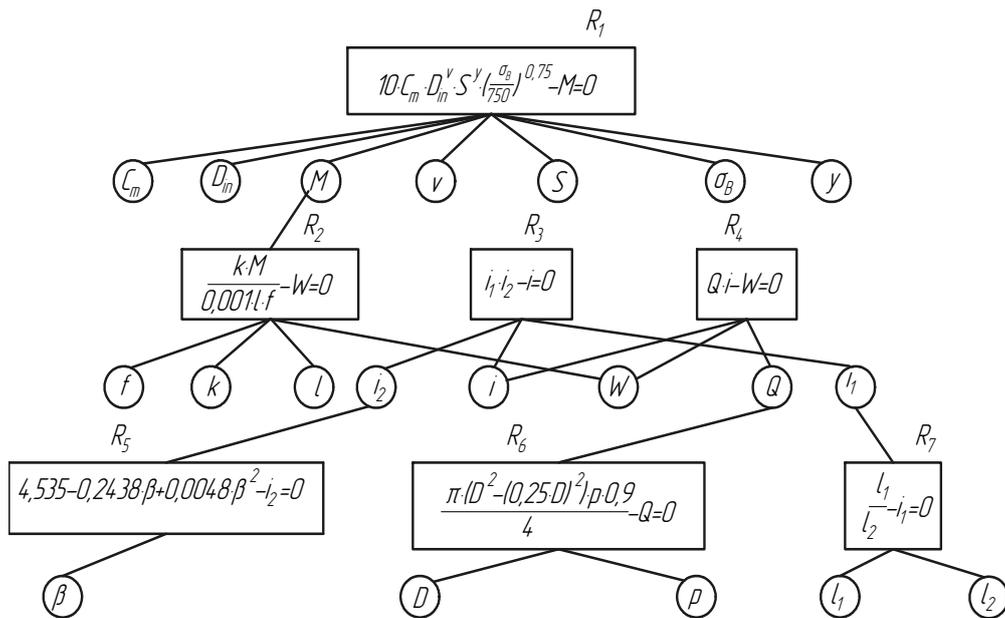


Рис. 6. Функциональная семантическая сеть для проектируемой системы

Сеть представляет собой двудольный неориентированный граф, в котором вершины-кружки являются параметрами проектируемой системы, а вершины-прямоугольники содержат отношения между этими параметрами. Для данной системы отношениями являются:

$$R_1(D_{in}, S, \sigma_B, M) = \{ D_{in}, S, \sigma_B, M \geq 0 \mid 10 \cdot C_m \cdot D_{in}^v \cdot S^y \cdot \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^{0,75} - M = 0 \};$$

$$R_2(k, M, f, l, W) = \{ k, M, f, l, W \geq 0 \mid \frac{k \cdot M}{0,001 \cdot l \cdot f} - W = 0 \};$$

$$R_3(l_1, l_2, i_3) = \{ l_1, l_2, i_3 > 0 \mid \frac{l_1}{l_2} - i_3 = 0 \};$$

$$R_4(\beta, i_7) = \{ \beta \in (0; \pi), i_7 > 0 \mid 4,535 - 0,2438 \cdot \beta + 0,0048 \cdot \beta^2 - i_7 = 0 \};$$

$$R_5(i_3, i_7, i) = \{ i_3, i_7, i > 0 \mid i_3 \cdot i_7 - i = 0 \};$$

$$R_6(Q, W, i) = \{ Q, W, i > 0 \mid Q \cdot i - W = 0 \};$$

$$R_7(D, p, Q) = \{ D, p, Q > 0 \mid \frac{\pi \cdot (D^2 - (0,25 \cdot D)^2) \cdot p \cdot 0,9}{4} - Q = 0 \}.$$

Каждое из отношений данной сети имеет несколько разрешений, представленных в виде программных модулей. Так, например, отношение  $R_6$  в общем случае имеет три разрешения относительно  $Q$ ,  $W$  и  $i$ .

В случае отношений ранга, равного единице, используется так называемый алгоритм паросочетаний, когда устанавливается взаимно-однозначное соответствие между двумя типами вершин. Если же ранг отношений больше единицы, то для нахождения минимально замкнутой системы отношений, необходимой для решения поставленной задачи, требуются более

сложные алгоритмы. Построение минимально замкнутой системы отношений позволяет указать, какие разрешения должны быть у каждого из них и, соответственно, из каких программных модулей образуется цепочка рабочей программы.

Рассмотрим решение задачи, определяющей диаметр поршня пневматического привода, при котором обеспечивалось бы надежное закрепление заготовки. Исходными данными поставленной задачи являются: диаметр инструмента  $D_{in} = 20$  мм; подача инструмента  $S = 0,14$  мм/об; предел прочности обрабатываемого материала  $\sigma_B = 750$  МПа; размер  $l = 150$  мм; размеры  $l_1 = 150$  мм и  $l_2 = 200$  мм; угол скоса клина  $\beta = 30^\circ$ ; давление в пневмоцилиндре  $p = 4$  МПа.

Первая вспомогательная задача, которую решает программный комплекс, заключается в определении минимально замкнутой системы отношений, позволяющей решить поставленную задачу.

В данном случае минимально замкнутая подсистема отношений состоит из отношений  $R_1 - R_7$ . У отношений выявляются входы и выходы, что приводит к преобразованию их в функции.

В результате происходит преобразование неориентированного двудольного графа отношений в ориентированный граф решения задачи, и, соответственно, происходит синтез рабочей программы решения задачи из цепочки программных модулей, соответствующих каждой функции (рис. 7).

