

*Борисов Евгений Александрович*¹,
студент;
*Хохловский Владимир Николаевич*²,
доцент, канд. техн. наук, доцент

РАЗРАБОТКА ОНТОЛОГИИ КОТЛОАГРЕГАТА ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В СУБЗ

^{1,2} Россия, Санкт-Петербург,
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
¹ borisov.ea@edu.spbstu.ru, ² hohlovskij_vn@spbstu.ru

Аннотация. В работе рассмотрены теоретические аспекты и практическая реализация концепции семантической интероперабельности для систематизации и формализации понятий, связанных с котлоагрегатом, в системе интеллектуального управления. В работе впервые предложена онтология котлоагрегата. Представлена структура и описано взаимодействие компонентов системы, предназначенной для создания базы знаний. Рассмотрено приложение, реализующее использование датасетов из файлов с историческими данными в онтологии котлоагрегата.

Ключевые слова: онтология, котлоагрегат, система Protégé, семантическая интероперабельность, система управления базами знаний.

*Evgeny A. Borisov*¹,
Student;
*Vladimir N. Khokhlovskiy*²,
Associate Professor, Candidate of Technical Sciences

DEVELOPMENT OF ONTOLOGY OF A BOILER FOR KNOWLEDGE BASE MANAGEMENT SYSTEM

^{1,2} Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, Russia,
¹ borisov.ea@edu.spbstu.ru, ² hohlovskij_vn@spbstu.ru

Abstract. The paper considers the theoretical aspects and practical implementation of the concept of semantic interoperability for the systematization and formalization of boiler concepts for an intellectual control system. An ontology of the boiler unit is proposed. The structure and interaction of the components of the system designed to create a knowledge base are presented. An application that uses datasets from files with history data in the ontology of the boiler was considered.

Keywords: ontology, boiler unit, Protégé tool, semantic interoperability, knowledge base management system.

Введение

Процесс развития современного общества характеризуется постоянно возрастающей ролью информационных технологий в науке, производстве и управлении. В последние годы многократно увеличились объемы информационных потоков и сложность ориентации в информационных ресурсах. В связи с этим, актуальным становится вопрос эффективного взаимодействия между различными системами и их компонентами.

В настоящее время создание и эффективное управление базами знаний являются одними из важных задач, с которыми сталкиваются передовые промышленные предприятия, внедряющие современные системы управления. Такое современное направление, как семантическая интероперабельность, опираясь на стандартизированные семантические модели и онтологии, позволяет преодолевать барьеры, возникающие из-за различий в терминологии, структуре и семантике данных.

1. Постановка задачи

Цель данной работы заключается в рассмотрении и анализе технологии формирования базы знаний на основе концепции семантической интероперабельности применительно к автоматизации технологических процессов в теплоэнергетике.

Для достижения данной цели были поставлены следующие задачи:

- 1) проанализировать существующие онтологии в области энергетики;
- 2) описать структуру котлоагрегата;
- 3) разработать онтологию с учетом спецификации ГМ-50 и реализовать ее в Protégé;
- 4) разработать приложение для обработки входных данных в соответствии с онтологией котлоагрегата для сопоставления ключевых понятий.

2. Формальное описание котлоагрегата через онтологию

2.1. Преимущества семантической интероперабельности

Семантическая интероперабельность [3] – ключевой элемент современных информационных технологий, направленный на успешное взаимодействие и обмен данными между различными информационными системами с отличающимися структурами данных и предметными терминами. В контексте управления технологическими процессами семантическая интероперабельность становится ключевым фактором для надёжной связи и интеграции между двумя или более системами.

Применение семантической интероперабельности обеспечивает следующие преимущества:

- 1) единая семантика данных: семантическая интероперабельность способствует обеспечению одинакового восприятия информации разными системами;
- 2) интеграция разнородных источников данных;

3) упрощение поиска, фильтрации и анализа данных улучшает принятие решений благодаря механизмам семантической интероперабельности.

