

References

1. Baklanov I. G. NGN: principy postroenija i organizacii / I. G. Baklanov ; pod red. Ju. N. Chernyshova. – M. : Jeko-Trendz, 2008. – 400 s.
2. Netes V. A. Nadezhnost' setej svjazi v period perehoda k NGN / V. A. Netes // Vestnik svjazi. – 2007. – № 9. – S. 126–130.
3. Sokolov N. Puti preobrazovanija telefonnyh setej v NGN-seti / N. Sokolov // Connect! Mir svjazi. – 2007. – № 5. – S. 44–48.

УДК 519.876.5

**КЛАССИФИКАЦИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ
ПОДДЕРЖКИ ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ
НА ПРЕДПРИЯТИИ (COMPUTER AIDED INNOVATION – CAI)**

Зарипова Виктория Мадияровна, кандидат технических наук, Астраханский государственный университет, 414056, Россия, Астрахань, Татищева, 20 а, e-mail: vtempus2@gmail.com.

Петрова Ирина Юрьевна, доктор технических наук, профессор, Астраханский государственный университет, 414056, Россия, Астрахань, Татищева, 20 а, e-mail: petrova@aspu.ru.

Цырульников Евгений Сергеевич, ассистент, Астраханский государственный университет, 414056, Россия, Астрахань, Татищева, 20 а, e-mail: advisors@gmail.com.

Статья посвящена сравнительному анализу современных автоматизированных систем поддержки процесса поиска новых технических решений (CAI-систем) в различных отраслях науки и техники. Рассмотрена структура систем автоматизированного проектирования и обосновано объединение их с CAI-системами. Рассмотрены основные методологические подходы, используемые при создании CAI-систем и их особенности. Приведены примеры реализации описанных подходов в конкретных программных продуктах (как отечественных, так и зарубежных), их функциональные возможности, достоинства и недостатки. Акцентируется внимание на исключительной важности реализации наиболее трудоемкого и трудно алгоритмизируемого этапа концептуального проектирования. Детально рассмотрены системы, реализующие данный этап (на примере САПФИТ, Интеллект и Эффекты 200). Описаны ключевые особенности этих систем, формат входных и выходных данных. Произведено сравнение способов организации баз знаний и математических аппаратов систем поддержки концептуального проектирования. В заключении сформулированы и разделены по категориям общие требования к функциональным возможностям подобных систем. Категории включают в себя возможности подобных систем по работе с базой знаний, синтезу новых технических решений, расчету эксплуатационных характеристик технического решения и ранжированию результатов по совокупности эксплуатационных характеристик, а также динамической визуализации физического принципа действия.

Ключевые слова: *концептуальное проектирование, система автоматизированного проектирования, поддержка инженерного творчества, поиск новых технических решений, CAI-система, база знаний, математические модели, онтологии научно-технических характеристик, теория решения изобретательских задач, энерго-информационная модель цепей, метод структурных параметрических схем, структурирование физических знаний и поиск*

ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ

кового конструирования, репродуктивные базы знаний, продуктивные базы знаний, синтез технических решений, многокритериальное ранжирование.

CLASSIFICATION OF AUTOMATED SYSTEMS OF SUPPORT FOR INNOVATION PROCESSES AT ENTERPRISES (Computer aided innovation – CAI)

Zaripova Viktoriya M., Candidate of Engineering sciences, Astrakhan State University, Tatishcheva 20 a, Astrakhan, 414056, Russia, e-mail: vtempus2@gmail.com.

Petrova Irina U., Doctor of Engineering sciences, Professor, Astrakhan State University, Tatishcheva 20 a, Astrakhan, 414056, Russia, e-mail: petrova@aspu.ru.

Tsyurulnikov Evgeny S., Assistant, Astrakhan State University, Tatishcheva 20 a, Astrakhan, 414056, Russia, e-mail: advisorses@gmail.com.

Article is devoted to the comparative analysis of automated systems of new technical decisions' search process support (CAI-systems) in various branches of a science and technics. The structure of systems of the automated designing is considered and their association with CAI-systems is proved. The basic methodological approaches used at of CAI-systems' creation and their features are considered. Examples of described approaches' realization in concrete software products (both domestic and foreign), their functionality, advantages and disadvantages are given. Attention is focused on exclusive importance of realization of the most labor-consuming and difficultly programmed stage – conceptual designing. Systems realizing given stage (on example of САПФИТ, Интеллект and Эффекты 200) considered in details. Key features of these systems, format of the input and output data are described. Comparison of knowledge bases and mathematical apparatuses of conceptual designing's support systems is given. In the conclusion general requirements to functionality of similar systems are formulated and divided into categories. Categories include possibilities of similar systems on work with the knowledge base, to synthesis of new technical decisions, calculation of operational characteristics of the technical decision and ranging of results on set of operational characteristics, and as dynamic visualization of a physical principle of action.

