

---

УДК 681.3.621

*А. М. ЛУГАНСКИЙ, В. М. ПИСАРЕНКО*, канд. техн. наук,  
*Г. И. ЧУРЮМОВ*, канд. техн. наук

**РАСЧЕТ ХАРАКТЕРИСТИК ЗАМЕДЛЯЮЩИХ СИСТЕМ ПО ЗАПРОСУ  
НА ЕСТЕСТВЕННОМ ЯЗЫКЕ В СИСТЕМЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО  
ПРОЕКТИРОВАНИЯ СВЧ-ПРИБОРОВ**

---

Основные принципы построения системы машинного проектирования, ее возможная структура применительно к производству изделий электронной техники изложены в работах [1; 2]. Однако частные вопросы практической реализации отдельных функциональных составляющих создаваемой системы машинного проектирования здесь не уточнены. Нет информации об используемых лингвистических средствах взаимодействия человека с ЭВМ, составляющих основу функционирования автоматизированной системы и включающих возможные представления и обработку запросов в диалоговом режиме работы.

Кроме того, существующие системы машинного проектирования имеют, как правило, два уровня общения с системой. Нижний уровень — это уровень квалифицированных программистов, достаточно хорошо знакомых с системой, что позволяет им проводить расчеты, модернизировать, расширять и развивать информационное и математическое обеспечение системы. Верхний — это уровень непрограммирующих пользователей, которые эксплуатируют систему, практически не зная ее внутреннего содержания. Поскольку обычно система эксплуатируется именно данными пользователями, функции нижнего уровня

являются на практике недоступными. Ставится задача вывести эти функции на верхний уровень общения. Наиболее эффективный путь ее решения — построение естественно-языкового интерфейса, обеспечивающего диалог пользователь — ЭВМ.

Среди интеллектуальных систем общения, обладающих, как правило, развитыми естественно-языковыми возможностями, выделен класс систем, которые предназначены для использования в качестве интеллектуальных «посредников» между пользователями и библиотеками накопленных программных модулей, реализующих множество алгоритмов для широкого класса задач. Такое «посредничество» подразумевает выполнение системой следующих функций: распознавание входного запроса пользователя, выраженного на естественном языке (ЕЯ), и представление смысла входной фразы в терминах внутреннего языка; осуществление правильной формальной интерпретации внутреннего представления входного запроса с точки зрения имеющихся в системе знаний о конкретной предметной области; получение реакции системы на входной запрос в виде реализации того или иного вычислительного процесса.

Рассмотрим особенности реализации данных функций в системе подключения модулей расчета характеристик замедляющих систем. Проследим на примере процесс от восприятия входного (ЕЯ) запроса до получения искомого результата.

*Представление входного запроса в терминах внутреннего R-языка.* Термин «общение с ЭВМ на естественном языке», несмотря на большой опыт исследований в этой области, трактуется по-разному, что в значительной мере запутывает реальную ситуацию. Причина множественности толкований — отнесение некоторыми разработчиками к категории «общение на ограниченном естественном языке» входных языков, в состав которых входят отдельные элементы ЕЯ (словарный состав, некоторые синтаксические структуры) и элементы специализированных языков, например, язык УТОПИСТ в системе ПРИЗ [3].

Под запросом на ЕЯ понимаем естественно-языковое высказывание (ЕЯВ) без дополнительных соглашений если:  $\forall x_i \in M \exists y_j \in L (x_i = y_j) \& (\neg \exists x_i \in M \forall S S_K (x_i, x_j) \forall x_j \in M (S S_K (x_i, x_j))) \& (\neg \exists Z_m \in K \forall S R_n (M, Z_m) \times \times (S R_n (M, Z_m)))$ .

Здесь  $M$  — строка символов, содержащая ЕЯВ;  $x_i$  — последовательность символов от пробела до пробела;  $L$  — словарь взятых вне контекста словоформ;  $S S_K (x_i, x_j)$  —  $K$ -я операция объединения  $x_i, x_j$  в синтагматическую пару;  $K$  — множество фактов системы о внешнем мире;  $S R_n (M, Z_m)$  —  $n$ -я операция связывания фактов базы знаний со входным ЕЯВ.

Очевидно, отсутствие дополнительных соглашений не гарантирует полного удобства общения непрограммирующего пользователя и ЭВМ. Важно и наличие ограничений на входной запрос, т. е. на размеры той подобласти ЕЯ, в рамках которой ведется диалог с системой.

Общение с ЭВМ на ЕЯ в интервале времени без ограничений происходит, если  $\forall M_t (t \in [\Delta t] \exists L_t (M_t = L_t))$ , где  $M_t (t \in [\Delta t])$  — ЕЯВ, поступившее в систему в момент времени  $t$  на временном отрезке  $\Delta t$ ;

$L_i$  — ЕЯВ без дополнительных соглашений. Системы общения с ЭВМ на ЕЯ без ограничений не созданы. Поэтому актуальной является задача минимизации ограничений.

