

УДК 621.7.044: 004.896

В. В. ТРЕТЬЯК

*Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «ХАИ», Украина*

## РАЗРАБОТКА УЧЕБНОГО ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ РЕШЕНИЯ ИЗОБРЕТАТЕЛЬСКИХ ЗАДАЧ МЕТОДОМ БЕСПРОТОТИПНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ В ОБЛАСТИ ИМПУЛЬСНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

*В статье описаны возможности и перспективы использования методов беспрототипного проектирования для объектов авиационной техники. Представлена математическая модель беспрототипного метода проектирования объектов авиационной техники, в частности с использованием импульсных технологий. Рассмотрен алгоритм и схема проектирования методом беспрототипного проектирования. Предложена древовидная модель поиска технических решений. Рассмотрен вариант использования схемы синтеза решений на основе алгоритмов структурно-аналитического метода распознавания образов. Представлено главное меню программного комплекса для проектирования объектов авиационной техники, изготавливаемых импульсной штамповкой.*

**Ключевые слова:** беспрототипное проектирование, база знаний, комбинаторный метод, импульсные технологии, изобретательские задачи

### Введение

Методы решения задач проектирования новой, не имеющей аналогов, в том числе авиационной техники, принято считать беспрототипными.

Методы беспрототипного проектирования являются одними из наиболее сложных, ввиду их сложной формализации.

В настоящее время существует много средств решения подобных задач.

Одним из надежных и реализуемых на практике методом можно считать комбинаторный метод с использованием метода синтеза без аналогов.

Метод синтеза без аналогов характеризуется тем, что все составляющие объекты конструкции или технологического процесса на всех уровнях декомпозиции, кроме базового, синтезируются из элементов базового (элементарного) уровня декомпозиции.

В литературе [1] встречается несколько схем реализации метода синтеза без аналогов, каждая из которых адаптируется под свои понятия и уровни проектирования.

Общий механизм формирования математической модели для использования метода синтеза без аналогов выглядит следующим образом (рис. 1).

Использование этого метода требует хорошей формализации знаний и использование эффективных компьютерных методов работы с нижеописанными алгоритмами.

Также нужно отметить, что данный метод эффективно может быть использован лишь на верхнем или начальном уровне проектирования.

Формально схема формирования математической модели метода имеет вид [1]

$$LKNS_1 \dots S_{n-1} S_n \bigcup_{i=1}^m \Gamma_{ai} d = t, \quad (1)$$

$$\Gamma_{ai} d = \{\Theta_{\Pi}\}, \quad (2)$$



Рис. 1. Общий механизм формирования математической модели

$$S_j(\{\mathcal{E}_j\}, \{M\}) = \{\mathcal{E}_{j-1}\}, \quad (3)$$

$$S_1(\{\mathcal{E}_1\}, \{M\}) = T, T = \{\mathcal{E}_0\}, t \in T, \quad (4)$$

где  $t$  – синтезируемая технология,  
 $d$  – создаваемое изделие,  
 $m$  – число независимых задач проектирования, которые можно рассматривать как начальные;

$\Gamma_{aj}$  – алгоритмы перехода от понятий, задающих изделие и среду, к элементарным понятиям;

$\mathcal{E}_n$  – множество элементов базового уровня декомпозиции, которые используются для изготовления изделия  $d$ ;

$\mathcal{E}_j$  – множество элементов ТП  $j$  уровня декомпозиции;

$\{M\}$  – множество моделей.

Оценка решений выполняется в несколько этапов: оценка выбора элементов базового уровня декомпозиции по критериям  $K_{k1}$ , оценка структуры решений после их синтеза на  $j$ -м уровне декомпозиции по критериям  $K_{cj}$  и оценка вариантов по критерию  $K_n$ , т.е.

$$ZK_n N K_a S_1 \dots K_{cn-1} S_{n-1} K_{cn} S_n \bigcup_{i=1}^m K_{ki} \Gamma_{aj} d = t. \quad (5)$$

В представленных алгоритмах используются объектные модели и метод итерационности принимаемых решений.

Один из вариантов схемы проектирования импульсных технологических процессов приведен на рис. 2.

Наиболее сложным в данной схеме является алгоритм безаналогового синтеза. В этом случае процесс проектирования носит более сложный характер. При этом также используется блочный принцип иерархичности и блочного описания.

Можно выделить нескольких промежуточных иерархических уровней.

