

ПРИМЕНЕНИЕ ОНТОЛОГИЙ В ИНТЕГРИРОВАННОЙ ГРАФИЧЕСКОЙ СРЕДЕ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ТРУБОПРОВОДНЫХ СИСТЕМ ЭНЕРГЕТИКИ

Барахтенко Евгений Алексеевич

К.т.н., с.н.с., e-mail: barakhtenko@isem.irk.ru

Соколов Дмитрий Витальевич

К.т.н., с.н.с., e-mail: sokolov_dv@isem.irk.ru

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева Сибирского отделения Российской академии наук (ИСЭМ СО РАН), 664033, Иркутская область, г. Иркутск, ул. Лермонтова, д. 130

Аннотация. В статье представлен оригинальный методический подход к построению системы онтологий для хранения знаний о трубопроводных системах энергетики, их свойствах, связанных с этими системами задачах моделирования и используемом программном обеспечении. Эта система онтологий состоит из метаонтологии и прикладных онтологий, которые включают: онтологию трубопроводных систем различного типа, онтологию задач и онтологию программного обеспечения. Применение онтологий в интегрированной графической среде позволяет автоматизировать этапы построения программного обеспечения, выполнить информационное наполнение пользовательского интерфейса и обеспечить эффективную работу с компьютерной моделью трубопроводной системы.

Ключевые слова: онтологии, прикладные онтологии, метаонтология, методический подход, автоматизация программирования, интегрированная графическая среда.

Цитирование: Барахтенко Е.А., Соколов Д.В. Применение онтологий в интегрированной графической среде для моделирования трубопроводных систем энергетики // Информационные и математические технологии в науке и управлении. 2018. № 4 (12). С. 50–60. DOI: 10.25729/2413-0133-2018-4-05

Введение. Современные трубопроводные системы (ТПС) тепло-, водо-, нефте-, газоснабжения и др. представляют собой уникальные по масштабам и сложности инженерные сооружения, обладающие все возрастающим значением в энергетике, экономике, промышленности, коммунально-бытовом секторе и других сферах жизни страны и общества. Эффективное решение задач их проектирования, реконструкции, эксплуатации и диспетчерского управления невозможно без проведения соответствующих расчетов и информационной поддержки процессов принятия решений.

В ИСЭМ СО РАН разрабатываются методические подходы к построению интегрированных сред для компьютерного моделирования ТПС. Интегрированная графическая среда (ИГС) представляет собой программный комплекс, позволяющий решать информационные (работа с компьютерной моделью ТПС и ее элементами на плане местности в интерактивном режиме), расчетные (решение инженерных задач) и аналитические (просмотр графиков и таблиц, результатов расчетов) прикладные задачи в

рамках единого интерфейса пользователя. Такая среда должна обеспечивать работу в режиме многоуровневого моделирования, когда модель ТПС может быть представлена как совокупность моделей ее различных подсистем (сеть, насосные станции, источники и т.д.).

ТПС определенного типа обладают характерными для этого типа свойствами, составом прикладных задач и используемым для их решения специализированным ПО. Знания о них необходимо сохранить в форме, пригодной для обработки программными системами, и использовать при решении различных задач. Для этого необходимо организовать хранение этих знаний в виде онтологий [2-5, 18, 19]. В инженерии знаний под онтологией понимается описание некоторой предметной области, которое используется для формального и декларативного определения ее концептуализации [9, 16]. В процессе автоматического построения программной системы используются онтологии, которые позволяют формализовано описать объекты предметной области, их свойства и взаимосвязи между этими объектами. Онтологии в настоящее время получают все более широкое применение при решении инженерных задач. Существуют работы, в которых описывается опыт применения онтологий при решении задач энергетики. Общим вопросам в области разработки и использования онтологий посвящены работы [1, 8, 10, 11, 20, 23]. В работах [7, 12, 13, 17, 21] представлены подходы к разработке программного обеспечения (ПО) с использованием онтологий.

В настоящей статье рассматриваются вопросы построения и практического применения онтологий в рамках авторских подходов к автоматизированному построению интегрированных графических сред.