Система ДЕСТА [4], на базе которой построена система подключения модулей расчета характеристик замедляющих систем, обладает следующими ограничениями: воспринимаются одиночные либо в составе текста простые распространенные предложения без причастных и деепричастных оборотов, однородных членов, идиоматических конструкций, прямой речи.

Под представлением входного запроса в терминах внутреннего  $R$ -языка понимаем преобразование поверхностной структуры ЕЯВ в набор синтактико-семантических (ССО) и семантических отношений (СМНО). ССО имеет такой формат:

$$M: B, A, C(HE, T_l, D_l^1, D_l^2, E_l^1, E_l^2, X_l, HE, K_l) = \\ = (HE, T_r, D_r^1, D_r^2, E_r^1, E_r^2, X_r, HE, K_r),$$

где  $B, A, C$  — морфолого-синтаксическая информация терминальной словоформы  $T_r$ ;  $B$  — имя ССО, представленное вопросительным словом;  $A$  — местоимение;  $C$  — предлог;  $HE$  — частица;  $T$  — нормализованный вид словоформы;  $E^1, E^2$  — первый и второй суффиксы словоформы;  $X$  — предметная переменная;  $K$  — квантор;  $M$  — метка ССО. Индексы  $l, r$  обозначают элементы левой и правой части ССО соответственно. Выделены семантические отношения «синоним», «противоположно», «часть целого», «элемент класса», «валентность», «условие», «результат», «алгоритм», «имя модуля».

**Пример 1.** Представим в терминах внутреннего  $R$ -языка два ЕЯВ:

- «Определите дисперсию гребенчатой замедляющей системы»  
 $MN1$ : что (сделайте) = определить;  
 $M1$ : что (определить) = дисперсия;  
 $M2$ : чего (дисперсия) = система;  
 $M3$ : какая (система) — гребенчатая;  
 $M4$ : какая (система) = замедляющая,  
 $\Phi 1 = MN1 \ M1 \& \ M2 \& \ M3 \& \ M4$ .
- «Дисперсия — это зависимость фазовой скорости от частоты»  
 $MN2$ : что = дисперсия;  
 $MN3$ : что = зависимость;  
 $M5$ : чего (зависимость) = скорость;  
 $M6$ : чего от (зависимость) = частота;  
 $M7$ : какая (скорость) = фазовая;  
 $СЛС41 = MN3 \& \ M5 \& \ M6 \& \ M7$   
 $S1$ : синоним ( $MN2$ ) = ( $СЛС41$ ).

*Интерпретация внутреннего представления входного запроса.* Осуществление правильной формальной интерпретации внутреннего представления входного запроса с точки зрения имеющихся в базе знаний сведений о семантике модулей расчета характеристик различных замедляющих систем зависит от наличия сведений о модуле (комплексе модулей), выполняющем запрашиваемую функцию, и от полноты правил связывания входного ЕЯВ с содержимым базы знаний [5].

Первое достигается внесением программистом в базу знаний естественно-языкового описания (ЕЯО) семантики новых программных

модулей (комплексов программ). Например, для успешной интерпретации входного запроса пользователя «Определите дисперсию гребенчатой замедляющей системы» предварительно в базу знаний программистом помещается ЕЯО «Программа ZMDGRS рассчитывает дисперсионную характеристику гребенчатой замедляющей системы». Связывание приведенных параметров запроса и описания нельзя осуществить посредством отыскания вложения друг в друга соответствующих наборов синтактико-семантических отношений. Для этого используются процедуры логико-лингвистического вывода.

Логико-лингвистическим выводом (ЛЛВ) в системе ДЕСТА называем процесс непротиворечивых преобразований элементов синтактико-семантических отношений, словосочетаний, фактов, ситуаций или текстов, осуществляемых с помощью семантических отношений «синоним», «элемент класса» и «часть целого», до получения базовых представлений.

Представление считаем базовым, если выполняются такие правила:

1.  $\forall x_i \neg \exists SR_j (SR_j(x_i))$ .
2.  $\forall x_i \exists x_j ((\exists \vec{SR}_\mu \neg \exists x_K (x_K \neq x_j) ((\vec{SR}_\mu(x_j) = (x_j)) \& (\vec{SR}_\mu(x_i) = (x_K)))) \& (\exists \vec{SR}_v (\vec{SR}_v(x_j) = (x_i))))$ .
3.  $\forall x_i \exists x_j \exists x_K \exists \vec{SR}_\mu ((\vec{SR}_\mu(x_i) = (x_j)) \& (\vec{SR}_\mu(x_j) = (x_K)) \& (\vec{SR}_\mu(x_K) = (x_i)))$ .
4.  $\forall x_i \exists SR_j = \text{алгоритм} \vee \exists SR_{j_2} = \text{модуль} (SR_{j_1}(x_i) \vee (SR_{j_2}(x_i)))$ .

