

УДК 004.896

ОНТОЛОГИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ЗНАНИЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ РЕЗУЛЬТАТА СИНТЕЗА НОВОГО ТЕХНИЧЕСКОГО РЕШЕНИЯ

¹Евдошенко О.И., ²Кравец А.Г., ³Зарипова В.М., ³Петрова И.Ю.

¹Астраханский государственный университет, Астрахань, e-mail: goronet@list.ru;

²Волгоградский государственный технический университет, Волгоград, e-mail: agk@gde.ru;

³Астраханский инженерно-строительный институт, Астрахань, e-mail: vtempus2@gmail.com

Сложность разрабатываемых технических объектов, рост объема научно-технической информации, используемой в конструкторских разработках, обуславливают острую потребность в создании программного обеспечения для автоматизации начальных стадий проектирования. Это способствует повышению качества разрабатываемых изделий и сокращению сроков разработки. При создании такого программного обеспечения необходимы обширные хранилища знаний и онтологические методы для быстрого и релевантного поиска данных, чтобы обеспечить совместную работу инженеров в реальном или виртуальном пространстве. Базисом для разработки концептуальной модели онтологической систематизации знаний выбран энерго-информационный метод синтеза новых технических решений. Авторами произведена структуризация и формализация знаний предметной области (описание физико-технических эффектов, приемов совершенствования эксплуатационных характеристик). Описан бизнес-процесс определения условий патентоспособности принципа действия технического устройства (новизна и, частично, изобретательский уровень). Сформирована классификация классов, подклассов, выявлены характеристики, описывающие данные понятия, и разработана понятийная структура онтологии, которые реализованы с помощью инструментальных средств – Ontorion Fluent Editor и Protégé.

Ключевые слова: энерго-информационный метод, физико-технический эффект, прием совершенствования эксплуатационной характеристики, база знаний, онтология

ONTOLOGICAL MODELS FOR KNOWLEDGE REPRESENTATION FOR ASSESSING OF NEW TECHNICAL SOLUTIONS SYNTHESIS RESULTS

¹Evdoshenko O.I., ²Kravets A.G., ³Zaripova V.M., ³Petrova I.Y.

¹Astrakhan State University, Astrakhan, e-mail: goronet@list.ru;

²Volgograd State Technical University, Volgograd, e-mail: agk@gde.ru;

³Astrakhan Civil Engineering Institute, Astrakhan, e-mail: vtempus2@gmail.com

The complexity of the developed technical facilities and the growth of scientific – technical information used in the engineering design cause an acute need in the creation of software for the automation of the initial stages of design. It improves the quality of developed products and reduce development time. Creating such software needs in vast repositories of knowledge and ontological methods for fast and relevant datamining and for co-working of engineers in real or virtual spaces. Energy-information method of the synthesis of new technical solutions was selected as the basis for the development of a conceptual model of ontological knowledge systematization selected energy-information method for the synthesis of new technical solutions. The authors made the structuring and formalization of domain knowledge (the description of the physical and technical effects, methods of improving performance). The business process is described for determining patentability of the operation principle of technical device (novelty and , partly, an inventive level). Classification of classes, subclasses is formed. Characteristics are identified that describe these concepts. Conceptual structure of the ontology is developed and designed in Ontorion Fluent Editor and Protégé.

Keywords: energy-information method, physical and technical effect, improving performance, the knowledge base, ontology

Сложность разрабатываемых технических объектов с каждым годом возрастает. Соответственно растет и объем научно-технической информации, используемой в конструкторских разработках. Поэтому разработка программного обеспечения для автоматизации начальных стадий проектирования будет способствовать повышению качества разрабатываемых изделий и сокращению сроков разработки. В частности, создание баз знаний по приемам совершенствования эксплуатационных характеристик технических устройств в опреде-

ленной предметной подобласти позволит инженеру-конструктору направленно генерировать новые технические решения для улучшения той или иной эксплуатационной характеристики, определить новизну этого решения, избежать повторного изобретательства.