1. Особенности применения онтологий. Одна из особенностей методологии решения задач моделирования ТПС энергетики систем состоит в том, что реализация ПО, предназначенного для решения этих задач является завершающим этапом разработки методов, математических моделей, методик и алгоритмов. Применение этого ПО при решении научно-исследовательских и практических инженерных задач приводит к накоплению опыта, который позволяет разрабатывать более точные математические модели, уточнять справочную информацию, повышать быстродействие алгоритмов, улучшать сходимость методов, получать оригинальное решение какой-либо практической задачи. Как правило накопленный опыт фиксируется путем внесения изменений в ПО, что повышает его качество и соответствие реальным инженерным системам. Описанный подход к разработке приводит к тому, что ПО становится единственным средством формализации и хранения всего накопленного опыта. В результате этот опыт недоступен для изучения и использования широкому кругу специалистов.

Существуют различные типы трубопроводных систем. Каждая из систем имеет свои характерные особенности, их элементы представляются различными графическими и математическими моделями. Разрабатываются новые алгоритмы, которые получают программную реализацию в рамках прикладного ПО. В результате накапливается большое количество методических и программных разработок, описание которых необходимо выполнить в форме, пригодной для многократного использования.

Для преодоления перечисленных трудностей необходимо перейти к парадигмам разработки ПО, в рамках которых однажды формализованные знания будут многократно использоваться при разработке и использовании ПО. Парадигма Model-Driven Engineering [6, 14, 15, 22] позволяет разработать методические подходы для решения этой задачи. В рамках

этого подхода авторами предложено выполнить формальное описание знаний о предметной области в виде онтологий, что позволит многократно их использовать при автоматизации построения прикладного ПО.

Онтологии в ИГС используются для решения следующих задач:

- автоматизированное построение программной системы, реализующей ИГС;
- информационное наполнение ИГС;
- применение ИГС при решении прикладных задач.

2. Методический подход к структуризации знаний о предметной области.

Авторами предложен оригинальный методический подход к построению системы онтологий для хранения знаний о трубопроводных системах энергетики, их свойствах, связанных с этими системами задачах моделирования и используемом ПО. Методический подход включает следующие составляющие:

- трехуровневое представление содержания предметной области;
- принципы структуризации и формализации базовых понятий предметной области в виде метаонтологии;
- принципы структуризации и формализации знаний о трубопроводных системах энергетики в виде онтологии трубопроводных систем;
- принципы структуризации и формализации знаний о задачах моделирования в виде онтологии задач;
- принципы структуризации и формализации знаний об используемом ПО в виде онтологии программного обеспечения;
- принципы создания онтологий.

2.1. Трехуровневое представление содержания предметной области. Для представления структуры и особенностей применения онтологий, связи между ними и описываемых ими объектов разработано трехуровневое представление (рис. 1).

Базовые определения	Метаонтология		
	Прикладные онтологии	Онтология конкретной ТПС (система тепло-, водо-, газоснабжения и др.)	Онтология задач
Объекты	Компьютерная модель трубопроводной системы	Постановка прикладной задачи	Программная реализация

Рис. 1. Трехуровневое представление

На верхнем уровне в метаонтологии даются базовые понятия предметной области, которые используются при описании знаний об объектах энергетики, прикладных задачах и ПО. Далее на следующем уровне находятся прикладные онтологии, которые содержат описание конкретных типов ТПС, их типовых элементов, используемого стандартного оборудования, прикладных задач и используемого ПО. И на самом нижнем уровне располагаются конкретные объекты: компьютерные модели конкретных ТПС, содержательные и математические постановки прикладных задач, ПО с программными реализациями методов, алгоритмов и моделей элементов ТПС (графических и математических).

2.2. Метаонтология. Метаонтология содержит базовые понятия предметной области, которые справедливы для всех прикладных онтологий. На рис. 2 приведена головная часть этой онтологии. Любая ТПС является системой, ее моделирование связано с одной из задач ТГЦ и для решения этой задачи используется соответствующее ПО.