Для определения диаметра штока пневмоцилиндра станочного приспособления система последовательно вычислила все неизвестные параметры, от которых зависит данная величина (рис. 8). Ниже представлены значения этих параметров: момент сил резания  $M = 28,63$  Н/м; сила закрепления  $W = 3081$  Н; передаточное отношение рычажного механизма  $i_1 = 2,55$ ; переда-

точное отношение клинового механизма  $i_2 = 1,12$ ; общее передаточное отношение  $i = 2,84$ ; сила на штоке поршневого пнев-

моцилиндра  $Q = 1083$  Н; диаметр штока  $D = 19,57$  мм.

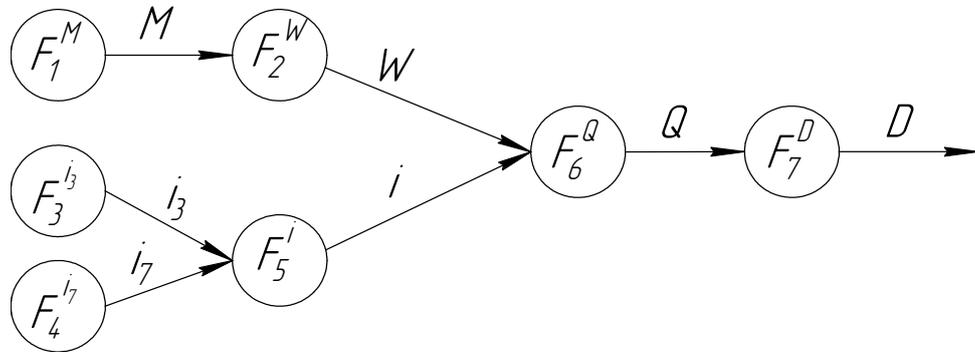


Рис. 7. Цепочка программных модулей

Параметр	Значение	Миним.	Макс.
SIGMAВ	750	100	1000
KM	0,999927E 0	0	100
DIN	20	5	100
S	0,14	0,03	2
PO	3433,974E 0	0	10000
M	28,62535E 0	0	10000
KZP	3,510040E 1,5	1,5	4,5
KZM	4,036468E 1,5	1,5	4,5
L	150	0	200
W	3081,209E 0	0	10000
BETA1	0,523	0	3,14
I2	1,115703E 0	0	100
L1	150	0	200
L2	200	0	350
I1	2,549946E 0	0	1000
I	2,844989E 0	0	1000
Q	1083,030E 0	0	10000
D	19,57148E 0	0	1000
P	4	2	15

Отношения	Общее	Извест	Неизвестные	Допуск
$[\sigma_B/750]^{0,75} \cdot K_m$	2	2	---	True
$10^{0,68} \cdot D_{in}^{1,1} \cdot S^{0,7} \cdot K_m \cdot P_0$	4	4	---	True
$10^{0,0345} \cdot D_{in}^{2,5} \cdot S^{0,8} \cdot K_m \cdot M$	4	4	---	True
$3,51 \cdot K_{zP}$	1	1	---	True
$4,0365 \cdot K_{zM}$	1	1	---	True
$K_{zM} \cdot M / (0,25^{1,1} \cdot 0,001) \cdot W$	4	4	---	True
$(0,85 / (\tan(\beta_1 + 0,0956) + 0,05)) \cdot i_2$	2	2	---	True
$(0,85^{1,1} / (I_2 - 1)) \cdot i_1$	3	3	---	True
$i_2^{1,1} \cdot i_1$	3	3	---	True
$Q \cdot i \cdot W$	3	3	---	True
$\pi \cdot D^{0,2} \cdot P^{0,9} / 4 \cdot Q$	3	3	---	True

Рис. 8. Расчет системой диаметра штока пневмоцилиндра

Таким образом, в результате решения данной задачи системой найден диаметр штока, равный 19,57 мм, который

округляется далее до величины 20 мм, выбранной из ряда стандартных значений диаметров пневмоцилиндров.

Разработанная система имеет архитектуру, при которой нет необходимости для каждого рассчитываемого станочно-го приспособления строить свою семантическую сеть, т. к. математическая модель формируется автоматически после выбора агрегатного состава приспособления.

Данная система позволяет успешно решать задачи, связанные с расчетом параметров технологической оснастки на основе многофакторной оптимизации на семантической сети.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Поспелов, Г. С.** Искусственный интеллект – основа новой информационной технологии / Г. С. Поспелов. – М. : Наука, 1988. – 280 с. : ил.
2. Технологическая оснастка : учебник для студентов машиностроительных специальностей вузов / М. Ф. Пашкевич [и др.]. – Минск : Адукацыя і выхаванне, 2002. – 320 с.
3. Станочные приспособления : справочник в 2 т. / Ред. совет Б. Н. Вардашкин (пред.) [и др.] ; под ред. Б. Н. Вардашкина, В. В. Данилевского. – М. : Машиностроение, 1984. – Т. 2. – 656 с.

Белорусско-Российский университет  
Материал поступил 01.10.2007

**V. M. Pashkevich, M. N. Mironova**  
**Calculation of machine clamp on basis**  
**of semantic network use**  
Belarusian-Russian University

The questions of calculation of machine clamp have been considered in this article. The approach which is based on technologies of functional semantic networks has been used. The possibility of applications of functional semantic networks for calculation of machine clamp parameters has been considered. The intellectual system for the decision of applied tasks has been described. The structure of the system is shown and the example of calculation of the diameter of machine clamp's pneumatic piston is given.