

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИЗДЕЛИЯ С ПОМОЩЬЮ ЕГО ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ, ПОСТРОЕННОЙ НА ОСНОВЕ ЭКСПЕРТНЫХ ЗНАНИЙ

© 2011 Б.В. Русов, Р.Х. Ахатов

Национальный исследовательский Иркутский государственный  
технический университет

Поступила в редакцию 09.11.2011

В статье предлагается вариант решения задачи налаживания взаимосвязи между экспертными системами и системами автоматизированного проектирования при решении конструкторских задач путем использования среды обмена данными – информационной модели. Рассмотрены теоретические основы предлагаемого нововведения и результаты апробации.

Ключевые слова: *автоматизация проектирования, экспертные системы, повышение эффективности проектирования*

Современные CAD/CAE/CAM системы стали привычным инструментом в руках конструкторов – разработчиков новых объектов техники. Однако автоматизация на данный момент затрагивает лишь операции, выполняемые человеком: от построения простейших графических примитивов до автоматической генерации чертежей на основе созданной трехмерной модели изделия. При этом непосредственно проектирование – творческий изобретательский процесс – остается задачей, решаемой исключительно человеком. Перспективным средством, способным автоматизировать процесс принятия проектных решений конструктором, являются экспертные системы (ЭС), основанные на знаниях. ЭС имеют одно большое отличие от других систем искусственного интеллекта: они не предназначены для решения каких-то универсальных задач, как, например, нейронные сети или генетические алгоритмы. ЭС предназначены для качественного решения задач в определенной области, в редких случаях – областях. В настоящее время ЭС в конструкторском проектировании успешно справляются с такими задачами, как:

- выбор оптимального решения поставленной конструкторской задачи на основе базы готовых типовых решений;

- проектирование структуры изделия на основе диалога с пользователем или анализа технического задания на проектирование и т. д.

При этом при наличии параметрической определенности варианта проектного решения основанного на взаимодействии с ЭС непосредственное построение электронного макета конструкции по-прежнему выполняется конструктором непосредственно. Причина этого заключается в том, что с развитием САПР увеличивались интерактивность их интерфейса, а управление с помощью команд постепенно исчезало, как устаревшее и трудоемкое (рис. 1). В то же время решения, получаемые от ЭС, представляют собой совокупность информации об объекте и могут быть представлены в виде команд. В некоторых современных системах автоматизированного проектирования появилась возможность внутрисистемного программирования, однако такой подход требует разработки программных приложений под каждую конкретную задачу, что неприемлемо с точки зрения универсализации. Таким образом, возникает проблема «обхода» интерфейса современных САПР для автоматического воплощения полученных решений.

Для нахождения решения сложившейся проблемы необходимо рассмотреть конфликтную область – обмен данными между ЭС и САПР. САПР последних поколений базируются на процессе параметрического моделирования – моделирования с использованием параметров конструктивных элементов модели изделия и соотношений между этими параметрами. Доступными для пользователя параметрами являются количество и размеры элементов

*Русов Борис Вячеславович, аспирант. E-mail: borisrusov@istu.edu*

*Ахатов Рашид Хадитович, кандидат технических наук, доцент кафедры самолетостроения и эксплуатации авиационной техники, директор Института авиационного строительства и транспорта. E-mail: axatob@istu.edu*

модели изделия. С другой стороны параметрами модели также являются состав элементов, их имена, позволяющие определить классификационные признаки элементов. Эти параметры определены в структуре модели на качественном уровне, т.е. не доступны пользователю в прямом виде: ими оперирует лишь решатель САПР и дополнительные программные модули, написанные пользователем или же специалистом технической поддержки САПР. В свою очередь, результатом решения

экспертной системой конкретной проектной задачи являются качественные и количественные характеристики проектируемого изделия. Таким образом, решением обозначенной выше проблемы является нахождение способа интерпретации качественных и количественных характеристик объекта проектирования системой автоматизированного проектирования, иначе – «перевод» информации с «языка» ЭС на «язык» САПР (рис. 2).