2.2. Преимущества онтологий

В настоящее время онтологии считаются наиболее эффективным способом формализации и систематизации знаний и данных в научных предметных областях.

Онтологии представляют собой формальные определения объектов в рамках определённой предметной области и обладают рядом преимуществ [4], представленный ниже.

1) Создание общего словаря терминов в определённой области способствует эффективному обмену информацией и предотвращает недопонимание.

2) Онтологии дают учёным возможность лучше разобраться в сложных предметных областях, так как предлагают чётко структурированные определения и взаимосвязи между понятиями.

3) Повторное использование имеющихся знаний предметной области.

4) Возможность увеличивать знание путем автоматического вывода. Аксиомы – это логические выражения на базовом логическом языке, на котором написана онтология. Они связаны с классами и применяются ко всем экземплярам класса, позволяя автоматически расширять знания.

5) Согласование разрозненных данных. Обычно организации используют собственные форматы данных, рабочие процессы и терминологию, которые называют информационными системами. Если применять общую онтологию, данные будут легко переноситься, обмениваться и обновляться.

2.3. Описание онтологии котлоагрегата

Котёл ГМ-50 создан для производства насыщенного или перегретого пара, применяемого в промышленности, строительстве, транспорте, жилищно-коммунальной сфере, сельском хозяйстве и др. секторах экономики.

Онтология создавалась в открытом программном обеспечении Protégé [1]. Для описания структуры котлоагрегата были созданы четыре базовых класса: Автоматика, АСУ ТП, Комплектация и Функционал, как показано на рисунке 1.

Каждый класс включает в себя несколько подклассов. Например, класс «Комплектация» включает в себя подкласс «Комплект автоматике для управления котлом». В то же время, уже он включает в себя подклассы: Датчики, Расходомеры и так далее. Класс «Функционал» включает в себя подкласс «Функционал оборудования», в который уже входят: Измерение, Нагревание и так далее.

Классы и их элементы описывают иерархическую структуру объекта, но с программной точки зрения между ними нет никакой связи, что может образовать взаимодействия данных, так как нет никаких правил, определяющих их принадлежность.

Поэтому между классами установлены отношения. К примеру, каждый датчик предназначен для измерения какой-то величины («Измеряет»), но в то же время он является частью комплектации автоматики («Является частью комплектации»). Эти отношения позволяют более подробно описать модель объекта, исключая неопределенность назначения.

Отношения в котлоагрегате разделены на активные, включающие в себя операции над другими объектами и описывающие структуру данного объекта, и пассивные, которые определяют объект как часть другого (см. рис. 2).

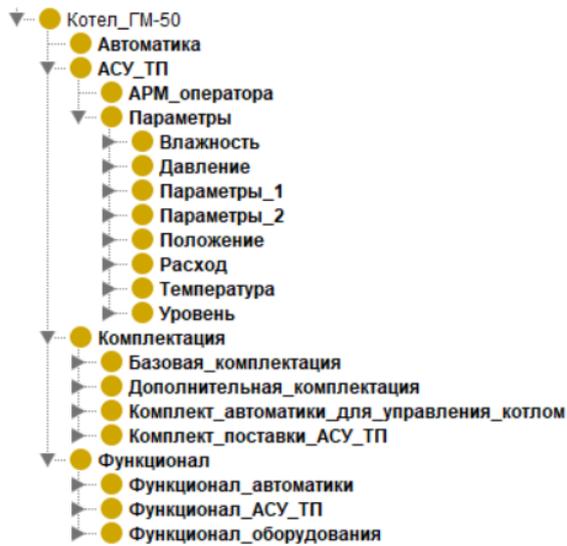


Рис. 1. Классы онтологии котлоагрегата ГМ-50

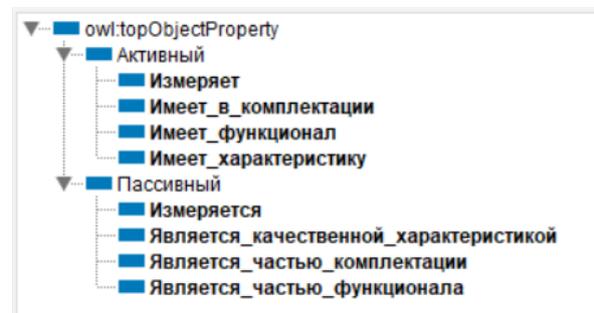


Рис. 2. Отношения между элементами онтологии

Сами отношения имеют свойства, в которых задаются список элементов (домен), которым присуще данное отношение, и диапазон, который определяет множество элементов, из которых данное отношение может брать значения (см. табл. 1).

