

## МЕТОД ИНФОЛОГИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ИНЖЕНЕРИИ ЗНАНИЙ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

А. Г. КОРОБЕЙНИКОВ<sup>1,2</sup>, М. Е. ФЕДОСОВСКИЙ<sup>2</sup>, А. Ю. ГРИШЕНЦЕВ<sup>2</sup>, В. И. ПОЛЯКОВ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Санкт-Петербургский филиал Института земного магнетизма,  
ионосферы и распространения радиоволн им. Н. В. Пушкова РАН,  
199034, Санкт-Петербург, Россия  
E-mail: korobeynikov\_a\_g@mail.ru*

<sup>2</sup>*Университет ИТМО, 197101, Санкт-Петербург, Россия*

Развитие методов и теории автоматизированного проектирования с целью увеличения эффективности труда проектировщиков, с одновременным повышением качества и надежности проектов, требует разработки технологий, при помощи которых возможно достижение поставленной цели. Следовательно, возникает задача разработки таких технологий автоматизированного проектирования, применение которых позволит удовлетворить всем предъявляемым требованиям. Основным подходом к решению этой задачи является повышение автоматизации процессов проектирования. В этом случае целесообразно воспользоваться инженерией знаний. А для этого необходима разработка новых или модификация существующих методов представления знаний. Предложен метод инфологического моделирования, обеспечивающий представление знаний в единообразной форме. Математическим аппаратом служит теория категорий. Предлагаемые инфологические модели задают общую структуру строения вербальных знаковых конструкций на трех уровнях абстракции. Метод инфологического моделирования можно использовать при интеграции и координации знаний в рамках общего цикла автоматизированного проектирования.

**Ключевые слова:** *автоматизированное проектирование, инфологическое моделирование, информационные технологии, теория категорий*

**Введение.** Интенсивные научные исследования, посвященные разработке и внедрению информационных технологий (ИТ) в процессы автоматизированного проектирования (АП), проводятся во всех странах, технологически развитых в области инженерии знаний [1]. Одной из причин тому служит постоянное повышение требований к современным сложным техническим комплексам (СТК). Вследствие этого появляются принципиально новые задачи, которые необходимо решать на этапе АП СТК, а значит, нужны соответствующие технологии проектирования СТК.

Одной из основополагающих идей современных технологий АП является проектирование обширного множества обобщенных математических моделей (ММ) с обязательным использованием специального программного обеспечения (инструментария), которое позволяет пошагово производить разные преобразования данных ММ [2—7]. К подобным технологиям относятся: инженерия управления моделями; инженерия знаний; инженерия предметной области (ПрО); разработка аспект-ориентированного программного обеспечения [8—11], все

это — технологии общего назначения, позволяющие генерировать типовые решения, удовлетворяющие заданным требованиям. Эти технологии, как правило, эволюционируют *ad hoc* (служат для решения конкретной задачи и неприменимы для решения других задач при помощи обобщения или адаптации) [12, 13]. Кроме того, применение вышеназванных технологий для гибкого манипулирования большими множествами сложных и разнородных ММ в ходе АП СТК потребует выполнения процедуры масштабирования, обязательным условием для чего является наличие „глубокой“ автоматизации [14]. Следовательно, для разработки современных технологий АП необходимо создать теоретическую базу задания процедуры масштабирования. Научная задача сведения к универсальному формализму описания разных технологий, удобному при АП сложных гетерогенных систем, их интеграции и координации, является актуальной.

Решение этой задачи напрямую зависит от математического аппарата, который используется при проектировании и анализе технологий. Это связано с тем, что математический аппарат дифференциальных уравнений или минимизирующих функционалов, которые применяют, например, при решении физических задач, из-за отсутствия данных о изоморфных аналогах статистических закономерностей, законах сохранения, вариационных принципах и т.п., невозможно использовать для моделирования необходимых технологий [15]. По этой причине не применяется альтернативный подход, базирующийся на том, „что для большинства систем доступна (либо легко восстанавливаема) история их сборки из некоторых первичных компонентов“ [16].