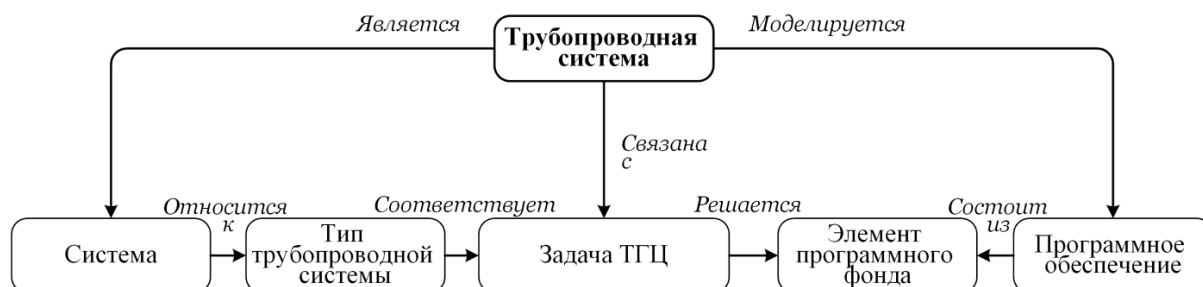


Рис. 2. Фрагмент метаонтологии

На рис. 3 представлен фрагмент метаонтологии от концепта «Система». ТПС состоит из элементов, которые подразделяются на узлы и ветви, и могут находиться в одном из следующих физических состояний: рабочем, аварийном, отключенном или на реконструкции. Узлы, в свою очередь, подразделяются на источники, узлы-соединения и потребители, а ветви – на активные и пассивные. Активные ветви содержат оборудование, оказывающее активное влияние на потокораспределение в сети. К ветвям этого типа относятся насосные станции и ветви с регуляторами расхода или давления. Пассивные ветви содержат трубопроводные участки ТПС. Каждый элемент имеет математическую модель,