Поисковое конструирование любого технического устройства сводится к выполнению двух этапов, достаточно трудоемких по объему обрабатываемых данных [4]:

- синтез нового физического принципа действия устройства;

• поиск наиболее эффективной конструктивной реализации (по совокупности эксплуатационных характеристик) этого принципа действия, осуществляемой на множестве вариантов технических реализаций отдельных частей.

Создание интеллектуальных инструментов для поддержки деятельности человека-конструктора на ранних этапах проектирования является актуальной и востребованной задачей, и при создании таких инструментов необходимо предусматривать разработку и использование обширных хранилищ знаний и онтологических методов для быстрого и релевантного поиска этих данных, чтобы обеспечить совместную работу инженеров в реальном или виртуальном пространстве.

Цель данной работы: создание онтологии для организации работ на этапе поискового проектирования, поддержки, общего доступа к информации и прослеживания взаимосвязи между патентами, приемами улучшения эксплуатационных характеристик проектируемых технических устройств и физическим принципом действия этого устройства.

Энерго-информационный метод как основа онтологической систематизации знаний на этапе поискового проектирования

Базисом для разработки концептуальной модели онтологической систематизации знаний по физическим явлениям и эффектам для синтеза новых технических устройств можно выбрать энерго-информационный метод синтеза новых технических решений (ЭИМЦ) [1–3, 6–8].

Энерго-информационный метод включает в себя:

1. Энерго-информационные модели цепей разной физической природы [2].
2. Аппарат параметрических структурных схем [2].
3. Базу данных паспортов физико-технических эффектов (ФТЭ) [2].
4. Базу данных морфологических матриц всевозможных конструктивных реализаций физико-технических эффектов [1, 3].
5. Базу данных обобщенных приемов улучшения эксплуатационных характеристик проектируемых технических устройств [6, 7, 8].

Физико-технический эффект – объективно существующая причинно-следственная связь, которая отражает зависимость между входной и выходной величинами разной физической природы через коэффициент преобразования.

Используя энерго-информационные модели для описания цепей различной физической природы, можно все многообразие взаимосвязей между величинами и параме-

трами представить в виде сложного графа. На рис. 1 показан граф физико-технических эффектов и внутрицепных зависимостей для n цепей: механической, магнитной, электрической и цепи i -й физической природы. При заданной величине входа и выхода каждый путь, найденный по графу, представляет собой схематическое изображение принципа действия технического устройства.

В автоматизированной системе синтеза новых технических решений [11], разработанной на основе энерго-информационного метода, реализован поиск возможных путей по графу по заданным величинам входа и выхода сенсора, а также динамическое графическое представление принципа действия синтезированного устройства.

Для формального описания процессов, протекающих в технических устройствах в виде цепочек преобразований обобщенных величин, эксперт описывает существующие физические явления и разрабатывает паспорт каждого ФТЭ в терминах ЭИМЦ [11–13]. Каждый паспорт содержит название ФТЭ, комбинации формул, описывающих зависимости между известными физическими величинами и величинами ЭИМЦ, усредненные оценки эксплуатационных характеристик технических реализаций ФТЭ и т.д. Фрагмент паспорта ФТЭ представлен на рис. 2.

Для разработки паспорта ФТЭ необходимо привести известную зависимость между физическими величинами к строго определенной форме взаимосвязи между величинами-аналогами ЭИМЦ. Трудоемкость этой задачи обусловлена следующими причинами:

- необходимость обработки больших объемов информации (требуется найти подходящую комбинацию формул из достаточно широкого перечня имеющихся в литературе);
- многоступенчатые преобразования известных формул, описывающих физический принцип действия эффекта, до выражений, содержащих величины ЭИМЦ;
- необходимость согласованной работы экспертов по разным областям знаний (требуется провести экспертную оценку основных эксплуатационных характеристик на множестве конструктивных реализаций ФТЭ).