Таблица 1

Свойства отношений онтологии

Домен	Тип отношения	Диапазон
Датчики; Измерители; Расходомеры	Измеряет	Параметры
Комплект автоматики для управления котлом; Комплект поставки АСУ ТП; Автоматика	Имеет функционал	Функционал

Таким образом, можно задавать отношения между классами, детализируя модель. Например, класс «Комплектация» имеет отношение «Имеет_функционал some Функционал». Тогда для класса «Датчики», который является частью класса «Комплектация», справедливы следующие отношения (см. рис. 3).

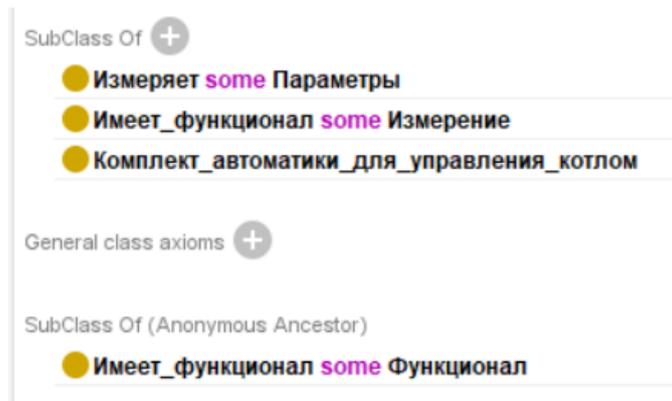


Рис. 3. Отношения для класса «Датчики»

Представленная на рисунке 4 и описанная выше онтология может быть применена в целях поддержки эксплуатации, обслуживания, ремонта и модернизации системы котлоагрегата.