Имея требуемую информацию о ММ компонентов и технологических операциях, проектировщик сможет вычислять интегральные характеристики проектируемого СТК, применяя формальные аналоги сборочных чертежей, или „мегамоделей“, которые математически можно записать при помощи аппарата теории графов (диаграмм). В этом случае технологические операции будут являться ребрами, а компоненты — узлами. Необходимо отметить, что в процессе АП СТК потребуются генерировать и обрабатывать графы большой размерности, т.е. возможны случаи, при которых полное изображение этих графов невозможно. В этой ситуации возможно задание структурных ограничений.

В настоящее время для синтеза и анализа больших графов существует мощный математический аппарат, использующий методы теории категорий — раздела современной универсальной алгебры [16]. Но эта алгебра является разделом теории гетерогенных (многосортовых или многоосновных) алгебраических систем, которые содержат произвольные сигнатуры и образуют семейство удовлетворяющих математических категорий. Отсюда вытекает возможность применения аппарата теории абстрактных типов данных в теории АП, т.е. можно утверждать, что современная универсальная алгебра формально обеспечит достаточно большое множество ММ и методы их проектирования [16, 17]. Далее, применив математическую логику, можно формализовать математический аппарат для построения требуемых ММ. Следовательно, методы теории категорий позволяют анализировать семейства многоосновных алгебраических систем не как случайные совокупности ММ, а как новые и разумно организованные алгебраические системы. Таким образом, можно, базирясь на аппарате теории категорий, обеспечить формализацию задачи АП СТК [17, 18].

В статье предлагается метод разработки категорий (моделей) для этапа инфологического моделирования, при помощи которых возможно сформировать вербальное знаковое представление проектно-конструкторских задач (ПКЗ).

**Метод инфологического моделирования.** Инфологическое моделирование применяется при создании наиболее удобных для разработчика методов сбора и представления информации, наличие которой необходимо в разрабатываемых базах данных (БД) и базах знаний (БЗ).

Базовыми конструктивными элементами инфологической модели служат сущности, их взаимосвязи и атрибуты (свойства).

При разработке метода инфологического моделирования, инвариантного к программно-техническим средствам при АП СТК, следовало:

- задать структуру и состав инфологических представлений;
- выявить закономерности при формировании инфологических моделей с последующей их интеграцией.

Инфологическое моделирование, базой которого служит методология промышленного создания САПР, выполняется на трех уровнях:

- абстрактном, на котором обеспечивается общее представление вербальных знаковых систем;
- объектном, на котором обеспечивается представление специфики знаковых систем ПрО на основе их именовании;
- конкретном, на котором в ходе решения прикладных задач АП СТК происходит фиксация в вербальной знаковой форме множества конкретных фактов, событий и явлений реального мира.

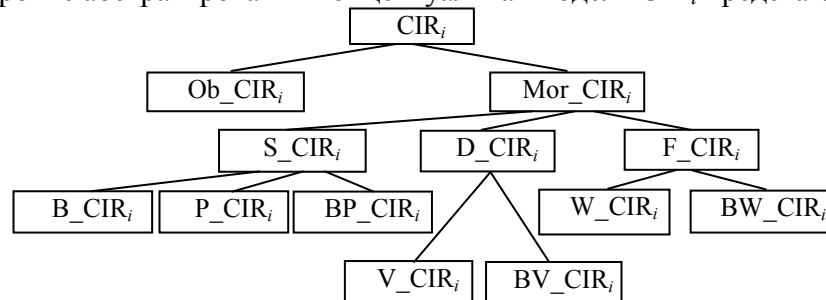
На любом уровне в инфологической модели содержатся:

- множество элементов — структурные единицы (СЕ) модели;
- множество операций;
- статические отношения;
- динамические отношения (ограничения).