Key words: *conceptual designing, system of the automated designing, support of engineering creativity, search of new technical decisions, CAI-system, the knowledge base, mathematical models, ontologies of scientific and technical characteristics, the theory of the decision of inventive problems, power-information model of chains, method of structural parametrical schemes, structuration of physical knowledge and search designing, reproductive knowledge bases, productive knowledge bases, synthesis of technical decisions, is a lot of criteria ranging*

Концептуальная модель нового технического решения может быть найдена как путем творческого поиска, с использованием накопленного специалистом индивидуального опыта и знаний, так и с помощью специализированных систем автоматизированного проектирования (САПР), которые называют системами концептуального проектирования.

Традиционные САПР используются в основном для расчета или оптимизации уже известных моделей и состоят из CAD, CAE и CAM-подсистем [12, 15]:

- CAD – Computer Aided Design (разработка конструкторской документации);
- CAE – Computer Aided Engineering (выполнение инженерных расчетов);
- CAM – Computer Aided Manufacturing (разработка технологической документации).

Наиболее трудоемкий и трудно алгоритмизируемый этап – это концептуальное проектирование, на котором принимаются решения, определяющие принцип действия, проводится предварительный анализ и согласование параметров создаваемого технического ре-

шения и сравнение с аналогами, а также разрабатывается скелетная конструкция будущего изделия. Автоматизированные системы поддержки поиска новых технических решений называют САИ-системы (Computer Aided Invention) [27, 28]. Объединение САИ с CAD/CAE/CAM-системами позволяет создать полнофункциональную САПР для поддержки всех этапов проектирования технических решений.

В России наиболее известны несколько методологических подходов, которые легли в основу существующих САИ-систем:

- формализованное описание естественнонаучных и научно-технических эффектов на основе онтологии научно-технических характеристик [4];
- теория решения изобретательских задач (ТРИЗ) [2, 3];
- энерго-информационная модель цепей и метод структурных параметрических схем (ЭИМЦ) [7, 8];
- система структурирования физических знаний и поискового конструирования [17].

Справочные системы и банки данных о естественнонаучных и научно-технических эффектах:

- Виртуальный фонд естественнонаучных и научно-технических эффектов «Эффективная физика» [4, 13] – учебно-методическое и справочное средство, реализованное на основе современных Internet-технологий. Включает базу описаний естественнонаучных и научно-технических эффектов, а также средства формирования, представления, выбора и поиска описаний в базе знаний. Реализует задачи формирования и выполнения поисковых запросов, а также сбора статистики по запросам к описаниям эффектов [4];

- Межотраслевая интернет-система поиска и синтеза физических принципов действия преобразователей энергии [14] – средство поддержки этапов концептуального проектирования технических систем в области энергетики. Согласно заложенным принципам, ядром технической системы (устройства / технологии) является структура, образованная совместимыми естественнонаучными и (или) научно-техническими эффектами и реализующая требуемую функцию.

Обе представленные системы имеют сходный функционал и подобные структуры базы знаний. Функциональные и технические особенности систем:

- наличие базы знаний о физических эффектах и явлениях, представленной в виде формализованных описаний;
- синтез физического принципа действия технического решения;
- наличие онтологии научно-технических характеристик;
- возможность формализованного и гибкого поиска по базе знаний;
- доступ к системе через web-интерфейс;
- инженер, работающий с системой, должен иметь хорошую техническую подготовку;
- пользователи системы не могут сохранять результаты своей работы и редактировать базу знаний системы;
- нет математического описания физического явления и синтеза математического описания физического принципа действия в целом;
- отсутствует возможность синтеза нескольких вариантов конструктивной реализации технического решения.

