УДК 004.822+621.88

ПРИНЦИПИ РОЗРОБКИ БАЗИ ЗНАНЬ З ПРОБЛЕМ НАДІЙНОСТІ І ДОВГОВІЧНОСТІ РІЗЬБОВИХ З'ЄДНАНЬ

В.Б. Копей, Ю.Д. Петрина

ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 43024,
e-mail: vkopey@gmail.com

Запропоновано принципи розробки бази знань з проблем надійності і довговічності різьбових з'єднань мовою OWL за допомогою редактора онтологій Protégé. База знань містить поняття відмов та факторів, які збільшують чи зменшують імовірність відмов, і причинно-наслідкові зв'язки між цими поняттями. Подано приклади створення запитів до бази знань мовою SPARQL.

Ключові слова: база знань, онтологія, подання знань, семантична мережа, експертна система, різьбові з'єднання.

Предложены принципы разработки базы знаний по проблемам надежности и долговечности резьбовых соединений на языке OWL с помощью редактора онтологий Protégé. База знаний содержит понятия отказов и факторов, увеличивающих или уменьшающих вероятность отказов, и причинно-следственные связи между этими понятиями. Представлены примеры создания запросов к базе знаний на языке SPAROL.

Ключевые слова: база знаний, онтология, представление знаний, семантическая сеть, экспертная система, резьбовые соединения.

The principles of developing a knowledge base on issues of reliability and durability of threaded connections in the OWL language and with the help of ontology editor Protégé have been proposed. The knowledge base contains the concepts of failures and factors that increase or decrease the probability of failures, and the causal relationships between these concepts. There are examples of SPAROL querying to the knowledge base.

Keywords: knowledge base, ontology, knowledge representation, semantic network, expert system, threaded connections.

З розвитком науки об'єм знань у будь-якій галузі діяльності людини поступово збільшується. При цьому виникає багато проблем, пов'язаних з їх ефективним використанням, наприклад, пошуком, коригуванням, аналізом, систематизацією, узагальненням. Ці проблеми допомагає вирішувати така область науки про штучний інтелект, як інженерія знань. Вона вивчає методи і засоби видобування, подання, структурування і використання знань із застосуванням комп'ютерних систем. Інженерія знань пов'язана з розробкою **баз знань** – особливого роду баз даних, розроблених для управління знаннями, і **експертних систем** – програм, які використовуючи базу знань здатні частково замінити фахівця-експерта у вирішенні проблемної ситуації [1-3]. Часто під базою знань розуміють сукупність **фактів** і **правил логічного висновку** в обраній предметній області діяльності. Головна мета створення баз знань і експертних систем – допомогти менш досвідченим людям знайти спосіб вирішення якої-небудь проблеми предметної області.

Під поданням знань слід розуміти збереження знань в комп'ютерній системі, з можливістю їх подальшої автоматизованої обробки. До найбільш поширених методів подання **чітких знань** можна віднести: логіку першого порядку, мову програмування Пролог, реляційні системи, продукційну модель, фреймову модель та семантичні мережі [1-3]. До методів подання **нечітких знань** відносяться: нечітка логіка і теорія нечітких множин, нейронні мережі, еволюційне моделювання, гібридні інтелектуальні системи [1-3].

На даний час накопичено багато знань, пов'язаних з проблемами надійності і довговічності різноманітних різьбових з'єднань, в тому числі тих, які використовуються в нафтогазовому обладнанні. Проте існує проблема ефективного використання цих знань. Авторами запропоновано принципи розробки бази знань з проблем надійності і довговічності різьбових з'єднань. Ця база знань містить поняття відмов та факторів, які збільшують чи зменшують імовірність відмов, і причинно-наслідкові зв'язки між цими поняттями. Вона може бути використана інженерами-конструкторами під час проектування різьбових з'єднань та вченими, які займаються питаннями підвищення надійності і довговічності різьбових з'єднань. В якості джерел експертної інформації були вибрані літературні джерела [4, 5]. Для подання знань були вибрані семантичні мережі, які кодувались мовою опису онтологій OWL Lite.

Під **онтологією** в інформатиці розуміють детальну формалізацію деякої області знань за допомогою концептуальної схеми. Онтологія може використовуватись для представлення в базі знань **ієрархії понять** і їх **відносин** [2].

Семантичною мережею називають інформаційну модель предметної області, що має вигляд орієнтованого графа. **Вершинами** графа є об'єкти предметної області (поняття, події, властивості, процеси), а **дугами** графа – відносини між об'єктами [1-3].

Мова Веб-Онтологій **OWL** (ontology web language) [6] була розроблена для реалізації концепції семантичної павутини в межах всесвітньої павутини (WWW) і є розширенням мо-

Фактор
- Відмова
  - Втомна відмова
  - Статична відмова
  - ...
- Деталі
  - Болт
  - Гайка
  - ...

Фактор
- Концентрація напружень
- Матеріал
- Навантаження
- Середовище
- Складання
  - Момент згвинчування
  - ...
- ...