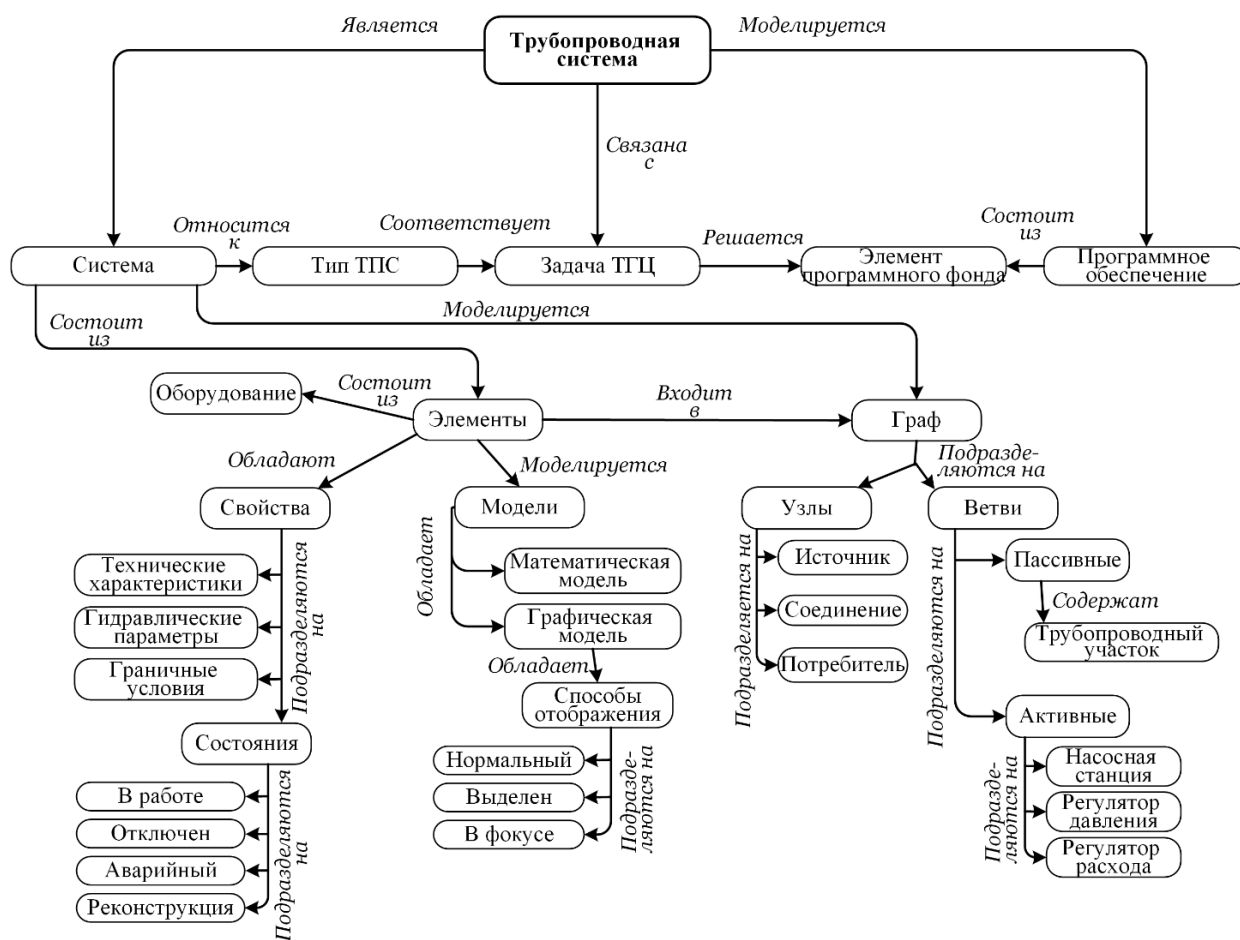


Рис. 3. Фрагмент метаонтологии

описывающую законы течения транспортируемой среды, а также графическую модель, определяющую способ его отображения.

Далее рассмотрим структуру метаонтологии от концепта «задача ТГЦ». Задачи моделирования ТПС подразделяются на классы, среди которых можно выделить задачи анализа, синтеза, идентификации и управления. Каждая конкретная прикладная задача относится к одному из этих классов. Она обладает названием, постановкой и методом ее решения. Постановка задачи включает ее формулировку, описание входных и выходных данных. При решении конкретной прикладной задачи используются методы, каждый из которых обладает своими алгоритмом и условиями его применимости.

Теперь рассмотрим часть метаонтологии, которая касается ПО. ПО состоит из элементов программного фонда, которые включают программные компоненты ИГС и программные комплексы, используемые для решения прикладных задач. Программный компонент имеет название, язык программирования, способ доступа и интерфейс. Программные компоненты ИГС организованы в виде библиотек, которые подразделяются на следующие: базовые программные компоненты, модели элементов ТПС, компоненты построения графического интерфейса, компоненты-адаптеры, компоненты доступа к БД, ГИС-слои. Библиотека базовых программных компонентов включает в свой состав структуры данных, компоненты-валидаторы, графические примитивы и базовые математические алгоритмы. Программные комплексы ориентированы на решение конкретной прикладной задачи, обладают определенным способом доступа и работают с определенным типом СУБД.

2.3. Онтология трубопроводных систем энергетики. Построение ИГС для работы с ТПС конкретного типа осуществляется в автоматизированном режиме на основе знаний о ТПС этого типа из соответствующей онтологии ТПС. Онтология ТПС включает описание элементов этой ТПС и их свойств. Фрагмент онтологии ТСС представлен на рис. 4.

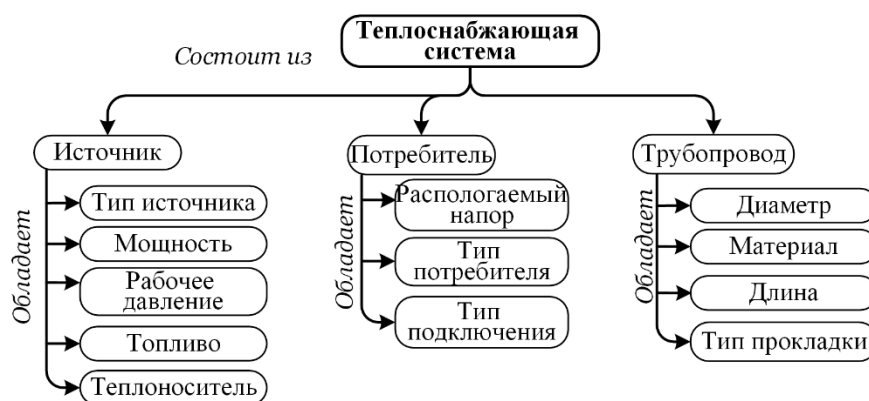


Рис. 4. Фрагмент онтологии трубопроводных систем

2.4. Онтология задач. Знания о задачах используются для настройки компьютерной модели ТПС на конкретную прикладную задачу и автоматизации процесса подготовки данных для вызова ИГС прикладного ПО. Хранение этих знаний организовано в онтологии задач, которая содержит описание прикладных задач и методов их решения, описание алгоритмов, перечисление параметров, являющихся исходными данными и параметров,

получаемых в результате решения задачи. На рис. 5 приведен фрагмент этой онтологии, который содержит описание задачи оптимизации параметров ТПС.