Автоматизированные системы на основе теории решения изобретательских задач (ТРИЗ) 1-го и 2-го поколения. ТРИЗ – это теория, основанная на объективных закономерностях развития техники и описывающая процесс создания человеком ее новых образцов. Алгоритмической основой ТРИЗ являются эвристические методы решения технических проблем. ТРИЗ-системы используют базы данных научных эффектов. Современные базы включают описания около 9000 эффектов. Физические эффекты организованы в соответствии с их функциональностью. Инженеры могут осуществлять поиск, задавая функцию, ко-

ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ

тору необходимо осуществить. В качестве ответа получают физическое явление, которое может быть использовано для этой цели. В программной реализации методы ТРИЗ представлены алгоритмами решения изобретательских задач (АРИЗ). АРИЗ представляет собой последовательность действий по выявлению и разрешению противоречий с помощью баз знаний по эвристическим методам и известным закономерностям развития технических систем. Для систем, построенных на основе АРИЗ [2, 3]:

- входные данные – корректно сформулированная задача в виде технического противоречия;

- выходные данные – известные методы решения проблем такого рода, возможные аналоги из других областей науки и техники.

Существует ряд программных средств, реализующих принципы ТРИЗ 1-го поколения для решения задач инженерного творчества, в том числе:

- **Им-Lab (Минск)** – генерирует варианты решения технических задач на основе стандартов, приемов решения изобретательских задач, а также каталога физических, химических и геометрических эффектов;

- **TriSolver (TriSolver, Германия)** [21, 24] – базируется на 40 изобретательских принципах ТРИЗ, поддерживает матрицу противоречий, включает 12 инновационных принципов, содержит 76 типовых решений ТРИЗ, имеет 5 групп паттернов развития технических систем, включает обширную базу данных эффектов;

- **Иноватор (Guided Innovation Toolkit)** – содержит инструменты для определения проблемы, функционального моделирования, формулирования направлений генерации идей, оценки идей, создания и выбора концепций [25];

- **TechOptimizer («Изобретающая машина», Invention Machine Corporation, США)** – позволяет заменять базу знаний и может применяться в различных отраслях, обеспечивает поддержку решения задачи выбора главной концепции устройства. Для работы с системой необходима обширная теоретическая подготовка. Описание физического эффекта производится в соответствии с требованиями вепольного анализа. В системе отсутствуют формульные описания [23];

- **Goldfire Innovator** – относится к семантическим ТРИЗ-системам и базируется на математической лингвистике. Ввод исходных данных заключается в задании прямых вопросов. Позволяет исследовать эволюционные процессы для любой отрасли, технологии, прибора, материала [26];

- **Innovation WorkBench (Ideation International, США)** – позволяет описать задачу в диалоговом режиме с последующим построением графической функциональной модели технической системы [22].

Системы, базирующиеся на ТРИЗ 1-го поколения, объединяет следующее:

- необходимость предварительного обучения пользователя;
- низкая конкретность решения технических проблем (не решают поставленную пользователем проблему, а только подсказывают направления ее решения).

Указанные недостатки существенно ограничивают применение в инженерной практике изобретающих программ 1-го поколения. ТРИЗ-системы 2-го поколения не требуют предварительного обучения и находят конкретные решения технических проблем, которые не требуют последующего домысливания. Работа данных систем основана на автоматизированном формировании модели проблемной ситуации в терминах используемых баз знаний с последующим запросом к базе решений и формировании окончательного технического решения. Примером таких программ может служить система **Новатор** (компания «Метод», В.Н. Глазунов) [19]. Решения представляют собой описания устройств, которые характеризуются функциональными и общетехническими показателями. Предусмотрена возможность

улучшения показателей найденных устройств. Каждое решение содержит математическую модель эффекта. Часть решений генерируемых системой нереализуема технически.

Автоматизированные системы поддержки инженерного творчества (АСПИТ) и поискового конструирования предназначены для поддержки деятельности инженеров на ранних этапах поиска новых технических решений посредством постановки и решения задач инженерного и технического творчества, ориентированных на создание новых концептуальных моделей технических объектов [11, 16, 18, 19, 20]. К таким системам относятся:

- САПФИТ;
- АСПИТ «Интеллект»;
- Эффекты 200;
- АИПС ФТЭ;
- Изобретающая программа «Новатор».

Подобные системы обладают базой знаний, на основании которой происходит синтез новых технических решений. Входными данными являются природа и величина воздействия, а также природа и величина реакции будущего технического решения. Выходные данные представлены совокупностью цепочек, отражающих причинно-следственные связи и соответствующих входным данным.