Описание инфологических моделей состоит из двух частей: общее инфологическое представление (Common Infological Representation, CIR) и инфологическое представление предметных задач (Infological Representation of the Subject Task, IRST). CIR задает общую структуру вербальных знаковых конструкций на различных уровнях абстрагирования. IRST задает структуру этих конструкций для конкретной предметной области.

В настоящей работе рассмотрено общее инфологическое представление CIR.

**Разработка категорий для общего инфологического представления.** В CIR входят связанные покомпонентно инфологические модели для трех уровней абстрагирования. Схематично на  $i$ -м уровне абстрагирования концептуальная модель  $CIR_i$  представлена на рисунке.



Формально CIR представим в следующем виде:

$$CIR = (CIR_1, CIR_2, CIR_3),$$

1 — абстрактный уровень; 2 — объектный; 3 — конкретный.

Инфологическая модель CIR на  $i$ -м уровне абстрагирования представляется в следующем виде:

$$CIR_i = (Ob\_CIR_i, Mor\_CIR_i),$$

где  $Ob\_CIR_i$  — объекты или СЕ  $i$ -го уровня;

$Mor\_CIR_i = S\_CIR_i \cup D\_CIR_i \cup F\_CIR_i$  — множество отношений на объектах;

$S\_CIR_i = (B\_CIR_i, P\_CIR_i, BP\_CIR_i)$  — статические отношения на СЕ;

$B\_CIR_i \subset Ob\_CIR_i \times Ob\_CIR_i$  — бинарные отношения на  $Ob\_CIR_i$ ;

$P\_CIR_i$  — схемы на  $Ob\_CIR_i$ ;

$BP\_CIR_i \subset P\_CIR_i \times P\_CIR_i$  — бинарные отношения на  $P\_CIR_i$ ;

$D\_CIR_i = (V\_CIR_i, BV\_CIR_i)$  — динамические отношения на СЕ;

$V\_CIR_i$  — информационный доступ к СЕ;

$BV\_CIR_i \subset V\_CIR_i \times V\_CIR_i$  — бинарные отношения на  $V\_CIR_i$ ;

$F\_CIR_i = (W\_CIR_i, BW\_CIR_i)$  — функциональные отношения на СЕ;

$W\_CIR_i$  — манипуляции (действия) с  $B\_CIR_i$ ;

$BW\_CIR_i \subset W\_CIR_i \times W\_CIR_i$  — бинарные отношения на  $W\_CIR_i$ .

Рассмотрим более подробно элементы структуры CIR.

$Ob\_CIR_1$  — множество классов структурных единиц (КСЕ):

$$Ob\_CIR_1 = \{ mu_{1,i}^{(p)} \}.$$

$Ob\_CIR_2$  — множество имен структурных единиц (ИСЕ):

$$Ob\_CIR_2 = \{ mu_{2,i}^{(p,l)} \}.$$

$Ob\_CIR_3$  — множество состояний структурных единиц (ССЕ):

$$Ob\_CIR_3 = \{ mu_{3,i}^{(p,l,s)} \}.$$

$B\_CIR_1 \subset Ob\_CIR_1 \times Ob\_CIR_1$  — множество бинарных отношений на  $Ob\_CIR_1$ , которые описывают состав, упорядочивают и компонуют множество КСЕ:

$$B\_CIR_1 = \{ mu_{1,i}^{(p)}, mu_{1,i}^{(q)} \}.$$

$B\_CIR_2 \subset Ob\_CIR_2 \times Ob\_CIR_2$  — множество бинарных отношений на  $Ob\_CIR_2$ , которые описывают состав, упорядочивают и компонуют множество ИСЕ:

$$B\_CIR_2 = \{ mu_{2,i}^{(p,l)}, mu_{2,j}^{(n,q)} \}.$$

$B\_CIR_3 \subset Ob\_CIR_3 \times Ob\_CIR_3$  — множество бинарных отношений на  $Ob\_CIR_3$ , которые описывают состав, упорядочивают и компонуют множество ССЕ:

$$B\_CIR_3 = \{ mu_{3,i}^{(p,l,s)}, mu_{3,j}^{(k,q,t)} \}.$$

$P\_CIR_1$  — множество схем КСЕ на  $Ob\_CIR_1$ :

$$P\_CIR_1 = \{ pu_1^{(i,j)} = (mu_{1,i}^{(p)}, mu_{1,j}^{(q)}) \}.$$

$P\_CIR_2$  — множество схем ИСЕ на  $Ob\_CIR_2$ :

$$P\_CIR_2 = \{ pu_2^{(i,j,p,q)} = (mu_{2,i}^{(k)}, mu_{2,j}^{(s)}, mu_{2,p}^{(r)}, mu_{2,q}^{(l)}) \}.$$

$P\_CIR_3$  — множество схем ССЕ  $Ob\_CIR_3$  на:

$$P\_CIR_3 = \{ pu_3^{(i,j,p,q,r,s)} = (mu_{3,i}^{(k)}, mu_{3,j}^{(l)}, mu_{3,p}^{(n)}, mu_{3,q}^{(h)}, mu_{3,r}^{(q)}, mu_{3,s}^{(f)}) \}.$$

$BP\_CIR_1 \subset P\_CIR_1 \times P\_CIR_1$  — множество бинарных отношений на  $P\_CIR_1$ , которые описывают состав, упорядочивают и компонуют множество схем КСЕ:

$$BP\_CIR_1 = \{ pu_1^{(i,j)}, pu_1^{(p,s)} \}.$$

$BP\_CIR_2 \subset P\_CIR_2 \times P\_CIR_2$  — множество бинарных отношений на  $P\_CIR_2$ , которые описывают состав, упорядочивают и компонуют множество схем ИСЕ:

$$BP\_CIR_2 = \{ pu_2^{(i,j,p,q)}, pu_2^{(s,g,h,f)} \}.$$

$BP\_CIR_3 \subset P\_CIR_3 \times P\_CIR_3$  — множество бинарных отношений на  $P\_CIR_3$ , которые описывают состав, упорядочивают и компонуют множество схем ССЕ:

$$BP\_CIR_3 = \{ pu_3^{(i,j,p,q,s,g)}, pu_3^{(h,f,r,g,k,v)} \}.$$

$V\_CIR_1$  — множество классов информационного доступа (КИД):

$$V\_CIR_1 = \{ vu_{1,i} \}.$$

$V\_CIR_2$  — множество типов информационного доступа (ТИД):

$$V\_CIR_2 = \{ vu_{2,i}^{(j)} \}.$$

$V\_CIR_3$  — множество представителей типов информационного доступа (ПТИД):

$$V\_CIR_3 = \{vu_{3,i}^{(j,k)}\}.$$

$BV\_CIR_1 \subset V\_CIR_1 \times V\_CIR_1$  — множество бинарных отношений на  $V\_CIR_1$ , которые описывают состав, упорядочивают и компонуют схемы множества КИД:

$$BV\_CIR_1 = \{vu_{1,i}, vu_{1,j}\}.$$

$BV\_CIR_2 \subset V\_CIR_2 \times V\_CIR_2$  — множество бинарных отношений на  $V\_CIR_2$ , которые описывают состав, упорядочивают и компонуют схемы множества ТИД:

$$BV\_CIR_2 = \{vu_{2,i}^{(k)}, vu_{2,j}^{(l)}\}.$$

$BV\_CIR_3 \subset V\_CIR_3 \times V\_CIR_3$  — множество бинарных отношений на  $V\_CIR_3$ , которые описывают состав, упорядочивают и компонуют схемы ПТИД:

$$BV\_CIR_3 = \{vu_{3,i}^{(k,l)}, vu_{3,j}^{(p,q)}\}.$$

$W\_CIR_1$  — множество классов манипуляций (КМ):

$$W\_CIR_1 = \{wu_{1,i}\}.$$

$W\_CIR_2$  — множество типов манипуляций (ТМ):

$$W\_CIR_2 = \{wu_{2,i}^{(j)}\}.$$

$W\_CIR_3$  — множество представителей типов манипуляций (ПТМ):

$$W\_CIR_3 = \{wu_{3,i}^{(j,k)}\}.$$

$BW\_CIR_1 \subset W\_CIR_1 \times W\_CIR_1$  — множество бинарных отношений на  $W\_CIR_1$ , которые описывают состав, упорядочивают и компонуют схемы множества КМ:

$$BW\_CIR_1 = \{wu_{1,i}, wu_{1,j}\}.$$

$BW\_CIR_2 \subset W\_CIR_2 \times W\_CIR_2$  — множество бинарных отношений на  $W\_CIR_2$ , которые описывают состав, упорядочивают и компонуют схемы множества ТМ:

$$BW\_CIR_2 = \{wu_{2,i}^{(k)}, wu_{2,j}^{(l)}\}.$$

$BW\_CIR_3 \subset W\_CIR_3 \times W\_CIR_3$  — множество бинарных отношений на  $W\_CIR_3$ , которые описывают состав, упорядочивают и компонуют схемы ПТМ:

$$BW\_CIR_3 = \{wu_{3,i}^{(k,l)}, wu_{3,j}^{(p,q)}\}.$$

В результате анализа специфических особенностей знаковых представлений, возникающих при моделировании информации и знаний, было сформировано множество СЕ. При информационном моделировании использовался формализованный математический аппарат ER-моделей (Entity Relationship Model) или „сущность-связь“. При помощи этого формализма можно представлять информационные потребности в наглядном и удобном для восприятия виде. Это показало, что математический аппарат ER-моделей — хорошее средство взаимодействия между пользователями и проектировщиками.

**Заключение.** Единообразное описание множества разнородных моделей, отражающих разную степень обобщения или абстрагирования для общего инфологического представления, позволило сформулировать общее определение моделей, отражающее их состав.