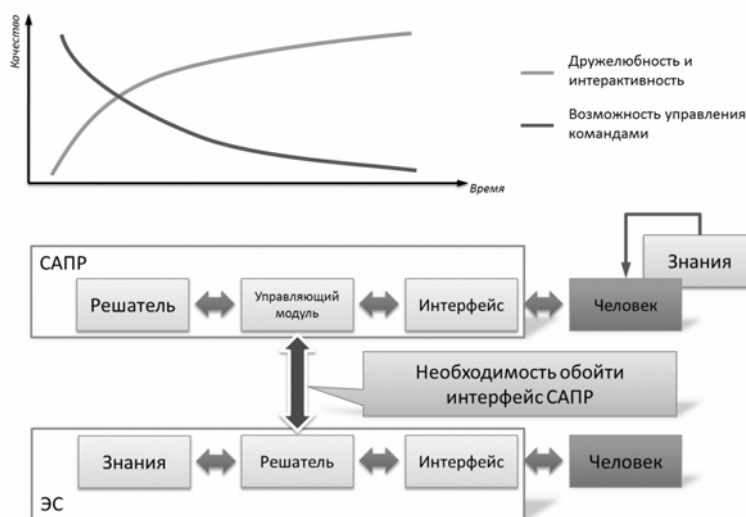


Рис. 1. Проблема автоматизации проектных процедур средствами САПР

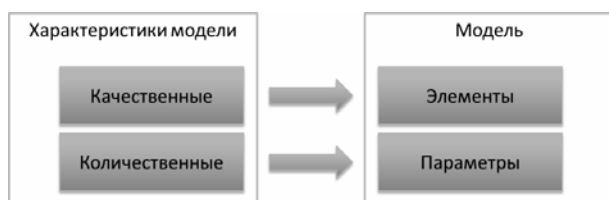


Рис. 2. Задача интерпретации информации об объекте

САПР, базирующиеся на процессе параметрического моделирования, обладают функциональными возможностями импорта и экспорта управляющих параметров, однако, как уже было сказано выше, это могут быть лишь количественные параметры. Однако те САПР, которые поддерживают функцию внутрисистемного программирования, способны обращаться к сторонним управляющим файлам, в которых в том числе содержатся и команды, отвечающие за качественные характеристики модели – создание и удаление элементов и операции с ними. Исходя из этого, решение задачи интерпретации информации об изделии сводится к разработке его информационной модели, построенной по образцу управляющих файлов для САПР, поддерживающих внутрисистемное программирование.

Процесс принятия решения экспертной системой можно представить как нахождение пересечения двух множеств – качественные характеристики объекта проектирования, заданные целевой функцией процедуры проектирования (то есть требования к объекту) –  $A$ , и все возможные качественные характеристики объекта как такового (совокупность возможных конструктивных признаков) –  $B$ :

$$S_{ЭС} = A \cap B, \quad (1)$$

где  $S_{ЭС}$  – совокупность признаков объекта, определенных экспертной системой.

Процесс построения электронной модели изделия с помощью программируемого интерфейса САПР заключается в определении совокупности команд, отвечающих за создание элементов и действия над ними:

$$S_{САПР} \in M, \quad (2)$$

где  $S_{САПР}$  – совокупность команд, соответствующих конкретной модели, а  $M$  – весь перечень доступных команд программируемого интерфейса.

Таким образом, математическую модель параметрической модели изделия, служащей

для передачи информации от ЭС к САПР можно представить в виде:

$$\forall(x \in S_{ЭС})\exists(y \in S_{САПР}), \quad (3)$$

иными словами, для каждого качественного признака изделия, определенного экспертной системой, существует соответствующая команда программируемого интерфейса САПР, способная автоматически воссоздать этот

признак в электронной модели изделия. На рис. 3 представлен механизм функционирования предложенной информационной модели изделия. В соответствии со знаниями, содержащимися в экспертной системе, происходит выбор состава качественных признаков изделия из классификатора (формула 1), а затем на основе расчетов определяются количественные характеристики.



Рис. 3. Механизм передачи информации от ЭС к САПР

Сама информационная модель представляет собой текстовый файл с перечнем команд, отвечающих за моделирование изделия. Для его насыщения в классификаторе возможных качественных признаков изделия должен быть определен перечень соответствующих команд САПР (на примере команд системы NX компании Siemens PLM Software, рис. 4).