Отличительные черты таких систем:

- техническое решение представлено в виде физического принципа действия с возможностью расчета эксплуатационных характеристик;
- в основе систем, помимо базы знаний, лежит математический аппарат, определяющий качество их работы;
- имеется возможность экспертной оценки показателей элементов базы знаний и решений;
- предлагаются методы улучшения эксплуатационных характеристик;
- не требуется предварительное обучение пользователя, встроены обучающие модули, которые позволяют понять физические процессы и законы, лежащие в основе функционирования того или иного технического решения.

Наиболее развитыми и перспективными из перечисленных систем являются САПФИТ, АСПИТ «Интеллект» и Эффекты 200. Системы САПФИТ и АСПИТ «Интеллект» представляют собой системы проектирования, реализующие задачи синтеза нового физического принципа действия устройства и поиска наиболее эффективной конструктивной реализации этого принципа действия по совокупности эксплуатационных характеристик [10]. Система Эффекты 200 в отличие от САПФИТ и АСПИТ «Интеллект» позиционируется как обширная база знаний по физическим эффектам и явлениям с заложенным, но не реализованным в полной мере математическим аппаратом синтеза физического принципа действия новых технических решений.

АСПИТ «Интеллект» [1] – автоматизированная система синтеза новых технических решений на основе заданных входной и выходной величин, а также синтеза технических реализаций физико-технических эффектов (ФТЭ) на основе морфологической матрицы и матрицы несовместимости. Использует энергоинформационную модель цепей различной физической природы. Техническое устройство представляется в виде совокупности цепей различной физической природы, взаимодействующих между собой. Физические процессы внутри каждой цепи описываются однотипными уравнениями (критерии ЭИМЦ) с помощью величин-аналогов и параметров-аналогов. Цепи различной физической природы взаимодействуют посредством межцепных ФТЭ. Процессы в техническом устройстве описываются с помощью аппарата параметрических структурных схем (ПСС) [7]. База знаний системы представляет собой совокупность стандартизированных описаний ФТЭ и внутрицепных зависимостей. Описание ФТЭ включает в себя морфологическую матрицу (описывающую со-

ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ

вокупность технических реализаций ФТЭ в виде двухуровневой структуры признаков – конструктивная часть и его реализации – значения), матрицу несовместимости значений признаков, набор эксплуатационных характеристик и паспорт ФТЭ [6, 9].

Система САПФИТ предназначена для организации синтеза физических принципов действия изделий и технологий и выдачи пользователю фактографической информации о физических эффектах, входящих в синтезируемые структуры. Под физическим принципом действия понимается структура совместимых и объединенных физических эффектов, обеспечивающих преобразование заданного входного (входных) воздействий в заданное выходное. САПФИТ позволяет перейти от описания потребности к физическому принципу действия разрабатываемого технического объекта. Каждый физический эффект представляет собой формализованное описание причинно-следственной или функциональной связи двух или более реальных физических явлений или процессов [19]. САПФИТ позволяет синтезировать последовательность физических эффектов, соответствующую следующим параметрам: вход, выход, ограничение на число физических эффектов, ограничение по объектам.

Эффекты 200 состоит из системы управления данными (программной оболочки) и базы данных, содержит алгоритмы решения прямой и обратной задачи причинно-следственного анализа. Прямая задача предполагает поиск последствий того или иного явления, а обратная – наоборот, поиск причин наблюдаемого явления [18]. Имеет открытую базу знаний, что позволяет использовать Эффекты 200 в качестве платформы для создания собственной базы научных знаний.

Результаты сравнительного анализа упомянутых систем показывают достаточно близкое их сходство по форме представления эффекта, форме входных и выходных документов, а также по способу организации баз знаний.

Анализ автоматизированных систем концептуального проектирования технических решений показал, что все системы содержат и используют базы знаний, являющиеся эталонным источником данных. Синтез новых технических решений в этих системах реализуется в виде алгоритмов, определяющих последовательность и процесс поиска решений. В связи с этим можно разделить системы следующим образом (см. табл.).