Рисунок 1 – Приклад ієрархії класів

ви **RDF** (Resource Description Framework) [7] – мови розмітки на основі **XML**, яка використовується для подання тверджень про ресурси в вигляді придатному для машинної обробки. Твердження, що висловлюється про ресурс RDF, має вигляд «**суб'єкт - предикат - об'єкт**» і називається **триплетом**. Наприклад: «циклічне навантаження» – «є причиною» – «втоми». Множина RDF-тверджень утворює орієнтований граф, в якому вершини є суб'єктами та об'єктами, а ребра – предикатами.

OWL має три діалекти (у порядку зростання виразності): OWL Lite, OWL DL і OWL Full [6]. **OWL Lite** використовує тільки деякі з особливостей мови OWL і призначена для розробки простих онтологій, наприклад, тезаурусів і таксономій. **OWL DL** призначена для користувачів, яким потрібна максимальна виразність при збереженні повноти обчислень і розв'язності. OWL DL отримала свою назву внаслідок того, що OWL Lite і OWL DL основані на **дескріпційних логіках** – мовах подання знань, що дозволяють описувати поняття предметної області в недвозначному, формалізованому вигляді [8].

Для полегшення розробки бази знань використовували **редактор онтологій** і середовище для побудови баз знань **Protégé** [9]. Редактор Protégé-Frames дає змогу користувачам будувати і заповнювати онтології, основані на фреймах, а редактор Protégé-OWL – онтології для семантичної павутини, зокрема мовою OWL.

Після того як були визначені задачі і мета розробки, користувачі, джерела експертної інформації, виконувався змістовний аналіз предметної області, виявлялись поняття і їх взаємозв'язки. Будувалась ієрархія класів понять. Клас OWL (*Class*) визначає групу індивідів, яких об'єднує наявність деяких загальних властивостей [6]. Клас може бути підкласом іншого класу (*rdfs:subClassOf*).

Приклад ієрархії класів зображено на рис. 1.

Індивідами OWL (*Individual*) називають представників класу. Для пов'язування індивідів між собою використовуються властивості (*rdf:Property*). Властивості поділяються на властивості-об'єкти (*ObjectProperty*) – їх значеннями є індивіди і властивості-значення (*DatatypeProperty*) – їх значеннями є дані типів XML Schema, наприклад, *xsd:string*, *xsd:integer*, *xsd:dateTime*. Так в нашу онтологію додані об'єктні властивості «є причиною» і «є наслідком». Кожна властивість володіє областю визначення (*rdfs:domain*), яка обмежує індивідів, до яких ця властивість може бути застосована, та діапазоном (*rdfs:range*), який обмежує індивідів, які можуть бути значенням цієї властивості. Областю визначення і діапазоном наших властивостей може бути базовий клас «Фактор». Властивості в OWL Lite можуть мати такі характеристики, які дозволяють їм бути інверсними (*inverseOf*), транзитивними (*Transitive Property*), симетричними (*SymmetricProperty*), мати унікальне значення (*FunctionalProperty*). Так, властивості «є причиною» і «є наслідком» є транзитивними і взаємно інверсними. Наприклад, їх інверсність дає змогу з твердження 1 (табл. 1) зробити логічний висновок - твердження 2, а транзитивність дає змогу з тверджень «нерівномірний розподіл навантажень по витках різьби є причиною концентрації напружень» і «концентрація напружень є причиною збільшення втоми» зробити логічний висновок: «нерівномірний розподіл навантажень по витках різьби є причиною збільшення втоми».

Властивості також можуть утворювати ієрархію за допомогою конструкції *rdfs:subPropertyOf*. Так, властивість «є причиною» могла б мати підвластивості «є причиною збільшення» та «є причиною зменшення».

В онтологію додано також властивість «величина» з діапазоном *xsd:string*, яка характеризує відносну величину фактора (великий, малий, оптимальний). Для прикладу, її значення «великий» може означати: «збільшення», «підвищення», «значний», «наявність» і т.д. Ця властивість дозволяє створювати такі індивіди, як «висока концентрація напружень», «низька концентрація напружень», «оптимальна довжина за різьбової канавки» і т.д.

OWL Lite підтримує також обмеження властивостей (вони задають, які значення можуть використовуватись представниками класів), обмежену кардинальність (скільки значень може використовуватись) та перетин класів. Проте ці конструкції не використовувались в нашій онтології.

Далі інформація з джерел перетворювалась в чітко формалізований вигляд для того, щоб її можна було закласти в базу знань. Це найбільш відповідальний і складний етап, оскільки не будь-які вихідні факти можна легко формалізувати. Наприклад, твердження «міцність згвинченого з'єднання при змінних навантаженнях вища, ніж не згвинченого» [4] можна формалізувати наступним чином (табл. 1).