Рис. 5. Фрагмент онтологии задач

2.5. Онтология программного обеспечения. Онтология ПО предназначена для хранения знаний, необходимых для автоматизации построения и использования ПО. Эта онтология содержит описание:

- программных комплексов, предназначенных для решения прикладных задач;
- программных компонентов, используемых для построения ИГС;
- метаданных (входные и выходные параметры, описание форматов данных);
- технологий и интерфейсов доступа к программным компонентам.

На рис. 6 представлен фрагмент этой онтологии, который описывает программный комплекс и программный компонент для решения задачи определения оптимальных параметров трубопроводных систем. Программный компонент реализован на языке Java и имеет интерфейс Command. Программный комплекс СОСНА вызывает оптимизатор, который решает задачу определения оптимальных параметров. Доступ к программному комплексу выполняется через соответствующий исполняемый файл. Этот программный комплекс работает с данными через СУБД Firebird.

2.6. Принципы создания онтологий. В качестве средства формального представления онтологий в рамках предложенного методического подхода выбран язык XML. Особенностью предложенного формального представления является использование собственного языка вместо стандартных средств и языков онтологий. Причиной разработки собственного языка служит то, что в данном случае онтология имеет прикладной характер и предназначена для использования для автоматизированного построения ИГС и ее информационного наполнения. В связи с этим целесообразно использовать свой предметно-ориентированный язык. Для представления графических и математических моделей используются соответственно языки SVG и MathML, являющиеся подмножествами языка XML.

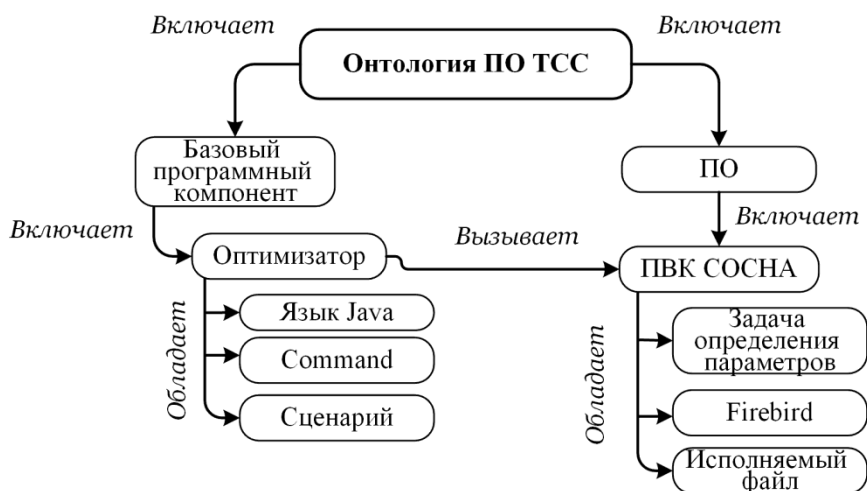


Рис. 6. Фрагмент онтологии программного обеспечения

3. Практическое применение. Предложенный методический подход использован при реализации программного прототипа ИГС для компьютерного моделирования ТПС. Применение онтологий обеспечило автоматизированное построение ИГС и ее информационное наполнение. На рис. 7 представлена схема построения и работы ИГС.