Таблица

Сравнение способов организации баз знаний и математических аппаратов систем поддержки концептуального проектирования

Характеристика	Тип	Реализация
Направленность базы знаний	Репродуктивные базы знаний, фиксирующие текущий уровень научно-технических достижений	База знаний существующих технических решений
		База знаний известных физических эффектов и явлений
	Продуктивные базы знаний, способствующие порождению новых знаний	Базы знаний эвристических приемов
		Базы знаний тактик, методов и закономерностей развития технологий
		Базы знаний конструктивных приемов улучшения технических характеристик технических средств
Процесс поиска решений	Синтез пространства решений физического принципа действия технической системы на основе сочетания элементарных блоков, характеризующего причинно-следственную связь между изначальным воздействием и реакцией системы	
	Морфологический синтез пространства конструктивных решений технической системы	
	Поиск аналогичных решений среди существующих и перенос аналогий на текущую проблемную ситуацию (разрешение противоречий)	

Характеристика	Тип	Реализация
		Использование баз знаний эвристических приемов и баз конструктивных приемов для изменения функциональности или свойств имеющихся технических систем

Основываясь на проведенном анализе и сравнении автоматизированных систем концептуального проектирования технических решений, можно выделить общий типовой функционал подобных систем.

1. Функции ведения и пополнения баз знаний:
 - наличие базы знаний о физических эффектах и явлениях, их эксплуатационных характеристиках;
 - возможность пополнения баз пользователем;
 - возможность формализованного и гибкого поиска по базе знаний;
 - экспертная оценка эксплуатационных характеристик ФТЭ группой экспертов.
2. Функции синтеза новых технических решений:
 - автоматический синтез физического принципа действия;
 - автоматический синтез конструктивных реализаций;
 - синтез цепочек, в которых присутствуют элементы с двумя входами;
 - синтез физического принципа действия на основе сложных структур с заранее описанными свойствами;
 - возможность пользователей сохранять результаты деятельности.
3. Функции расчета эксплуатационных характеристик технического решения многокритериального ранжирования найденных результатов по совокупности эксплуатационных характеристик:
 - расчет эксплуатационных характеристик технического решения;
 - расчет численной оценки конструктивной реализации;
 - ранжирование по совокупности эксплуатационных характеристик;
 - возможность пользователей сохранять результаты деятельности.
4. Функции динамической визуализации принципа действия эффекта или устройства:
 - наглядная визуализация результатов синтеза (2D и 3D);
 - описание вариантов конструктивных реализаций.
5. Функции системного администратора:
 - поддержка одновременной работы нескольких пользователей с возможностью разграничения прав доступа;
 - поддержка шаблонных схем, неизменяемых по структуре и принципу действия;
 - интуитивно понятный графический интерфейс, не требующий дополнительных знаний при освоении;
 - наличие сетевой версии, в том числе on-line в сети Internet;
 - задействован весь цикл проектирования;
 - централизованное администрирование системы через web-интерфейс;
 - наличие механизмов кеширования и отката изменений в банке данных;
 - аппаратно-программная независимость работы системы.

Предложенный базовый набор реализуемых функций может изменяться в зависимости от назначения конкретной системы концептуального проектирования технических решений и направлений ее применения. Полнота реализации предложенных функций определяет степень универсальности и гибкости системы.

Список литературы

1. Автоматизированная система поддержки инженерного творчества Интеллект: от идеи к решению. – Режим доступа: <http://fte.aspu.ru>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.

ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ

2. Альтшуллер Г. С. Найти идею / Г. С. Альтшуллер. – Петрозаводск : Скандинавия, 2003.
3. Альтшуллер Г. С. Творчество как точная наука / Г. С. Альтшуллер. – Петрозаводск : Скандинавия, 2004.
4. Башмаков А. И. Виртуальный фонд естественнонаучных и научно-технических эффектов «эффективная физика» / А. И. Башмаков, Н. А. Бухарова, Д. Н. Жедяевский, А. А. Поляков, В. В. Попов // Компьютерные инструменты в образовании. – 2003. – № 3. – С. 3–13.
5. Глазунов В. Н. Параметрический метод разрешения противоречий в технике / В. Н. Глазунов. – М. : Речной транспорт, 1990. – 150 с.
6. Гурская Т. Г. Разработка пошагового алгоритма морфологического синтеза с разделением конструктивных признаков / Т. Г. Гурская, В. М. Зарипова // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. – 2010. – № 4 (12). – С. 29–35.
7. Зарипов М. Ф. Энергоинформационный метод анализа и синтеза чувствительных элементов систем управления / М. Ф. Зарипов, И. Ю. Петрова // Датчики и системы. – 1999. – № 5.
8. Зарипов М. Ф. Энерго-информационный метод научно-технического творчества : учеб.-метод. пос. / М. Ф. Зарипов, Н. Р. Зайнуллин, И. Ю. Петрова. – М. : ВНИИПИ, 1988. – 124 с.
9. Зарипов М. Ф. Морфологический анализ и синтез чувствительных элементов систем управления / М. Ф. Зарипов, И. Ю. Петрова // Датчики и системы. – 2002. – № 5. – С. 10–14.
10. Зарипова В. М. Применение объектных технологий для анализа и проектирования систем поиска новых технических решений (на примере систем Интеллект и Сапфит) / В. М. Зарипова, В. А. Камаев // Информационные технологии в образовании и медицине : мат-лы Междунар. конф. – Волгоград : ВолгГТУ, 2004.
11. Изобретающая программа «Новатор». – Режим доступа: <http://www.method.ru/index.php?lang=rus&mod=main&item=>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.
12. Инструменты виртуального производства – CAD/CAM/CAE / А. Зубинский. – Режим доступа: http://itc.ua/articles/instrumenty_virtualnogo_proizvodstva_-_cad_cam_cae_5768, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.
13. Исследователь: Наука и технологии. Виртуальный фонд естественнонаучных и научно-технических эффектов «Эффективная физика». – Режим доступа: <http://ligis.ru/effects/science/84/index.htm> 11, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.
14. Межотраслевая Интернет-система поиска и синтеза физических принципов действия преобразователей энергии. – Режим доступа: <http://maxrain.info/home/>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.
15. Мировой рынок CAD/CAM/CAE-систем / А. Глинских. – Режим доступа: http://www.ci.ru/inform01_02/p_22-23.htm, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.
16. Петрова И. Ю. Физические основы энерго-информационных моделей и параметрических структурных схем / И. Ю. Петрова, М. Ф. Зарипов, А. И. Никонов // Препринт доклада Президиуму Башкирского филиала АН СССР. – Уфа, 1984. – 25 с.
17. Половинкин А. И. Основы инженерного творчества : учеб. пос. для студ. вузов. – М. : Машиностроение, 1988. – 368 с.
18. Программа «Эффекты 200». – Режим доступа: <http://www.method.ru/index.php?lang=rus&mod=effects&item=effects>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.
19. Техническое творчество: теория, методология, практика : энциклопедический словарь-справочник / под ред. А. И. Половинкина, В. В. Попова. – М. : НПО «Информ-система», 1995.
20. Фоменков С. А. Автоматизированная система поиска физических принципов действия изделий и технологий (САПФИТ) / С. А. Фоменков, В. А. Гришин, Г. А. Карачунова. – Волгоград : Деп. в ВИНТИ, 1990.
21. Computer-Aided Innovation with TriSolver Software. – Режим доступа: http://www.trisolver.eu/leistungen/leistungen_1.htm, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. англ.
22. Ideation International: Bringing the Science of Innovation to the World. Innovation WorkBench 3.2. – Режим доступа: <http://www.ideationtriz.com/new/iwb.asp>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. англ.
23. Invention Machine. – Режим доступа: <http://inventionmachine.com/>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. англ.
24. Origin of Computer Aided Innovation: TriSolver Software. – Режим доступа: <http://www.trisolver.eu/software/cai.htm> 13, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. англ.

25. Pretium Innovation, LLC: Инноватор (Guided Innovation Toolkit). – Режим доступа: <http://www.nadir.crimea.com/Soft1.htm>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. англ.

26. Henry R. Invention Machine Introduces Goldfire Innovator™ / R. Henry. – Режим доступа: http://inventionmachine.com/Portals/56687/docs/pr_introduces_goldfire_innovator.pdf, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. англ.

27. Husig S. Computer Aided Innovation – state of the art from a new product development perspective / S. Hüsig, S. Kohn // *Computers in Industry*. – 2009. – № 60 (8). – P. 551–562.

28. Kohn S. Development of an empirical based categorisation scheme for CAI software / S. Kohn, S. Hüsig // *International Journal of Computer Applications in Technology*. – 2007. – № 30 (1/2). – P. 33–46.

References

1. Avtomatizirovannaja sistema podderzhki inzhenernogo tvorcestva Intellect: ot idei k resheniju. – Rezhim dostupa: <http://fte.aspu.ru>, svobodnyj. – Zaglavie s jekrana. – Jaz. rus.