Для решения этой проблемы можно использовать онтологический подход при проектировании базы знаний о физико-технических эффектах.

Прием совершенствования эксплуатационной характеристики технического устройства – это направленное изменение конструкции, схемы, использование новых материалов и другие способы, с помощью которых в техническом решении получен положительный эффект по сравнению с прототипом.

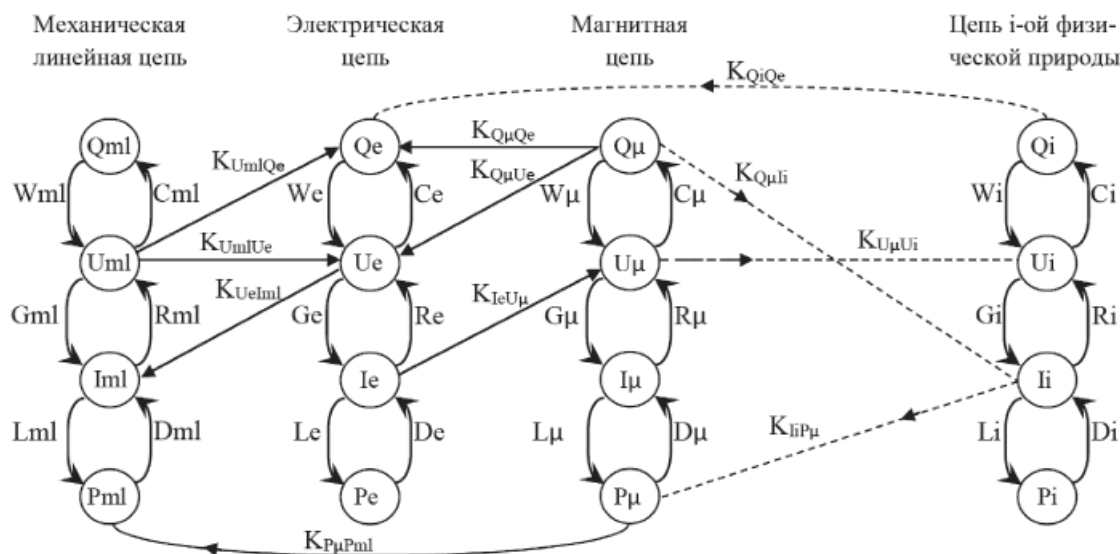


Рис. 1. Граф ЭИМЦ.

Обозначения обобщенных величин и параметров ЭИМЦ: P – импульс; Q – заряд; U – воздействие; I – реакция; R – сопротивление; $G = 1/R$ – проводимость; C – емкость; $W = 1/C$ – жесткость; L – индуктивность; $D = 1/L$ – дедуктивность или величина, обратная индуктивности. Обозначения коэффициента преобразования ФТЭ – K . Индексы при величинах, параметрах и коэффициентах ФТЭ указывают на физическую природу цепей

Биморфный эффект (обратный)	
$U_3 \rightarrow \boxed{K_{U_3 Q_{ml}}} \rightarrow Q_{ml}$	$Q_{ml} = K_{U_3 Q_{ml}} U_3$
Деформация конца биморфной пластины под действием управляющего электрического поля (напряжения U_e) $\Delta = \frac{3}{4} \cdot d_{31} \cdot \left(\frac{L}{t}\right)^2 \cdot V_0$, где $V_0 = U_e$, а $\Delta = Q_{ml}$, тогда $Q_{ml} = \frac{3}{4} \cdot d_{31} \cdot \left(\frac{L}{t}\right)^2 U_e = K_{U_e Q_{ml}} \cdot U_e$	
$K_{U_e Q_{ml}} = \frac{3}{4} \cdot d_{31} \cdot \left(\frac{L}{t}\right)^2 \text{ м/В}$	
$\Delta = Q_{ml}$ – перемещение свободного конца биморфа [м] $V_0 = U_e$ – электрическое напряжение [В] d_{31} – пьезомодуль (мода поперечная) [Кл/Н] или [м/В] L – длина биморфного элемента [м] t – толщина биморфного элемента [м]	$d_{31} = 160 \cdot 10^{-12}$ (ЦТС-19) м/В Пьезокерамика фирмы PI (UK): $d_{31} = 210 \cdot 10^{-12}$ (PIC-151) м/В $L = (2-50) \cdot 10^{-3}$ м $t = (0,5-3) \cdot 10^{-3}$ м
Чувствительность: $4 \cdot 10^{-9}$ м/В Цена: 500 Надежность: $8 \cdot 10^{-6}$ 1/ч Погрешность: 1 % Нелинейность: 1 %	Диапазон: 0–100 В Быстродействие: 0,0001 с Потери: 1 % Экологичность: 0,001 кг/с Вес: 0,006–0,01 кг