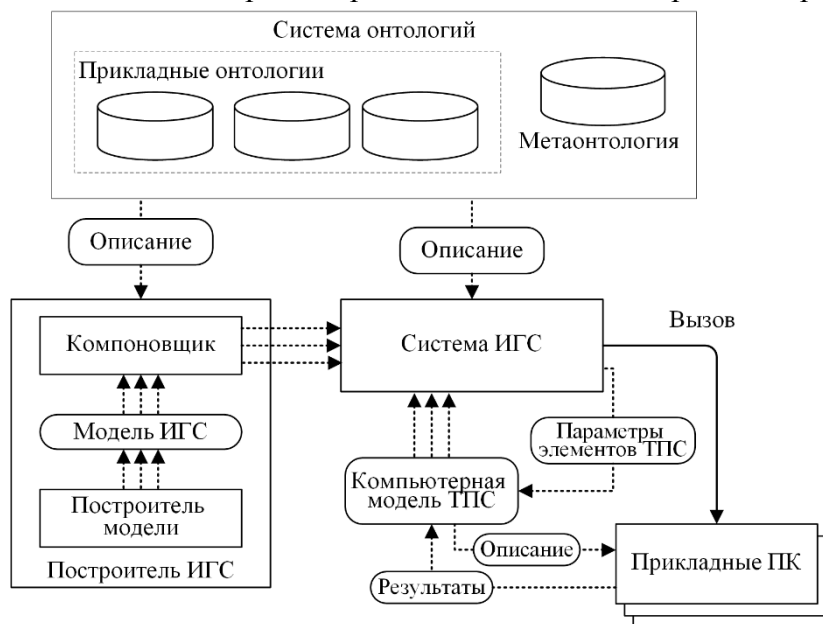


Рис. 7. Схема построения и работы интегрированной графической среды

Разработанный прототип прошел успешную апробацию при решении задач определения оптимальных параметров ТСС. Предложенный подход обеспечил возможность гибкой адаптации ПО к широкому набору оборудования моделируемой ТПС. На основе прототипа ИГС были выполнены расчеты, которые позволили определить оптимальные параметры и получить рекомендации по рациональной реконструкции и развитию ТСС реальных городов.

Заключение. В статье рассмотрены вопросы построения и практического применения онтологий для автоматизации этапов построения ПО, информационного наполнения пользовательского интерфейса и обеспечения эффективной работы с компьютерной моделью ТПС. Авторами предложен оригинальный методический подход к построению прикладных

онтологий для описания знаний о ТПС энергетики, их свойствах, связанных с этими системами задачах моделирования и используемом ПО. Разработанный методический подход применен при автоматизированном построении программной системы, которая представляет собой программный прототип ИГС. Практическое применение разработанного методического и программного обеспечения позволяет выполнять компьютерное моделирование ТПС энергетики различного типа и получать рекомендации по их преобразованию, что повышает эффективность работы этих систем и качество снабжения потребителей энергией.

Исследования выполняются при частичной финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 16-07-00948).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Боргест Н.М. Границы онтологии проектирования // Онтология проектирования. 2017. Т. 7. № 1 (23). С. 7-33.
2. Стенников В.А., Барахтенко Е.А., Соколов Д.В. Применение концепции Model-Driven Engineering в программном комплексе для определения оптимальных параметров теплоснабжающих систем // Программная инженерия. 2016. Т. 7. № 3. С. 108–116.
3. Стенников В.А., Барахтенко Е.А., Соколов Д.В. Методический подход на основе концепции Model-Driven Engineering и онтологий к разработке программного обеспечения для проектирования теплоснабжающих систем // Информационные технологии. 2015. Т.21. №3. С. 201–209.
4. Стенников В.А., Барахтенко Е.А., Соколов Д.В. Применение онтологий при реализации программного комплекса для решения задач оптимального проектирования теплоснабжающих систем // Информационные технологии. 2013. №3. С. 2–7.
5. Стенников В.А., Барахтенко Е.А., Соколов Д.В. Применение метапрограммирования в программном комплексе для решения задач схемно-параметрической оптимизации теплоснабжающих систем // Программная инженерия. 2011. №6. С. 31–35.
6. Brambilla M., Cabot J., Wimmer M. Model Driven Software Engineering in Practice. Synthesis Lectures on Software Engineering. San Rafael, Morgan & Claypool, 2012.
7. Gaevi D., Djuri D., Devedi V. Model Driven Architecture and Ontology Development. Berlin, Springer-Verlag, 2006.
8. Gómez-Pérez A., Fernández-López M., Corcho O. Ontological Engineering with examples from the areas of Knowledge Management, e-Commerce and the Semantic Web. 1st ed. London, Springer-Verlag, 2004.
9. Gruber T.R. A translation approach to portable ontology specifications // Knowledge Acquisition. 1993. Vol. 5. No.2. Pp. 199–220.
10. Guarino N. Understanding, building and using ontologies // International Journal of Human-Computer Studies. 1997. Vol. 46. No. 2–3. Pp. 293–310.
11. Kogalovsky M.R., Kalinichenko L.A. Conceptual and ontological modeling in information systems // Programming and Computer Software. 2009. Vol. 35. No. 5. Pp. 241–256.
12. Martin S. Applied Ontology Engineering in Cloud Services, Networks and Management Systems. New York, Springer-Verlag. 2012.
13. Ruiz F., Hilera J.R. Using ontologies in software engineering and technology // Ontologies in software engineering and software technology. Berlin, Springer-Verlag. 2006. Pp. 62–119.