2. Al'tshuller G. S. Najti ideju / G. S. Al'tshuller. – Petrozavodsk : Skandinavija, 2003.

3. Al'tshuller G. S. Tvorcestvo kak tochnaja nauka / G. S. Al'tshuller. – Petrozavodsk : Skandinavija, 2004.

4. Bashmakov A. I. Virtual'nyj fond estestvennonauchnyh i nauchno-tehnicheskikh jeffektov «jeffektivnaja fizika» / A. I. Bashmakov, N. A. Buharova, D. N. Zhedjaevskij, A. A. Poljakov, V. V. Popov // *Komp'juternye instrumenty v obrazovanii*. – 2003. – № 3. – S. 3–13.

5. Glazunov V. N. Parametricheskij metod razreshenija protivorechij v tehnike / V. N. Glazunov. – M. : Rečnoj transport, 1990. – 150 s.

6. Gurskaja T. G. Razrabotka poshagovogo algoritma morfologicheskogo sinteza s razdeleniem konstruktivnyh priznakov / T. G. Gurskaja, V. M. Zaripova // *Prikaspijskij zhurnal: upravlenie i vysokie tehnologii*. – 2010. – № 4 (12). – S. 29–35.

7. Zaripov M. F. Jenergoinformacionnyj metod analiza i sinteza chuvstvitel'nyh jelementov sistem upravlenija / M. F. Zaripov, I. Ju. Petrova // *Datchiki i sistemy*. – 1999. – № 5.

8. Zaripov M. F. Jenergo-informacionnyj metod nauchno-tehnicheskogo tvorcestva : ucheb.-metod. pos. / M. F. Zaripov, N. R. Zajnullin, I. Ju. Petrova. – M. : VNIPI, 1988. – 124 s.

9. Zaripov M. F. Morfologicheskij analiz i sintez chuvstvitel'nyh jelementov sistem upravlenija / M. F. Zaripov, I. Ju. Petrova // *Datchiki i sistemy*. – 2002. – № 5. – S. 10–14.

10. Zaripova V. M. Primenenie ob#ektnykh tehnologij dlja analiza i proektirovanija sistem poiska novykh tehnicheskikh reshenij (na primere sistem Intellect i Sapfit) / V. M. Zaripova, V. A. Kamaev // *Informacionnye tehnologii v obrazovanii i medicine : mat-ly Mezhdunar. konf.* – Volgograd : VolgGTU, 2004.

11. Izobretajuwaja programma «Novator». – Rezhim dostupa: <http://www.method.ru/index.php?lang=rus&mod=main&item=>, svobodnyj. – Zaglavie s jekrana. – Jaz. rus.

12. Instrumenty virtual'nogo proizvodstva – CAD/CAM/CAE / A. Zubinskij. – Rezhim dostupa: http://itc.ua/articles/instrumenty_virtualnogo_proizvodstva_-_cad_cam_cae_5768, svobodnyj. – Zaglavie s jekrana. – Jaz. rus.

13. Issledovatel': Nauka i tehnologii. Virtual'nyj fond estestvennonauchnyh i nauchno-tehnicheskikh jeffektov «Jeffektivnaja fizika». – Rezhim dostupa: <http://ligis.ru/effects/science/84/index.htm> 11, svobodnyj. – Zaglavie s jekrana. – Jaz. rus.

14. Mezhotraslevaja Internet-sistema poiska i sinteza fizicheskikh principov dejstvija preobrazovatelej jenerгии. – Rezhim dostupa: <http://maxrain.info/home/>, svobodnyj. – Zaglavie s jekrana. – Jaz. rus.

15. Mirovoj rynek CAD/CAM/CAE-sistem / A. Glinskih. – Rezhim dostupa: http://www.ci.ru/inform01_02/p_22-23.htm, svobodnyj. – Zaglavie s jekrana. – Jaz. rus.

16. Petrova I. Ju. Fizicheskie osnovy jenergo-informacionnyh modelej i parametricheskikh strukturnykh shem / I. Ju. Petrova, M. F. Zaripov, A. I. Nikonov // *Preprint doklada Prezidiumu Bashkirskogo filiala AN SSSR*. – Ufa, 1984. – 25 s.

17. Polovinkin A. I. Osnovy inzhenernogo tvorcestva : ucheb. pos. dlja stud. vtuzov. – M. : Mashinostroenie, 1988. – 368 s.