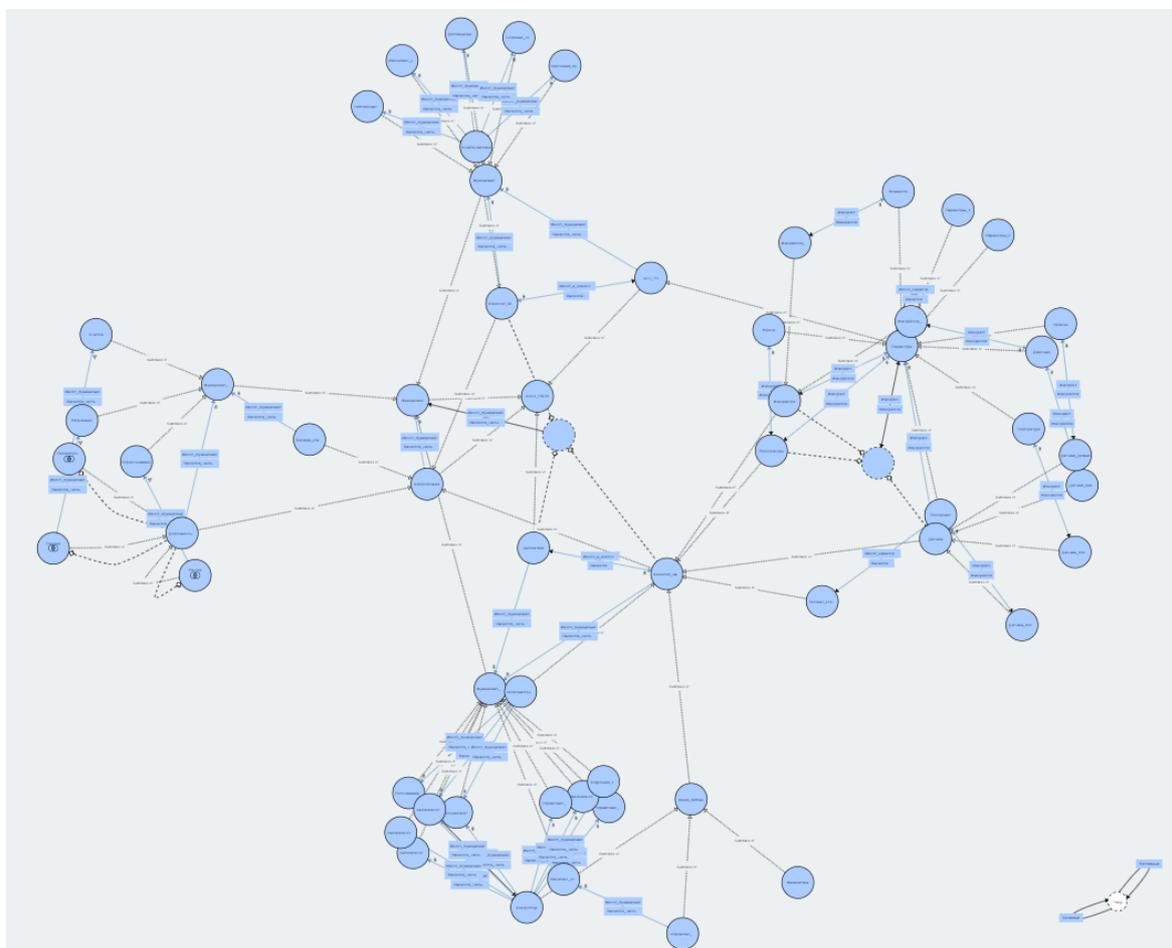


Рис. 4. Онтология котла ГМ-50

3. Программное приложение для обработки входных данных в соответствии с онтологией котлоагрегата

Семантическая интероперабельность обеспечивается программой в С#, которая использует модель RDF. Для работы с RDF-файлами была использована библиотека DotnetRDF. Это позволяет хранить данные в одной

базе знаний и обеспечивает возможность их интеграции с другими системами. Приложение принимает и записывает данные из файла, содержащего исторические данные, в базу знаний и использует вышеописанную онтологию для стандартизации и описания данных. В программу загружается RDF-файл онтологии котлоагрегата, в соответствии с ним обрабатывается датасет из входного файла, таким образом достигается единообразное представление информации (см. рис. 5).