14. Schmidt D.C. Guest Editor's Introduction: Model-Driven Engineering // Computer. 2006. Vol. 39. No. 2. Pp. 25–31.
 15. Silva A.R. Model-driven engineering: A survey supported by the unified conceptual model // Computer Languages, Systems & Structures. 2015. Vol. 43. Pp. 139–155.
 16. Staab S., Studer R. Handbook on Ontologies. 2nd ed. Heidelberg, Springer-Verlag. 2009.
 17. Staab S., Walter T., Gröner G., Parreiras F.S. Model Driven Engineering with Ontology Technologies // Lecture Notes in Computer Science. 2010. Vol. 6325. Pp. 62–98.
 18. Stennikov V.A., Barkhatenko E.A., Sokolov D.V. Use of Multilevel Modeling for Determining Optimal Parameters of Heat Supply Systems // Thermal Engineering. 2017. Vol. 64. No. 7. Pp. 518–525.
 19. Stennikov V.A., Barakhtenko E.A., Sokolov D.V., Oshchepkova T.B. Problems of modeling and optimization of heat supply systems: new methods and software for optimization of heat supply system parameters // Sustaining Power Resources through Energy Optimization and Engineering. Edited by Pandian Vasant and Nikolai Voropai. Hershey PA. 2016. Pp. 76–101.
 20. Uschold M., Grüninger M. Ontologies: Principles, methods, and applications // The Knowledge Engineering Review. 1996. Vol. 11. No.2. Pp. 93–113.
 21. Valiente M.-C., Vicente-Chicote C., Rodríguez D. An Ontology-Based and Model-Driven Approach for Designing IT Service Management Systems // International Journal of Service Science, Management, Engineering, and Technology. 2011. Vol. 2. No. 2. Pp. 65–81.
 22. Volter M., Stahl T., Bettin J., Haase A., Helsen S. Model-Driven Software Development: Technology, Engineering, Management. New York, Wiley. 2006.
 23. Yudelson M., Gavrilova T., Brusilovsky P. Towards User Modeling Meta-ontology // Lecture Notes in Computer Science. 2005. Vol. 3538. Pp. 448–452.
-

UDK 004.415.2

**THE USE OF ONTOLOGIES IN THE INTEGRATED GRAPHICAL ENVIRONMENT
FOR COMPUTER MODELING OF ENERGY PIPELINE SYSTEMS**

Evgeny A. Barakhtenko

PhD, Senior Researcher, e-mail: barakhtenko@isem.irk.ru

Dmitry V. Sokolov

PhD, Senior Researcher, e-mail: sokolov_dv@isem.irk.ru

Melentiev Energy Systems Institute Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences
130, Lermontov Str., 664033, Irkutsk, Russia,

Abstract. The paper presents an original methodological approach to the construction of a system of ontologies to store the knowledge about energy pipeline systems, their properties, modeling problems related to these systems and the software employed. This system of ontologies consists of a metaontology and applied ontologies that include: the ontology of pipeline systems of different types, the ontology of problems and the ontology of software. The ontologies applied in the integrated graphical environment make it possible to automate the stages of the software development, fill

the user interface with data and ensure effective operation with the computer model of pipeline system.

Keywords: ontologies, applied ontologies, metaontology, methodological approach, automation of programming, integrated graphical environment.