18. Programma «Jeffekty 200». – Rezhim dostupa: <http://www.method.ru/index.php?lang=rus&mod=effects&item=effects>, svobodnyj. – Zaglavie s jekrana. – Jaz. rus.

19. Tehnicheskoe tvorcestvo: teorija, metodologija, praktika : jenciklopedicheskij slovar'-spravochnik / pod red. A. I. Polovinkina, V. V. Popova. – M. : NPO «Inform-sistema», 1995.

ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ

20. Fomenkov S. A. Avtomatizirovannaja sistema poiska fizicheskih principov dejstvija izdelij i tehnologij (SAPFIT) / S. A. Fomenkov, V. A. Grishin, G. A. Karachunova. – Volgograd : Dep. v VINITI, 1990.
21. Computer-Aided Innovation with TriSolver Software. – Rezhim dostupa: http://www.trisolver.eu/leistungen/leistungen_1.htm, svobodnyj. – Zaglavie s jekrana. – Jaz. rus.
22. Ideation International: Bringing the Science of Innovation to the World. Innovation WorkBench 3.2. – Rezhim dostupa: <http://www.ideationtriz.com/new/iwb.asp>, svobodnyj. – Zaglavie s jekrana. – Jaz. rus.
23. Invention Machine. – Rezhim dostupa: <http://inventionmachine.com>, svobodnyj. – Zaglavie s jekrana. – Jaz. rus.
24. Origin of Computer Aided Innovation: TriSolver Software. – Rezhim dostupa: <http://www.trisolver.eu/software/cai.htm> 13, svobodnyj. – Zaglavie s jekrana. – Jaz. rus.
25. Pretium Innovation, LLC: Инноватор (Guided Innovation Toolkit). – Rezhim dostupa: <http://www.nadir.crimea.com/Soft1.htm>, svobodnyj. – Zaglavie s jekrana. – Jaz. rus.
26. Henry R. Invention Machine Introduces Goldfire Innovator™ / R. Henry. – Rezhim dostupa: http://inventionmachine.com/Portals/56687/docs/pr_introduces_goldfire_innovator.pdf, svobodnyj. – Zaglavie s jekrana. – Jaz. rus.
27. Husig S. Computer Aided Innovation – state of the art from a new product development perspective / S. Hüsig, S. Kohn // Computers in Industry. – 2009. – № 60 (8). – P. 551–562.
28. Kohn S. Development of an empirical based categorisation scheme for CAI software / S. Kohn, S. Hüsig // International Journal of Computer Applications in Technology. – 2007. – № 30 (1/2). – P. 33–46.

УДК 681.3.06(075.8)

ТЕХНОЛОГИЯ СИНТЕЗА ЦИФРОВЫХ ФИЛЬТРОВ МЕТОДОМ ЧАСТОТНОЙ ВЫБОРКИ

Иванов Виктор Васильевич, доктор технических наук, профессор, Поволжский государственный университет сервиса, 445677, Россия, г. Тольятти, ул. Гагарина, 4, e-mail: Ivanov@tolgas.ru.

Шакурский Виктор Константинович, доктор технических наук, профессор, Тольяттинский государственный университет, 445677, Россия, г. Тольятти, ул. Белорусская, 14, e-mail: Shakurskiy@mail.ru.

Шакурский Максим Викторович, заведующий лабораторией, Поволжский государственный университет сервиса, 445677, Россия, г. Тольятти, ул. Гагарина, 4, e-mail: M.Shakurskiy@gmail.com.

В статье решается задача синтеза методом частотной выборки цифровых фильтров с заданными параметрами амплитудочастотной характеристики. Классический подход к синтезу цифровых фильтров приводит к дискретному изменению полосы пропускания с шагом, равным ширине полосы пропускания отдельного элементарного цифрового фильтра. При этом оптимизация амплитудочастотной характеристики выполняется введением симметричных амплитудных коэффициентов для выходных сигналов элементарных цифровых фильтров. В статье показан эффект плавного смещения полосы пропускания при несимметричной вариации амплитудных коэффициентов элементарных цифровых фильтров. Данный эффект позволяет реализовать синтез цифрового фильтра с заданной полосой пропускания и заданным подавлением вне полосы с высокой точностью. В основу технологии синтеза положено использование несимметричных, относительно среднего элементарного цифрового фильтра, значений амплитудных коэффициентов для выходных сигналов основных и дополнительных элементарных цифровых фильтров. При этом сохраняется ли-