Кроме расчленения описаний по степени подробности отражения свойств объекта, порождающего иерархические уровни, можно использовать декомпозицию описаний по характеру отображаемых свойств объекта [2].

На рисунке 3 представлена структурная схема формирования математической модели для использования метода синтеза без аналогов.

Для решения поставленной задачи использованы алгоритмы комбинаторного метода решения изобретательских задач [3], позволяющие достаточно просто и эффективно решать поставленную задачу (рис. 3) с реализацией преимуществ объектного подхода к проектированию импульсных технологий [3].

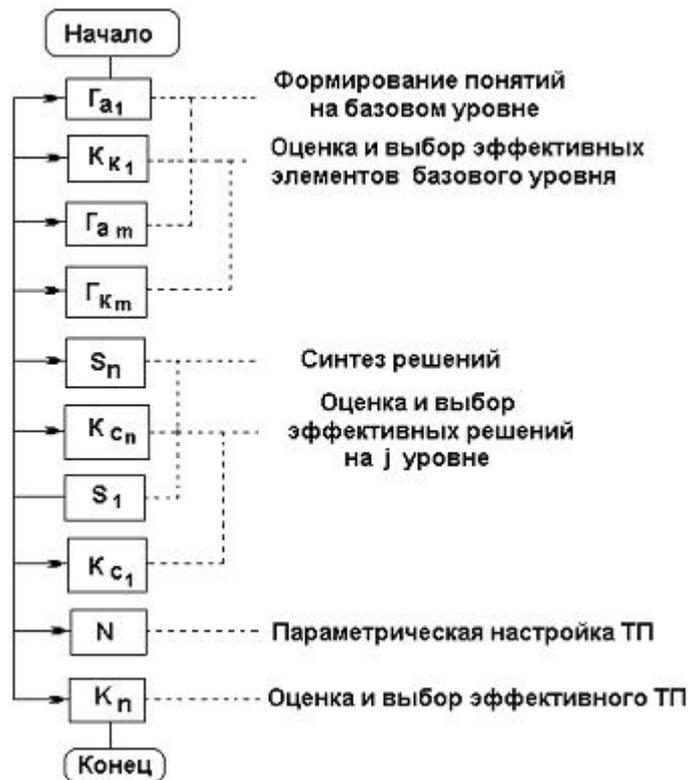


Рис. 2. Вариант схемы проектирования методом синтеза без аналогов

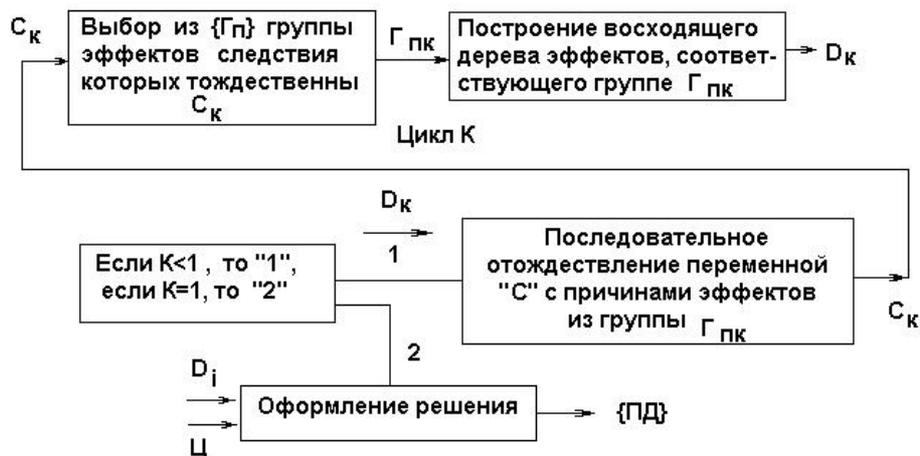


Рис. 3. Прямая схема беспрототипного проектирования

Суть метода сводится к формализованному описанию эффектов, как взаимосвязи между двумя явлениями и процессами, которые реализуются в определенных условиях.

Обычно используется две схемы решения задачи: прямая и обратная. На рисунке 3 представлена прямая схема решения задачи.