Проведенные исследования по реализации разработанного метода для решения различных задач АП базируются на современных ИТ, что позволило выявить единую семантическую основу в виде категорий и оценить степень их формализации.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект №170100700).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Korobeynikov A. G., Fedosovsky M. E., Maltseva N. K., Baranova O. V., Zharinov I. O., Gurjanov A. V., Zharinov O. O.* Use of Information Technologies in Design and Production Activities of Instrument Making Plants // *Indian J. of Science and Technology*. 2016. Vol. 44, N 9. P. 1—8. DOI: 10.17485/ijst/2016/v9i44/104708.
2. *Коробейников А. Г.* Разработка и анализ математических моделей с использованием MATLAB и Maple. СПб: СПбГУ ИТМО, 2010. 144 с.
3. *Коробейников А. Г., Гришенцев А. Ю.* Разработка и исследование многомерных математических моделей с использованием систем компьютерной алгебры. СПб: НИУ ИТМО, 2013. 100 с.
4. *Morin B., Barais O., Nain G., Jézéquel J.-M.* Taming Dynamically Adaptive Systems using models and aspects // *Proc. of 31st Intern. Conf. on Software Engineering ICSE'09*. Vancouver, 2009. P. 122—132.
5. *Богатырев В. А., Богатырев С. В.* Резервированная передача данных через агрегированные каналы в сети реального времени // *Изв. вузов. Приборостроение*. 2016. Т. 59, № 9. С. 735—740.
6. *Богатырев В. А., Богатырев С. В.* Эффективность резервирования и фрагментации пакетов при передаче по агрегированным каналам // *Изв. вузов. Приборостроение*. 2017. Т. 60, № 2. С. 165—170.
7. *Богатырев В. А., Богатырев С. В.* Надежность мультикластерных систем с перераспределением потоков запросов // *Изв. вузов. Приборостроение*. 2017. Т. 60, № 2. С. 171—177.
8. *Gatchin Y. A., Zharinov I. O., Korobeynikov A. G., Zharinov O. O.* Theoretical estimation of Grassmann's transformation resolution in avionics color coding systems // *Modern Applied Science*. 2015. Vol. 9, N 5. P. 197—210. ISSN 1913-1844.
9. *Kiczales G., Lamping J., Mendhekar A., Maeda C., Lopes C. V., Loingtier J.-M., Irwin J.* Aspect-oriented programming // *Proc. of ECOOP'97 — Object-Oriented Programming: 11th Europ. Conf.* Jyväskylä, Finland, June 9—13, 1997. Berlin: Springer, 1997. P. 220—242.
10. *Aleksanin S. A., Zharinov I. O., Korobeynikov A. G., Perezyabov O. A., Zharinov O. O.* Evaluation of chromaticity coordinate shifts for visually perceived image in terms of exposure to external illuminance // *ARPN J. of Engineering and Applied Sciences*. 2015. Vol. 10, iss. 17. P. 7494—7501. ISSN 1819-6608.
11. *Korobeynikov A. G., Aleksanin S. A., Perezyabov O. A.* Automated image processing using magnetic defectoscopy // *ARPN J. of Engineering and Applied Sciences*. 2015. Vol. 10, is. 17. P. 7488—7493. ISSN 1819-6608.
12. *Korobeynikov A. G., Grishentsev A. Y., Velichko E. N., Korikov C. C., Aleksanin S. A., Fedosovskii M. E., Bondarenko I. B.* Calculation of regularization parameter in the problem of blur removal in digital image // *Optical Memory and Neural Networks (Information Optics)*. 2016. Vol. 25, N 3. P. 184—191.
13. *Diskin Z., Maibaum T. S. E.* Category theory and model-driven engineering: from formal semantics to design patterns and beyond // *Proc. 7th Workshop ACCAT'2012. Electronic Proceedings in Theoretical Computer Science*. 2012. Vol. 93. P. 1—21.
14. *Kolovos D. S., Paige R. F., Polack F. A. C.* The grand challenge of scalability for model driven engineering // *Lecture Notes in Computer Science*. 2009. Vol. 5421. P. 48—53.
15. *Sommerville I.* *Software Engineering*. Pearson Education, Inc. Addison-Wesley, 2011. 790 p. [Электронный ресурс]: <[https://www.homeworkmarket.com/sites/default/files/q5/19/07/cis\\_421\\_sommerville\\_9e\\_ch1-3.pdf](https://www.homeworkmarket.com/sites/default/files/q5/19/07/cis_421_sommerville_9e_ch1-3.pdf)>.
16. *Cohn P.* *Universal algebra*. Springer Science & Business Media, 2012. 412 p.
17. *Korobeynikov A. G., Fedosovsky M. E., Gurjanov A. V., Zharinov I. O., Shukalov A. V.* Development of Conceptual Modeling Method to Solve the Tasks of Computer-Aided Design of Difficult Technical Complexes on the Basis of Category Theory // *Intern. J. of Applied Engineering Research*. 2017. Vol. 12, N 6. P. 1114—1122. [Электронный ресурс]: <[http://www.ripublication.com/ijaer17/ijaerv12n6\\_46.pdf](http://www.ripublication.com/ijaer17/ijaerv12n6_46.pdf)>.
18. *Mac Lane S.* *Categories for the Working Mathematician*. Springer, 1998. 314 p.