References

1. Borgest N.M. Granitsy ontologii proektirovaniya [Boundaries of the ontology of designing] // *Ontologiya proektirovaniya = Ontology of designing*. 2017. vol. 7. no. 1 (23). Pp. 7–33. (in Russian)
2. Stennikov V.A., Barakhtenko E.A., Sokolov D.V. *Primeneniye kontseptsii Model-Driven Engineering v programmnom komplekse dlya opredeleniya optimal'nykh parametrov teplosnabzhayushchikh sistem [Model-Driven Engineering in the Software for Parameter Optimization of Heat Supply Systems]* // *Programmnyaya inzheneriya = Software engineering*. 2016. vol. 7. no. 3. Pp. 108–116. (in Russian)
3. Stennikov V.A., Barakhtenko E.A., Sokolov D.V. *Metodicheskiy podkhod na osnove kontseptsii Model-Driven Engineering i ontologiy k razrabotke programmno obespecheniya dlya proyektirovaniya teplosnabzhayushchikh sistem [A methodological approach on the basis of Model-Driven Engineering and ontologies for the development of a software for heat supply system design]* // *Informatsionnyye tekhnologii = Information technology*. 2015. vol. 21. no. 3. Pp. 201–209. (in Russian)
4. Stennikov V.A., Barakhtenko E.A., Sokolov D.V. *Primeneniye ontologiy pri realizatsii programmno kompleksa dlya resheniya zadach optimal'nogo proyektirovaniya teplosnabzhayushchikh sistem [Ontologies application for implementation of the software for solving optimal design problems of heat supply systems]* // *Informatsionnyye tekhnologii = Information technology*. 2013. no. 3. Pp. 2–7. (in Russian)
5. Stennikov V.A., Barakhtenko E.A., Sokolov D.V. *Primeneniye metaprogrammirovaniya v programmnom komplekse dlya resheniya zadach skhemno-parametricheskoy optimizatsii teplosnabzhayushchikh sistem [Metaprogramming in the software for solving the problems of heat supply system schematic and parametric optimization]* // *Programmnyaya inzheneriya = Software engineering*. 2011. no. 6. Pp. 31–35. (in Russian)
6. Brambilla M., Cabot J., Wimmer M. *Model Driven Software Engineering in Practice. Synthesis Lectures on Software Engineering*. San Rafael, Morgan & Claypool, 2012.
7. Gaevi D., Djuri D., Devedi V. *Model Driven Architecture and Ontology Development*. Berlin, Springer-Verlag. 2006.
8. Gómez-Pérez A., Fernández-López M., Corcho O. *Ontological Engineering with examples from the areas of Knowledge Management, e-Commerce and the Semantic Web*. 1st ed. London, Springer-Verlag. 2004.
9. Gruber T.R. A translation approach to portable ontology specifications. *Knowledge Acquisition*. 1993. vol. 5. no.2. Pp. 199–220.
10. Guarino N. Understanding, building and using ontologies. *International Journal of Human-Computer Studies*. 1997. vol. 46. no. 2-3. Pp. 293–310.
11. Kogalovsky M.R., Kalinichenko L.A. *Conceptual and ontological modeling in information systems* // *Programming and Computer Software*. 2009. vol. 35. no. 5. Pp. 241–256.

12. Martin S. Applied Ontology Engineering in Cloud Services, Networks and Management Systems. New York, Springer-Verlag. 2012.
13. Ruiz F., Hilera J.R. Using ontologies in software engineering and technology. Ontologies in software engineering and software technology. Berlin, Springer-Verlag. 2006. Pp. 62–119.
14. Schmidt D.C. Guest Editor's Introduction: Model-Driven Engineering. Computer. 2006. vol. 39. no. 2. Pp. 25–31.
15. Silva A.R. Model-driven engineering: A survey supported by the unified conceptual model. Computer Languages, Systems & Structures. 2015. vol. 43. Pp. 139–155.
16. Staab S., Studer R. Handbook on Ontologies. 2nd ed. Heidelberg, Springer-Verlag. 2009.
17. Staab S., Walter T., Gröner G., Parreiras F.S. Model Driven Engineering with Ontology Technologies. Lecture Notes in Computer Science. 2010. vol. 6325. Pp. 62–98.
18. Stennikov V.A., Barkhatenko E.A., Sokolov D.V. Use of Multilevel Modeling for Determining Optimal Parameters of Heat Supply Systems // Thermal Engineering. 2017. vol. 64. no. 7. Pp. 518–525.
19. Stennikov V.A., Barakhtenko E.A., Sokolov D.V., Oshchepkova T.B. Problems of modeling and optimization of heat supply systems: new methods and software for optimization of heat supply system parameters. Sustaining Power Resources through Energy Optimization and Engineering. Edited by Pandian Vasant and Nikolai Voropai. Hershey PA. 2016. Pp. 76–101.
20. Uschold M., Grüninger M. Ontologies: Principles, methods, and applications. The Knowledge Engineering Review, 1996, vol. 11, no.2, pp. 93–113.
21. Valiente M.-C., Vicente-Chicote C., Rodríguez D. An Ontology-Based and Model-Driven Approach for Designing IT Service Management Systems. International Journal of Service Science, Management, Engineering, and Technology. 2011. vol. 2. no. 2. Pp. 65–81.
22. Volter M., Stahl T., Bettin J., Haase A., Helsen S. Model-Driven Software Development: Technology, Engineering, Management. New York, Wiley. 2006.
23. Yudelso M., Gavrilova T., Brusilovsky P. Towards User Modeling Meta-ontology. Lecture Notes in Computer Science, 2005. vol. 3538. Pp. 448–452.