Рис. 2. Фрагмент паспорта ФТЭ

В результате исследований массива патентной информации в определенной предметной подобласти формируются приемы совершенствования эксплуатационных характеристик, объединяемые в единую базу знаний, которую необходимо пополнять, своевременно актуализировать и корректно использовать в процессе проектирования нового или усовершенствования существующего устройства.

База знаний содержит сведения об эвристических и конструктивных приемах и способах улучшения эксплуатационных характеристик. Информационная подсистема, использующая эту базу знаний, позволит ускорить процесс определения наилучшего варианта конструкции технического устройства согласно требованиям, а значит сократить время на его проектирование и разработку.

Таблица 1

Структура паспорта обобщенного приема

Формулировка приема				
Группа приема	конструктивные	технологические	новые материалы	схемотехнические
Количество ссылок на документ				
Ссылки на документы				
№ п/п	Документ	Патент № п/п	МПК (МКИ)	Название, авторы, краткая информация
Физико-технический эффект (ФТЭ)				
Основной ФТЭ		Вспомогательные ФТЭ		
Улучшаемая эксплуатационная характеристика	Экспертная оценка	Ухудшаемая эксплуатационная характеристика	Экспертная оценка	
Эскиз				

Инфологическая модель обобщенного приема описана в работе [8]. Авторами приведена структура паспорта такого приема (табл. 1). Параллельно с базой данных «Приемы» создается база исходной документации «Документы», которая содержит использованные источники научно-технической информации: патенты, статьи, отчеты и т.д.

Задачи, решаемые с помощью онтологии в автоматизированной системе синтеза новых технических решений

Для поискового конструирования используется система «Интеллект» [5], разработанная на основе энерго-информационного метода. Синтез физического принципа действия устройства осуществляется по заданным пользователем величинам входа и выхода устройства с учетом ряда ограничений, налагаемых на процесс синтеза пользователем системы.

К задачам, решаемым в системе «Интеллект» с помощью онтологии, можно отнести: определение условий патентоспособности принципа действия технического устройства (новизна и, частично, изобретательский уровень); выявление приемов улучшения эксплуатационных характеристик и пополнение БД «Приемы»; выявление возможных приемов улучшения для заданных эксплуатационных характеристик; формирование сведений о приеме улучшения (просмотр паспорта приема) [14].

Рассмотрим диаграмму в нотации Гейна – Сарсона, отображающую процесс определения патентоспособности принципа действия технического устройства (ТУ) (рис. 3). В этой схеме используются два хранилища данных: база данных «Приемы» и база данных «Документы». Внешней сущностью, с которой взаимодействует бизнес-процесс, является синтезированный принцип действия ТУ в системе «Интеллект» в виде цепочки физико-технических эффектов. Окончательное решение

по результатам сопоставительного анализа синтезированной цепочки ФТЭ, отображающей принцип действия нового устройства, отобранных документов (патенты и другая научно-техническая информация) и приемов улучшения эксплуатационных характеристик для решения о патентоспособности принципа действия ТУ (новизна и изобретательский уровень) принимает эксперт.

