

ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ

УДК 681.2.001.63

© Р. И. Сольнищев

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРИБОРОСТРОЕНИИ

Работа посвящена методологии проектно-производственных процессов в приборостроении. Разработан подход к формированию подсистемы САПР поддержки, управления и контроля качества процессов проектирования и производства для лица, принимающего решение.

Развитие проектно-производственных процессов в приборостроении, так же как и в других отраслях промышленности, направлено на решение важнейших задач непрерывного повышения качества приборов и их конкурентоспособности на мировом рынке. Решение этих задач возможно только на основе новых инструментов проектировщика — средств САПР как основы информационной технологии проектирования и производства.

В [1, 2, 3] были рассмотрены процессы проектирования различных приборостроительных предприятий, а в [4] проведен их анализ и формализация. На основе анализа проектных процедур и их взаимодействия в процессах проектирования были выявлены состав и конкретные требования к подсистемам (инструментам) САПР "разработчиков", "конструкторов", "технологов" и "испытателей". Полученные результаты используются при создании САПР на этапах обследования проектных предприятий и разработки структуры САПР.

Особенности изделий приборостроения отражаются в требованиях к их проектированию и производству прежде всего по точности, которая имеет определяющее значение на всех этапах жизни приборов. Задачи обеспечения точности приборов приводят к необходимости разработки средств расчета размерных цепей, решению допусковых задач, оценкам точности приборов на подвижном основании в условиях многочисленных возмущений и помех. Помимо точности к приборам предъявляются требования по помехоустойчивости, минимизации весо-габаритных характеристик, надежности. Эти особенности определяют критерии разработки информационных технологий проектирования и производства приборов и соответствующих инструментов САПР.

На начальных этапах жизни приборов применяются следующие подсистемы (инструменты) САПР [5]:

- "Построение математических моделей",
- "Упрощение математических моделей",
- "Моделирование",
- "Анализ",
- "Синтез".

Все перечисленные подсистемы строятся на основе специально созданного для этой цели пакета прикладных программ аналитических преобразований на ЭВМ.

Подсистема "Построение математических моделей" (ММ) основана на формализме Лагранжа и ряде связанных с ним алгоритмов. Как подсистема САПР она включает проблемно-ориентированный язык для построения ММ по исходным кинематической и электрической схемам. Операторы языка содержат задание обобщенных координат, масс, моментов инерции, сил трения, упругости, систем координат, контуров и параметров электрических цепей.

Подсистема "Упрощение математической модели" основана на методах и алгоритмах нетождественных преобразований ММ с целью упрощения их дальнейших исследований, хранения, объединения, документирования. Применяются методы и алгоритмы декомпозиции, последовательных приближений, редукции, линеаризации. Проблемно-ориентированный язык этой подсистемы включает операторы приведения подобных членов уравнений ММ, анализ структурных связей, линеаризации, построение уравнений и функций чувствительности, переход к передаточным функциям и мн. др.

Подсистемы "Моделирование" и "Анализ" основаны на методах и алгоритмах численного интегрирования систем дифференциальных уравнений (СДУ) и численно-аналитических алгоритмах анализа; применяются неявные численные методы Гира, Куртиса—Хиршфельдера, Ракитского, численно-аналитический метод, который позволяет получать в аналитическом виде зависимости между характеристиками и параметрами исследуемых объектов.

Проблемно-ориентированный язык включает операторы решения СДУ, построения корреляционной матрицы и матрицы частотных спектров, определения характеристик динамики и статики приборов.

Подсистема "Синтез" основана на численно-аналитическом методе параметрического синтеза и методе полиномиальных уравнений. Численно-аналитический метод позволяет осуществлять параметрический синтез с помощью аналитических формул связи характеристик приборов с их параметрами, что исключает поисковые процедуры. Проблемно-ориентированный язык в этом случае имеет операторы построения определяющих уравнений, операций над полиномами, решения полиномиальных уравнений, формирования в аналитическом виде ММ синтезируемой части.

Особое место на начальных этапах проектирования приборов занимает подсистема (инструмент) САПР "Согласование технического задания" (ТЗ). Этот этап является трудно формализуемым, требует наивысшей квалификации "заказчика" и "исполнителя", сам процесс согласования ТЗ может затягиваться на недопустимо длительное время.

Соответствующий инструмент САПР разработан и используется в приборостроении [6]. Эта подсистема САПР построена на основе методов экспертных систем, использования семиотических и имитационных моделей, применения теории "расплывчатых множеств".