Здесь,  $K$  – шаг решения задачи формирования принципов действия; если  $K=1$ , то  $C_K$  – компонента «среда функционирования проектируемой системы», если  $K>1$ , то  $C_K$  – следствия эффектов, найденных на шаге  $(K-1)$ ; если  $K=1$ , то  $C_K$  – компонента «среда функционирования проектируемой системы», если  $K>1$ , то  $C_K$  – следствия эффектов, найденных на шаге  $(K-1)$ ;  $\Gamma_{п}, \Gamma_{с}$  – группы однопричинных и односледственных эффектов;  $D$  – дерево эффектов;  $i$  – максимально допустимое число уровней в дереве эффектов;  $\Pi, C$  – соответственно, цель и среда функционирования проектируемой системы  $\Pi$ -варианты принципа действия проектируемой системы.

Целью разработки являлась разработка такого программного комплекса, который позволял бы автоматизировать рутинный процесс поиска эффективных решений при разработке новых патентоспособных технологий и конструкций устройств, приспособлений и приборов авиационной техники, в том числе для импульсных технологий.

Представленную разработку целесообразно использовать в следующих случаях: использование обучающего программного комплекса для демонстрации возможностей алгоритмов беспрототипного проектирования, при разработке принципов действия и конструктивных особенностей новых устройств, приборов и приспособлений, при прогнозировании и разработке принципов использования

новых технологий, при анализе процессов функционирования перспективных технических систем, при составлении технического задания на проектирование новых объектов для их последующего использования в новых проектах.

### Формирование базы знаний объектов для использования комбинаторного метода

В основе комбинаторного метода положено формирование дерева эффектов.

В научной литературе существует множество определений эффектов, но большинство исследователей единодушны в том, что эффект – это взаимосвязь между двумя явлениями (процессами), которые реализуются в определенных условиях.

При этом первую часть можно считать условием, а другую – следствием.

Использование этого определения позволяет предложить общую форму описания эффектов

$$A1 \rightarrow A2(U1.2),$$

где  $A1, A2, U1.2$  – соответственно, причина, следствие и условие реализации эффекта;  $A1 \Rightarrow A2$  означает: “ $A1$  приводит к  $A2$ ”;  $U1.2$  – “при условии, что... $U1.2$ ...”

Уточнение содержания первых двух понятий не вызывает сложностей, потому что любое явление возможно рассматривать как изменение с ходом времени, того или другого параметра материального объекта.

При этом все множество явлений, в зависимости от направления изменения параметра, возможно, распределить на пять типов:

1. Увеличение параметра объекта.

2. Уменьшение параметра объекта.
3. Наличие ненулевого состояния параметра объекта.
4. Произвольное изменение параметра объекта.
5. Увеличение или наличие ненулевого постоянного значения параметра.

Например, “увеличение температуры газа”, “наличие скорости твердого тела” и т. п. В базе знаний используется номенклатура различных веществ, металлов, химических изделий и др. У каждого из них имеются различные параметры, как, например, температура, вес, теплопроводность и т.д.

Стандартизировать эти величины и тела можно использованием литер-идентификаторов. В представленной программе использованы уже существующие стандарты, что позволило использовать базу данных, представленную в литературе.

Этот стандарт рассмотрен в [2]. Здесь все объекты системы и их элементы занесены в соответствующие электронные таблицы, что облегчает использование, сохранение и дополнение эффектов и их параметров.

В программе использован метод графов, который обеспечивает полный перебор с анализом всех существующих решений.

На рисунке 4 представлен алгоритм с древовидной структурой поиска решения.

Пусть задано ограничение на использование эффектов  $K=3$ .

На рисунке 4 эффект  $A1$  – начальное положение поиска. На первом уровне методом перебора программа работает с группой эффектов с начальным значением  $A1$ .

Найдено положительное решение. Это эффект  $A1-A2$ .

Дальше программа находит все эффекты с начальным значением  $A2$ . Это эффекты  $A2-A5$ ,  $A2-A6$ ,  $A2-A7$ . Далее проверено использование начального значения эффекта  $A5$ .

Опять выполняется поиск –  $A5-A9$ ,  $A5-A8$ .

Теперь начальное значение равняется  $A9$ .  $K=3$  – это максимальное количество использованных эффектов, поэтому необходимо вернуться на ступеньку выше к начальному значению  $A5$ .

Следующий эффект  $A5-A8$ , который удовлетворяет решение.