В логах отображаются атрибуты онтологии с их свойствами и классами, к которому они относятся (см. рис. 6).

```

ntitled-ontology-10#Имеет_функционал 22-rdf-syntax-ns#type owl:ObjectProperty
ntitled-ontology-10#Имеет_функционал rdf-schema#subPropertyOf untitled-ontology-10#Активный
ntitled-ontology-10#Имеет_функционал owl#inverseOf untitled-ontology-10#Является_частью_функционала
ntitled-ontology-10#Имеет_функционал rdf-schema#domain untitled-ontology-10#Автоматика
ntitled-ontology-10#Имеет_функционал rdf-schema#domain untitled-ontology-10#Комплект_автоматики_для_управ
ntitled-ontology-10#Имеет_функционал rdf-schema#domain untitled-ontology-10#Комплект_поставки_АСУ_ТП
ntitled-ontology-10#Имеет_функционал rdf-schema#range untitled-ontology-10#Функционал
ntitled-ontology-10#Имеет_характеристику 22-rdf-syntax-ns#type owl:ObjectProperty
ntitled-ontology-10#Имеет_характеристику rdf-schema#subPropertyOf untitled-ontology-10#Активный
ntitled-ontology-10#Имеет_характеристику owl#inverseOf untitled-ontology-10#Является_качественной_характе
ntitled-ontology-10#Имеет_характеристику rdf-schema#range untitled-ontology-10#Параметры
ntitled-ontology-10#Пассивный 22-rdf-syntax-ns#type owl:ObjectProperty
ntitled-ontology-10#Является_качественной_характеристикой 22-rdf-syntax-ns#type owl:ObjectProperty
ntitled-ontology-10#Является_качественной_характеристикой rdf-schema#subPropertyOf untitled-ontology-10#П
ntitled-ontology-10#Является_качественной_характеристикой rdf-schema#range untitled-ontology-10#Параметры
ntitled-ontology-10#Является_частью_комплектации 22-rdf-syntax-ns#type owl:ObjectProperty
ntitled-ontology-10#Является_частью_комплектации rdf-schema#subPropertyOf untitled-ontology-10#Пассивный
ntitled-ontology-10#Является_частью_комплектации rdf-schema#range untitled-ontology-10#Комплектация
ntitled-ontology-10#Является_частью_функционала 22-rdf-syntax-ns#type owl:ObjectProperty
ntitled-ontology-10#Является_частью_функционала rdf-schema#subPropertyOf untitled-ontology-10#Пассивный
ntitled-ontology-10#Является_частью_функционала rdf-schema#range untitled-ontology-10#Функционал
ntitled-ontology-10#Н_пачук_Н-0_№1 22-rdf-syntax-ns#type owl:Class
ntitled-ontology-10#Н_пачук_Н-0_№1 rdf-schema#subClassOf untitled-ontology-10#Параметры_2
ntitled-ontology-10#Н_пачука_401 22-rdf-syntax-ns#type owl:Class
ntitled-ontology-10#Н_пачука_401 rdf-schema#subClassOf untitled-ontology-10#Параметры_2
ntitled-ontology-10#Н_пачука_402 22-rdf-syntax-ns#type owl:Class
ntitled-ontology-10#Н_пачука_402 rdf-schema#subClassOf untitled-ontology-10#Параметры_2
ntitled-ontology-10#Н_пачука_403 22-rdf-syntax-ns#type owl:Class

```

Рис. 5. Загрузка онтологии в приложение

```

Логи:
Атрибут: Имеет_величину
Класс: РН_пачука_№604
Значение: 2.017
Атрибут: Имеет_величину
Класс: Расход_пара_в_пачук_Н-0_№1
Значение: 782.5
Атрибут: Имеет_величину
Класс: Т_пачука_№603
Значение: 28.39
Атрибут: Имеет_величину
Класс: Уровень_пачука_№_607
Значение: 104.972

```

Рис. 6. Логи приложения

Заключение

В ходе работы была рассмотрена структура котлоагрегата с учетом спецификации ГМ-50. Была разработана онтология котлоагрегата в открытом программном обеспечении Protege. На основе онтологии и входных данных разработано программное приложение для сопоставления

ключевых понятий котлоагрегата путём обработки датасетов из входных файлов и RDF-файла онтологии котлоагрегата. База знаний, полученная в результате работы приложения, может использоваться для прогнозной аналитики и в системах поддержки принятия решений.

Список литературы

1. Horridge M., Brandt S. [et al.] A practical guide to building OWL ontologies using Protégé 4 and CO-ODE tools. – Edition 1.3. – The University of Manchester, 2011.
2. El Kaed Ch., Ponnouradjane A. A model driven approach accelerating ontology-based IoT applications development (github: <https://ecostruxure.github.io/OLGA/>) // Conference: SIS-IoT workshop – Part of the 13th SEMANTiCS conference 2017, Amsterdam, Netherlands, September 2017. – 2017.
3. Murdock P., Bassbouss L., Kraft A., Bauer M. [et al.] Semantic interoperability for the Web of Things. – 2016. – DOI: 10.13140/RG.2.2.25758.13122.
4. Nagowah S., Ben Sta H., Gobin B. A. An overview of semantic interoperability ontologies and frameworks for IoT // Conference: 2018 Sixth International Conference on Enterprise Systems (ES), October 2018. – 2018. – Pp. 82–89. – DOI: 10.1109/ES.2018.00020.