Для построения онтологии использовался редактор Fluent Editor 2014 (компания Cognitum), которая позволяет создавать онтологию путем ввода фраз на естественном языке [9]. В этом редакторе была разработана онтология, содержащая сведения о документах, эксплуатационных характеристиках и приемах их улучшения, условные обозначения объектов и классы, которым они принадлежат, приведены в табл. 2.

Формализация приемов улучшения эксплуатационных характеристик записывается с помощью соответствующих выражений на Controlled English (рис. 4, а). На рис. 4, б представлено таксонометрическое дерево классов, объектов, связей и атрибутов. Онтология хранится в XML-файле, что позволяет извлекать данные из файла, используя современные средства разработки приложений и интегрировать онтологию с системой «Интеллект».

Благодаря совместимости Ontorion Fluent Editor с OWL API имеется возможность открыть спроектированную онтологию в среде Protégé и построить семантический онтограф (рис. 5).

Представленный граф (рис. 5) отображает окончательный вариант онтологии. Буквы *F* с номером обозначают комбинации формул, описывающих тот или иной ФТЭ в паспорте (рис. 2, 3-я и 4-я строки), а переменные, входящие в состав формул, включены в отдельные классы (константы – Constant, геометрические размеры – GeometricalSize, величины ЭИМЦ – ValueEIMC).

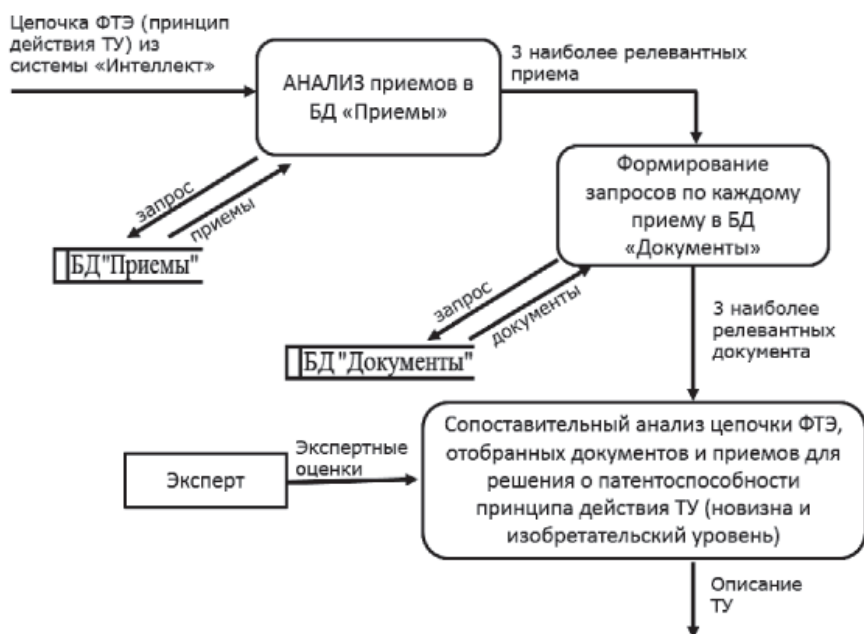


Рис. 3. Бизнес-процесс определения патентоспособности ТУ (новизна и, частично, изобретательский уровень)

Таблица 2

Условные обозначения объектов и связь с классами

Объект	Обозначение объекта	Класс
Документ	D-N (N – номер патента)	document
Эксплуатационная характеристика	C-N (N – номер характеристики)	characteristic
Прием	Pr-N (N – номер приема)	priem

C-3 is a characteristic.

Pr-9 is a priem.

Pr-14 is a priem.

Pr-9 has-opisanes equal-to 'Центральная прокладка изготавливается из бериллиевой бронзы'.

Pr-14 has-opisanes equal-to 'Ассиметричный биморф, состоящий из металлической пластины с приклеенным к ней поляризованным по толщине плоским пьезоэлементом'.

Pr-9 improves C-3.

Pr-14 improves C-3.