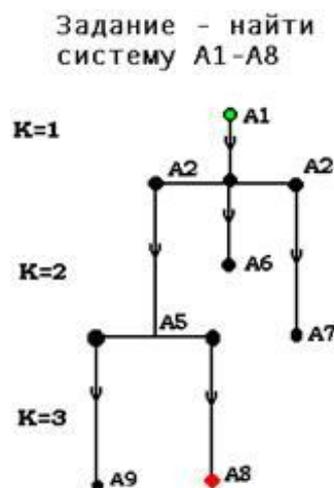


Рис. 4. Древовидная структура графа решения задачи

Далее алгоритм заставляет подняться на 2 ступеньки выше (потому что эффектов с начальным значением  $A5$  более не существует) и опять продолжается поиск, только с новыми значениями начального значения эффекта, и так до тех пор, пока не исчерпаются все варианты решения задачи.

Поиск останавливается тогда, когда все варианты решений будут исчерпаны.

## Заключение

По данному алгоритму разработан учебный программный комплекс, использующий базу знаний импульсных процессов [4]. На рисунке 5 представлено главное меню программного комплекса.

База знаний и метод синтеза элементов ТП, в частности, использован для формирования специальных приемов для импульсных методов технологии при изготовлении листовых осесимметричных деталей для авиационной техники с использованием комбинаторного метода.



Рис. 5. Главное меню программного комплекса

## Литература

1. Технологическая подготовка производства гибких производственных систем [Текст] / С. П. Митрофанов, Д. Д. Куликов, О. Н. Миляев и др. – М. : Машиностроение, 1987. – 352 с.

2. Глазунов, В. Н. Методы анализа проблем и поиска решений в технике [Текст] : метод. пособие / В. Н. Глазунов. – М. : НТК Метод., 1986. – 111 с.

3. Альтишуллер, Г. С. Алгоритм изобретения [Текст] / Г. С. Альтишуллер. – М. : Московский рабо-

чий, 1973. – 296 с.

4. Евгеньев, Г. Б. Систематология инженерных знаний [Текст] : учеб. пособие для вузов / Г. Б. Евгеньев. – М. : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001. – 346 с.

5. Третьяк, В. В. Возможности и реализация объектного подхода для решения изобретательских задач с использованием типовых приемов устранения технических противоречий [Текст] / В. В. Третьяк // *Радіоелектронні і комп'ютерні системи*. – 2013. – № 2(61). – С. 113 – 118.

*Поступила в редакцию 3.04.2014, рассмотрена на редколлегии 14.06.2014*

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф., проф. каф. технологий производства авиационных двигателей В. Ф. Сорокин, Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «ХАИ», Харьков.

## РОЗРОБКА УЧБОВОГО ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ ДЛЯ ВИРШЕННЯ ВІНАХІДНИЦЬКИХ ЗАВДАНЬ МЕТОДОМ БЕЗПРОТОТИПНОГО ПРОЕКТУВАННЯ В ОБЛАСТІ ІМПУЛЬСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

*В. В. Третьяк*

В статті описано можливості і перспективи використання методів безпрототипного проектування для об'єктів авіаційної техніки. Представлена математична модель безпрототипного методу проектування об'єктів авіаційної техніки, зокрема з використанням імпульсних технологій. Розглянуто алгоритм і схема проектування методом безпрототипного проектування. Запропонована деревовидна модель пошуку технічних рішень. Розглянуто варіант використання схеми синтезу рішень на основі алгоритмів структурно-аналітичного методу розпізнавання подоби. Представлено головне меню програмного комплексу для проектування об'єктів авіаційної техніки, що виготовляються імпульсним штампуванням.

**Ключові слова:** безпрототипне проектування, база знань, комбінаторний метод, імпульсні технології, винахідницькі завдання

## POSSIBILITIES AND REALIZATION OF OBJECTIVE APPROACH FOR DECISION OF INVENTION TASKS WITH THE USE OF MODEL RECEPTIONS OF REMOVAL OF CONTRADICTIONS

*V. V. Tretjak*

In article the possibility of the use of objective approach for realization of methods of decision of invention tasks with the use of model receptions of removal of technical contradictions is considered. A mathematical model of objects of research by the objective approach to planning is offered. Materials on possibilities of on-line tutorial for the decision of invention tasks at planning of impulsive technologies are presented. An author presents development of on-line tutorial, which allows to make the synthesis of technical decisions on the basis of possibilities of algorithms of decision of invention tasks with the use of model receptions of removal of contradictions.

**Keywords:** objective approach to planning of impulsive technologies, on-line tutorial, synthesis of decisions, model receptions of removal of technical contradictions, impulsive metal-working

**Третьяк Владимир Васильевич** – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры технологии производства авиационных двигателей, Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина, e-mail: vladimir.tretjak@mail.ru.