На этапах рабочего проектирования конструкторско-технологической подготовки производства, когда выпускается конструкторско-технологическая документация и изготавливаются постпроцессоры для станков с ЧПУ, наиболее перспективной представляется трехуровневая система из инструментов САПР [7].

На верхнем уровне для конструирования облика прибора в трехмерном (3D) пространстве используется PRO-Engineer, на следующем — Solid Works или Solid Edge и на нижнем — AutoCAD.

Такая иерархия инструментов САПР позволяет совместить преимущества конструирования прибора в параллельной, центральной или аксонометрической проекциях с анимацией и выпуском конструкторско-технологической документации по стандартам ЕСКД. В процессе работы конструктор манипулирует объемными телами в трехмерном (3D) пространстве, получает расчетные данные, в том числе и по допусковой задаче, осуществляет наглядное представление последовательности сборки прибора из сборочных единиц.

Для процессов создания приборов, не разделяемых в настоящее время с маркетингом, необходима система поддержки, управления и контроля качества процессов проектирования и производства. Разработка такого инструмента является весьма актуальной. В этой связи предлагаются подходы для формирования инструмента САПР поддержки проектно-производственных решений для лица, принимающего решение (ЛПР).

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Дано:

$$R = \{X_i = \Phi(x_1, x_2, \dots, x_n)\} \quad i = \overline{1, N}, \quad (1)$$

где R — множество возможных решений (возможных заказов, проектов, технических процессов, принятия решений и т.п.); n — количество характеристик, признаков i -го решения (технических, маркетинговых, социальных, эргономических).

$$K = F(k_1, \dots, k_m), \quad (2)$$

где K — показатель эффективности, функционал от критериев формирования R ; m — количество критериев (точность, масса, габариты, качество, надежность, удобство технического обслуживания, эргономичность).

$$O = (O_1, O_2, \dots, O_r), \quad (3)$$

где O — вектор ограничений формирования R при заданном K .

Эксперты, возможно из категории ЛПР, формируют коэффициенты-приоритеты отдельных критериев λ_j : $\prod_{j=1}^M \lambda_j \leq 1$ или U_j — полезность отдельных решений.

Требуется:

Найти X_i , $i = \overline{1, S} \ll N$, ($S \leq 3$) при

$$K = \max_{s=1}^M \{r_s\} \quad r_s = f(K_1 K_2 \dots K_n), \quad (4)$$

где r_s — комплексная свертка значений критериев одного варианта, f — функция получения свертки $f \in \{F\}$.

Функцию f можно отыскивать разными способами и формами.

Наиболее простая форма — аддитивная $f \Rightarrow \sum \lambda_i k_i$,

$$r_s = \lambda_1 k_{s1} + \lambda_2 k_{s2} + \dots + \lambda_m k_{sm}, \quad s = \overline{1, M}. \quad (5)$$

Выбор $k_{i,j}$ осуществляется на основе статистических методов обработки экспертных оценок, где все k_i — относительные величины:

$$k_i = \frac{k_{i,\max}}{\bar{k}_i}$$

(элементы формулы описаны ниже), или специальными методами.

Выделяя для мажоритарной оценки качества прибора основную его характеристику k_1 —

4. Сольнищев Р.И., Соложенцев Е.Д. Вопросы формализации и интеллектуализации процессов проектирования. СПб.: РАН, 1992. 50 с.
 5. Булатов В.П., Сольнищев Р.И., Фридендер И.Г. и др. Основы теории точности машин и приборов. СПб.: Наука, 1994. 340 с.
 6. Сольнищев Р.И., Галанина В.А., Козенко С.Л. Информационные технологии на начальных этапах жизни изделия // Труды Международного конгресса "Конструкторско-технологическая информатика 2000". М.: Гос. ун-т технолог. "СТАНКИН", 2000. Т. II. 158–160 с.
 7. Сольнищев Р.И. Информационные технологии в проектировании. СПб.: ГУАП, 2000. 105 с.
- Государственный университет аэрокосмического приборостроения, Санкт-Петербург*
- Материал поступил в редакцию 09.10.2001.

INFORMATION TECHNOLOGIES IN INSTRUMENT ENGINEERING

R. I. Solnitsev

Saint-Petersburg State University of Aerospace Instrumentation, Saint-Petersburg

The paper describes the methodology of design and manufacturing processes in instrument engineering. An approach to forming a CAD subsystem for support, management and quality control of design and manufacturing processes for decision making persons is developed.