D-1 is a document.

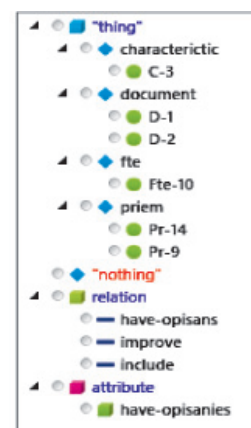
D-2 is a document.

D-1 includes Pr-9.

D-2 includes Pr-14.

D-3 includes Pr-14.

а



б

Рис. 4. Формализация приемов улучшения эксплуатационных характеристик:

а – выражения на Controlled English;
б – таксонометрическое дерево классов

К разработанной онтологии можно создавать различные запросы. Например, на рис. 6 отображен результат запроса к онтологии в среде Fluent Editor на выбор приемов улучшения заданной эксплуата-

ционной характеристики (С-3 повышение механической прочности). По результатам запроса найдено два приема улучшения механической прочности биморфной пластины.

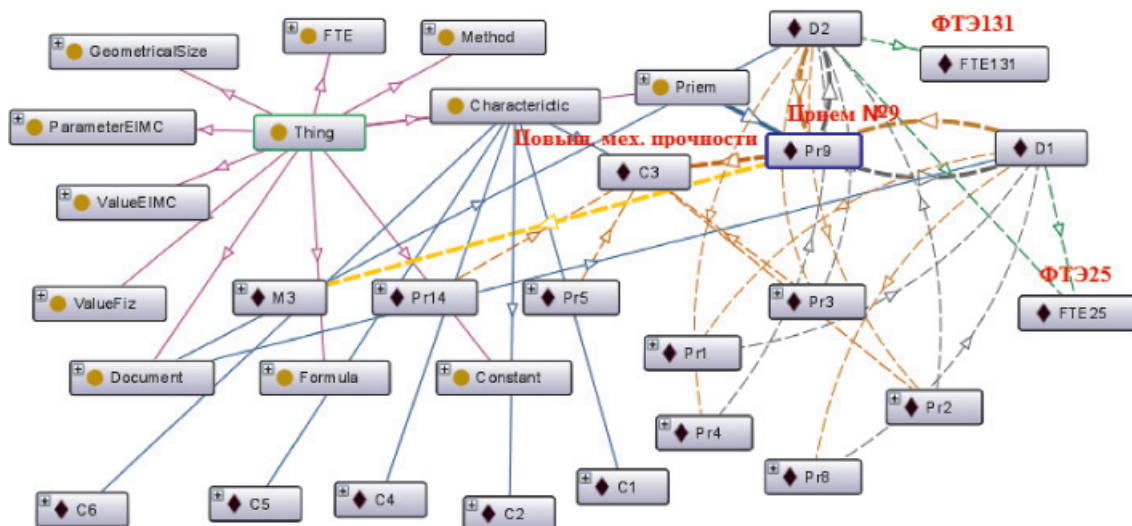


Рис. 5. Фрагмент семантического онтографа в среде Protégé

Materialized Graph				
Who-Or-What improves C-3 ?				
improves	<?> improves C-3.	has-opisanies	is included by	
C-3	Pr-9	Центральная прокладка изготавливается из бериллиевой бронзы	D-1	
C-3	Pr-14	Ассиметричный биморф, состоящий из металлической пластины с приклеенным к ней поляризованным по толщине плоским пьезоэлементом	D-3 D-2	

Рис. 6. Пример запроса к онтологии и отображение результата

Заключение

В результате проведенного исследования была разработана онтология, позволяющая оперативно и без ошибок проводить информационный поиск приёмов улучшения эксплуатационных характеристик, определять взаимосвязь между ними, а также между исходными документами (патенты, статьи и др.) и физико-техническими эффектами, с помощью которых описан принцип действия нового устройства. Онтология также позволяет использовать приёмы в едином комплексе для одновременного улучшения нескольких характеристик и получать список документов, на которые они ссылаются. Применение онтологии облегчает информационный поиск для экспертов и инженеров-конструкторов при создании нового технического устройства и оценке его патентоспособности (по новизне и изобретательскому уровню).