Признак объекта	Команда САПР
Параллелепипед	nx_block
Цилиндр	nx_cylinder
Отверстие	nx_hole

Рис. 4. Структура классификатора качественных признаков изделия

Управляющий файл по структуре является фрагментом кода внутрисистемной программы САПР, однако его генерация производится автоматически: экспертная система самостоятельно наполняет файл в соответствии с заложенной структурой. Таким образом, внутрисистемная программа, выполняющая построение электронной модели изделия, создается автоматически и не требует затрат времени пользователя. На диаграмме, представленной ниже, изображен сравнительный анализ затрат времени конструктора на проектирование электронной модели изделия, выполненного различными способами (рис. 5):

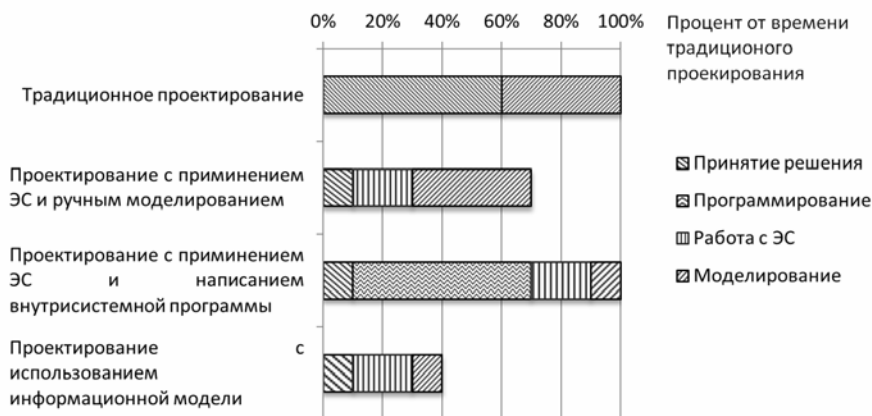


Рис. 5. Анализ затрат времени на проектирование электронной модели

Из диаграммы видно, что при использовании экспертной системы принятие решения конструктором сводится к анализу решения, предложенного системой, а само время принятия решения и работы с системой меньше, чем при традиционном проектировании. При написании конструктором управляющей программы для САПР время работы такое же, как и при традиционном проектировании за счет высокой трудоемкости программирования, однако при использовании информационной модели необходимость программирования отпадает, что дает наилучший результат.

Предложенная методика была успешно апробирована при автоматизированном проектировании вспомогательного технологического оснащения в рамках хозяйственной работы между Иркутским авиационным заводом – филиалом ОАО «Корпорация «Иркут» и Иркутским государственным техническим университетом. В ходе данной работы с помощью информационной модели изделия была автоматизирована функция формирования сборки конструкции изделия из уже готовых электронных макетов деталей, где структура сборки, состав элементов и значения их параметров определялись при взаимодействии с ЭС. Реализация была выполнена на базе системы автоматизированного проектирования NX 7.5 от Siemens PLM Software, в качестве среды внутрисистемного программирования был использован

модуль Knowledge Fusion. Проведенный эксперимент показал работоспособность предложенного механизма обмена информацией и оправдал ожидаемое сокращение времени работы конструктора.

*Работа выполнена в рамках выполнения договора №334/10 от 06.10.2010 г. на проведение научно-исследовательских, опытно конструкторских и технологических работ между ГОУ ВПО НИ ИРГТУ и ОАО «Корпорация «Иркут» «Разработка и внедрение высокоэффективных технологий проектирования, конструкторской и технологической подготовки и изготовления самолета МС-21». Договор заключен на основании победы в конкурсе по отбору организаций на право получения субсидий на реализацию комплексных проектов по созданию высокотехнологичного производства по Постановлению Правительства Российской Федерации от 9 апреля 2010 г. №218.*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Джарратано, Дж. Экспертные системы. Принципы разработки и программирование, пер. с англ. / Дж. Джарратано, Г. Райли. – М.: ООО «И.Д. Вильямс», 2007. 1152 с.
2. Ахатов, Р.Х. Автоматизация проектно-конструкторских работ и технологической подготовки производства: учебное пособие / Р.Х. Ахатов. – Иркутск: издательство ИРГТУ, 2007. 104 с.
3. Павлов, В.В. Основы автоматизации проектирования технологических процессов сборки летательных аппаратов / В.В. Павлов. – М.: издательство МАТИ им. К. Э. Циолковского, 1975. 68 с.

## PROJECTION OF THE ARTICLE BY MEANS OF ITS PARAMETRIC INFORMATIONAL MODEL, CONSTRUCTED ON THE BASIS OF EXPERT KNOWLEDGE

© 2011 B.V. Rusov, R.H. Ahatov

National Research Irkutsk State Technical University

In a paper the variant of solution the problem of interrelations between expert systems and computer-aided design systems at the decision of designer problems by use of data exchange medium – informational model is offered. The theoretical bases of offered innovation and results of approbation are considered.

Key words: *design automation, expert systems, increasing of projection efficiency*