Здесь  $SR_j$  обозначает процедуру преобразования, представленную одним из семантических отношений;  $\vec{SR}_\mu$  — процедура преобразования, реализующая симметрическое отношение, например «синоним»;  $\vec{SR}_v$  — процедура преобразования, основанная на антисимметрических отношениях типа «элемент класса» или «часть целого».

Правило 1 говорит о том, что в качестве базового представления принимается любое  $x_i$ , к которому нельзя применить процедуру преобразования. Согласно правилу 2 в цепочке понятий, которые последовательно определены друг через друга, в качестве базовых берутся крайние справа. Если цепочка представлений, которые последовательно определены друг через друга, замкнута, то в соответствии с правилом 3 в качестве базового берется любое представление этой цепочки. Правило 4 связывает базовые представления с такими отношениями, как «алгоритм» и «модуль». Семантические отношения «алгоритм» и «модуль» отличаются друг от друга тем, что «модуль» связывает декларативное описание с программным модулем, разработанным и реализованным пользователем. Это отношение обусловлено понятием базовых процедурных знаний, а отношение «алгоритм» связывает декларативное описание с модулем, синтезированным самой системой.

Рассматриваемый ЛЛВ, приводящий к правильной интерпретации внутреннего представления входного запроса, ведется по семантическому отношению «синоним»:

S1: синоним (определить) = (рассчитать);

- S2: синоним (дисперсия) = (СЛСЧ1),
- СЛСЧ1: MN3 & M5 & M6 & M7
- MN3: что = (зависимость);
- M5: чего (зависимость) = (скорость);
- M6: чего, от (зависимость) = (частота);
- M7: какая (скорость) = (фазовая).

Наличие процедур ЛЛВ, позволяющее произвольно формулировать запрос и описание семантики модулей, а также возможность общения на ЕЯ без дополнительных соглашений и принципиальных ограничений значительно приближают решение задачи коррекции информационного и программного обеспечения на верхнем уровне общения — уровне непрограммирующих пользователей (либо программирующих, но незнакомах с особенностями системы).

Для организации вычислительного процесса и получения искомого результата определяют значения фактических параметров. С этой целью в каждый расчетный модуль встроен интерфейсный модуль, осуществляющий локальный диалог с пользователем.

**Пример 2.** Рассмотрим диалог пользователь — ЭВМ, используемый при расчете характеристик Т-образной гребенчатой замедляющей системы [6].

Система: Вам необходимо определить дисперсию гребенчатой замедляющей системы.

Пользователь: Да.

Система: Задайте период замедляющей системы?

Пользователь:  $D = 10^{-2} \text{ м}$

Система: Определите ширину волновода?

Пользователь:  $2d/D = 10$ .

Система: Задайте высоту ламели замедляющей системы?

Пользователь:  $(l_1 + l_2) / D = 4$ .

Система: Задайте ширину щели резонатора?

Пользователь:  $2d_1/D = 0.5$

Система: Определите высоту пространства взаимодействия?

Пользователь:  $d / D = 0.5$

Ответы пользователя перекодируются из символьного вида в числовой. Система готова к реализации заложенного в программе алгоритма нахождения электродинамических характеристик Т-образной гребенчатой замедляющей системы.

Список литературы: 1. *Машинные методы проектирования электровакуумных трибров СВЧ — средство повышения эффективности разработок* / И. М. Блейзас, В. С. Лукошков, Ф. Ф. Михайлус и др. // *Электрон. техника. Сер. Электрон. СВЧ.* — 1970. — Вып. 4. — С. 74—97. 2. *Кац А. М., Радюк О. М., Тимченко Л. П.* Задачи создания системы машинного проектирования ЛВВО // Там же. — 1974. — Вып. 7. — С. 103—113. 3. *Система программирования ПРИЗ* / М. И. Кахро, М. А. Мяннисалу, Ю. П. Саан и др. / Программирование. — 1976. — № 1. — С. 21—28. 4. *Ловицкий В. А.* Диалоговая естественно-языковая система принятия решений: Учеб. пособие. — Х.: Б. И., 1981. — 43 с. 5. *Ловицкий В. А.* Режим в системе ДЕСТА // *Материалы 5-й школы-семинара «Интерактивные системы».* — Тбилиси, 1983. — С. 87. 6. *Головаш С. А., Жданов Н. Н., Писаренко В. М.* Исследование Т-образной гребенчатой замедляющей системы // *Радиотехника.* — 1982. — Вып. 62. — С. 29—34.

Поступила в редколлегию 21.04.86