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, грант № 15-37-50292 мол. нр.

Список литературы

1. Гурская Т.Г., Зарипова В.М. Разработка пошагового алгоритма морфологического синтеза с разделением конструктивных признаков // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. – 2010. – № 4. – С. 28–36.
2. Зарипов М.Ф., Петрова И.Ю. Энергоинформационный метод анализа и синтеза чувствительных элементов систем управления // Датчики и системы. – 1999. – № 5. – С. 10–17.
3. Зарипов М.Ф., Петрова И.Ю. Морфологический анализ и синтез чувствительных элементов систем управления // Датчики и системы. – 2002. – № 5. – С. 10–14.
4. Зарипова В.М. Объектно-ориентированная модель базы знаний о физико-технических эффектах для системы концептуального проектирования новых элементов информационно-измерительных систем и систем управления // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. – 2013. – № 1. – С. 162–171.
5. Зарипова В.М., Цырульников Е.С., Киселев А.А. «Интеллект» для развития навыков инженерного творчества // Alma Mater (Вестник высшей школы). – 2012(1), Изд-во РУДН, ISSN 0321-0383. – С. 58–61.
6. Петрова И.Ю., Гурская Т.Г. Приемы усовершенствования электрокинетических преобразователей // Датчики и системы. – 2007. – № 10. – С. 18–21.
7. Петрова И.Ю., Евдошенко О.И., Зарипова В.М., Гурская Т.Г. Приемы совершенствования эксплуатационных характеристик биморфных сенсоров и актюаторов // При-

каспийский журнал: управление и высокие технологии. – 2014. – № 4 (28). – С. 213–226.

8. Петрова И.Ю., Евдосенко О.И., Лежнина Ю.А. Концептуальная модель подсистемы выбора приемов улучшения эксплуатационных характеристик технических устройств // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2015. – март. – № 3 (178). – С. 249–258

9. Cognition. Fluent Editor. – URL: <http://www.cognition.eu/semantics/FluentEditor/> (дата обращения: 05.09.2015).

10. Guarino N, Giaretta P. Towards very large knowledge bases—knowledge building and knowledge sharing. – IOS Press; 1995. – P. 25–32 (Chap. Ontologies and knowledge bases—towards a terminological clarification).

11. Zaripova V., Petrova I. System of Conceptual Design Based on Energy-Informational Model // Progress in Systems Engineering, Proceedings of the 23rd International Conference on Systems Engineering, Las Vegas, NV // Series: Advances in Intelligent Systems and Computing. – 2015. – Vol. 1089. – P. 365–373, DOI: 10.1007/978-3-319-08422-0_54.

12. Zaripova V., Petrova I. Ontological Knowledge Base of Physical and Technical Effects for Conceptual Design of Sensors // Journal of Physics: Conference Series 588 012031, doi:10.1088/1742-6596/588/1/012031, (2015)

13. Zaripova V., Petrova I. Knowledge-Based Support for Innovative Design on Basis of Energy-Information Method of Circuits. – Vol. 466 CCIS. – 2014. – P. 521–532, DOI: 10.1007/978-3-319-11854-3_45, (2014).

14. Zaripova V., Petrova I., Kravets A., Evdoshenko O. Knowledge Bases of Physical Effects and Phenomena for Method of Energy-Informational Models by Means of Ontologies // Proceedings of the 1-st Conference Creativity in Intelligent Technologies and Data Science (CIT&DS) 2015, Volgograd, Russia, September 15–17, 2015.

References

1. Gurskaja T.G., Zaripova V.M. Razrabotka poshagovogo algoritma morfologicheskogo sinteza s razdeleniem konstruktivnykh priznakov. Prikaspijskij zhurnal: upravlenie i vysokie tehnologii. 2010. no. 4. pp. 28–36.