**Сведения об авторах**

**Анатолий Григорьевич Коробейников** — д-р техн. наук, профессор; Санкт-Петербургский филиал Института земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н. В. Пушкова РАН; зам. директора по науке; E-mail: korobeynikov\_a\_g@mail.ru

- Михаил Евгеньевич Федосовский** — канд. техн. наук, профессор; Университет ИТМО; кафедра систем и технологий техногенной безопасности; заведующий кафедрой; E-mail: stts@diakont.com
- Алексей Юрьевич Гришенцев** — д-р техн. наук, доцент; Университет ИТМО; кафедра проектирования и безопасности компьютерных систем; E-mail: grishentcev@ya.ru
- Владимир Иванович Поляков** — канд. техн. наук, доцент; Университет ИТМО; кафедра вычислительной техники; E-mail: v\_i\_polyakov@mail.ru

Рекомендована кафедрой  
вычислительной техники

Поступила в редакцию  
03.07.17 г.

**Ссылка для цитирования:** Коробейников А. Г., Федосовский М. Е., Гришенцев А. Ю., Поляков В. И. Метод инфологического моделирования в инженерии знаний для решения задач автоматизированного проектирования // Изв. вузов. Приборостроение. 2017. Т. 60, № 10. С. 925—931.

### INFOLOGICAL MODELING METHOD IN KNOWLEDGE ENGINEERING FOR SOLUTION OF COMPUTER-AIDED DESIGN PROBLEMS

A. G. Korobeynikov<sup>1,2</sup>, M. E. Fedosovsky<sup>2</sup>, A. Yu. Grishentcev<sup>2</sup>, V. I. Polyakov<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Pushkov Institute of Terrestrial Magnetism, Ionosphere,  
and Radio Wave Propagation of the Russian Academy of Science, St. Petersburg branch  
199034, St. Petersburg, Russia  
E-mail: korobeynikov\_a\_g@mail.ru

<sup>2</sup>ITMO University, 197101, St. Petersburg, Russia

The intensive development of the theory of computer-aided design is taken place today is associated with requirements to designers to increase their efficiency of work with simultaneous improvement of quality and reliability of projects. To satisfy the requirements, the denial of the classical principles of automated design formulated more than half a century ago may be necessary. Therefore, the task of development of computer-aided design technologies meeting all qualifying standards is quite challenging. The main approach to the problem is to improve the level of automation in design processes. It is appropriate to use Knowledge Engineering technique, which calls for development of modern or modification of existing methods of knowledge representation. A new method of infological modeling for representation of knowledge in a uniform manner is proposed. The theory of categories is presumed to be used as a mathematical apparatus. The presented infological models specify the general structure of verbal symbolic constructions at the three levels of abstraction. The developed method can be used at the stage of integration and coordination of knowledge within the general cycle of the automated design.

**Keywords:** automated design, infological modeling, information technologies, theory of categories

#### Data on authors

- Anatoliy G. Korobeynikov** — Dr. Sci., Professor; Pushkov Institute of Terrestrial Magnetism, Ionosphere, and Radio Wave Propagation of the RAS, St. Petersburg branch; Deputy Director for science; E-mail: korobeynikov\_a\_g@mail.ru
- Mikhail E. Fedosovsky** — PhD, Professor; ITMO University, Department of Technogenic Security Systems and Technologies; Head of the Department; E-mail: stts@diakont.com
- Alexey Yu. Grishentcev** — Dr. Sci., Associate Professor; ITMO University, Department of Computer System Design and Security; E-mail: grishentcev@ya.ru
- Vladimir I. Polyakov** — PhD, Associate Professor; ITMO University, Department of Computation Technologies; E-mail: v\_i\_polyakov@mail.ru

**For citation:** Korobeynikov A. G., Fedosovsky M. E., Grishentcev A. Yu., Polyakov V. I. Infological modeling method in knowledge engineering for solution of computer-aided design problems. *Journal of Instrument Engineering*. 2017. Vol. 60, N 10. P. 925—931 (in Russian).

DOI: 10.17586/0021-3454-2017-60-10-925-931