2. Zaripov M.F., Petrova I.Yu. Jenergoinformacionnyj metod analiza i sinteza chuvstvitelnykh jelementov sistem upravlenija. Datchiki i sistemy. 1999. no. 5, pp. 10–17.

3. Zaripov M.F., Petrova I.Yu. Morfologicheskij analiz i sintez chuvstvitelnykh jelementov sistem upravlenija. Datchiki i sistemy. 2002. no. 5. pp. 10–14.

4. Zaripova V.M. Obektno-orientirovannaja model bazy znaniy o fiziko-tehnicheskikh jeffektah dlja sistemy konceptualnogo proektirovanija novyx jelementov informacionno-izmeritelnykh sistem i sistem upravlenija. Prikaspijskij zhurnal: upravlenie i vysokie tehnologii. 2013. no. 1, pp. 162–171.

5. Zaripova V.M., Cyrulnikov E.S., Kiselev A.A. «Intellekt» dlja razvitiya navykov inzhenerного tvorchestva. Alma Mater (Vestnik vysshej shkoly) 2012(1), Izd-vo RUDN, ISSN 0321-0383, pp. 58–61.

6. Petrova I.Yu., Gurskaja T.G. Priemy usovershenstvovaniya jelektrokineticheskikh preobrazovatelej. Datchiki i sistemy. 2007. no. 10. pp. 18–21.

7. Petrova I.Yu., Evdoshenko O.I., Zaripova V.M., Gurskaja T.G. Priemy sovershenstvovaniya jekspluatacionnykh harakteristik bimorfnykh sensorov i aktuatorov. Prikaspijskij zhurnal: upravlenie i vysokie tehnologii. 2014. no. 4 (28). pp. 213–226.

8. Petrova I.Yu., Evdoshenko O.I., Lezhnina Yu.A. Konceptualnaja model podsystemy vybora priemov uluchsheniya jekspluatacionnykh harakteristik tehnicheskikh ustrojstv. Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universitet 2015. mart. no. 3 (178). pp. 249–258.

9. Cognition. Fluent Editor. URL: <http://www.cognition.eu/semantics/FluentEditor/> (data obrashhenija: 05.09.2015).

10. Guarino N, Giaretta P. Towards very large knowledge bases—knowledge building and knowledge sharing. IOS Press; 1995. pp. 25–32 (Chap. Ontologies and knowledge bases—towards a terminological clarification).

11. Zaripova V., Petrova I. System of Conceptual Design Based on Energy-Informational Model. Progress in Systems Engineering, Proceedings of the 23rd International Conference on Systems Engineering, Las Vegas, NV, Series: Advances in Intelligent Systems and Computing, Vol. 1089, p.365-373, DOI: 10.1007/978-3-319-08422-0_54, (2015).

12. Zaripova V., Petrova I. Ontological Knowledge Base of Physical and Technical Effects for Conceptual Design of Sensors // Journal of Physics: Conference Series 588 012031, doi:10.1088/1742-6596/588/1/012031, (2015).

13. Zaripova V., Petrova I. Knowledge-Based Support for Innovative Design on Basis of Energy-Information Method of Circuits: Volume 466 CCIS, 2014, Pages 521-532, DOI: 10.1007/978-3-319-11854-3_45, (2014).

14. Zaripova V., Petrova I., Kravets A., and Evdoshenko O. Knowledge Bases of Physical Effects and Phenomena for Method of Energy-Informational Models by Means of Ontologies. Proceedings of the 1-st Conference Creativity in Intelligent Technologies and Data Science (CIT&DS) 2015, Volgograd, Russia, September 15–17, 2015.

Рецензенты:

Попов Г.А., д.т.н., профессор, зав. кафедрой «Информационная безопасность», ФГБОУ ВПО «Астраханский государственный университет», г. Астрахань;

Финогеев А.Г., д.т.н., профессор кафедры САПР, ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет», г. Пенза.