Таблиця 1 – Факти бази знань у формалізованому вигляді

№ з/п	Суб'єкт	Предикат	Об'єкт
1	«згвинчування» (індивід класу Фактор)	«є причиною» (об'єктна властивість)	«зменшення втоми» (індивід класу Фактор)
2	«зменшення втоми» (індивід класу Фактор)	«є наслідком» (об'єктна властивість)	«згвинчування» (індивід класу Фактор)

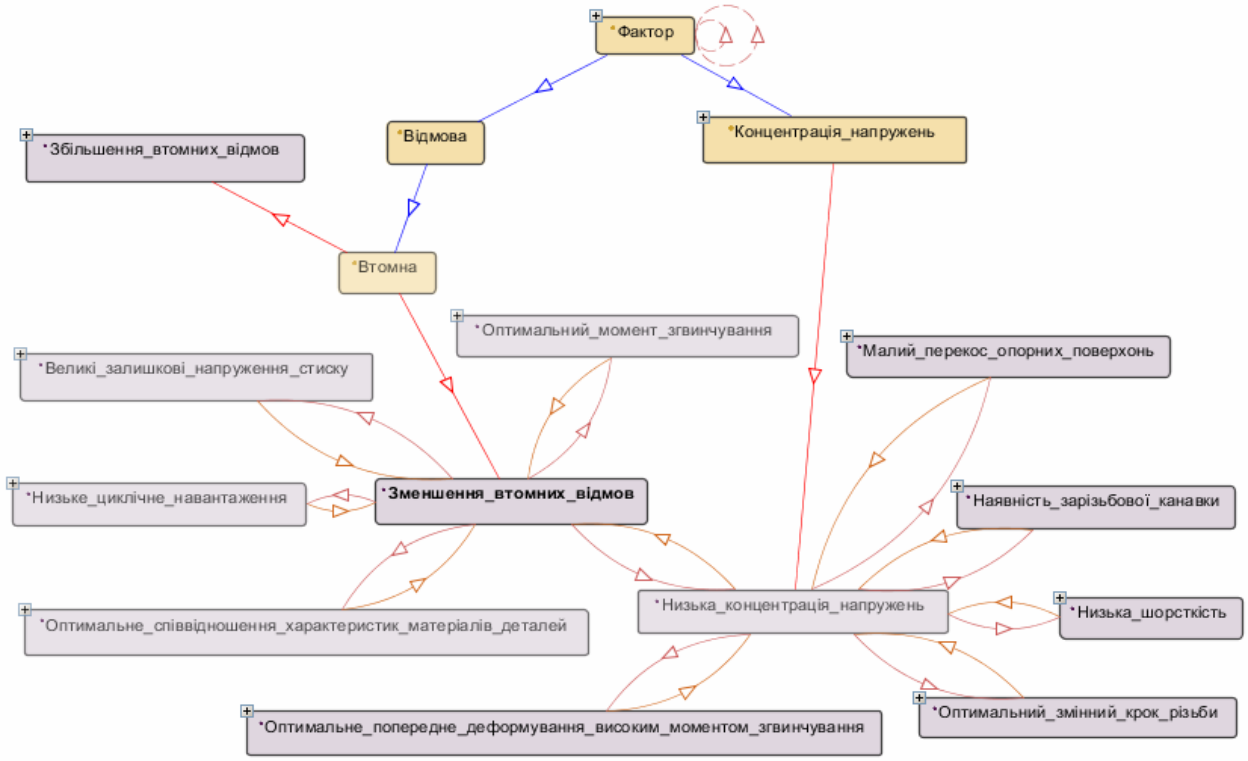

Рисунок 2 – Візуалізація частини онтології у вигляді семантичної мережі (дугами показані інверсні властивості «є наслідком»-«є причиною», прямими лініями – предикати «має підклас» та «має екземпляр»)

Покажемо приклад створення індивідів «Збільшення втомних відмов» та «Зменшення втомних відмов». Для першого індивіда значенням властивості «величина» є «великий», значеннями властивості «є наслідком» будуть індивіди «Значне циклічне навантаження», «Висока концентрація напружень», «Неоптимальний момент згвинчування» і т.д. Для другого індивіда властивість «величина» має значення «малий», а властивість «є наслідком» – «Низька концентрація напружень», «Оптимальний момент згвинчування», «Оптимальне співвідношення характеристик матеріалів болта та гайки» і т.д.

Protégé містить засоби перевірки онтології на наявність логічних протиріч, має багато додаткових модулів, зокрема для візуалізації онтології (рис. 2), а також засоби розробки запитів до бази знань, наприклад мовою SPARQL. Усе це дає змогу використовувати Protégé разом з розробленою базою знань як повноцінну експертну систему.

SPARQL – це **мова запитів до даних**, поданих за моделлю RDF, а також протокол для передавання цих запитів і відповідей на них [10]. Покажемо приклади створення запитів до нашої бази знань мовою SPARQL. Наступний запит знаходить усі наявні RDF триплети онтології.

```
SELECT *
WHERE {?s ?p ?o}
```

Іншими словами, цей запит вибирає все, що відповідає шаблону триплета `{?s ?p ?o}`, де `?s, ?p, ?o` - змінні. Перегляд результатів цього запиту дає змогу легко зрозуміти суть RDF (табл. 2).

Наступний запит знаходить усі прямі (безпосередні) причини зменшення втомних відмов.

```
SELECT ?x
WHERE
   {?x :є_причиною :
    Зменшення_втомних_відмов}
```

Інший спосіб цього запиту:

```
SELECT ?x
WHERE
   {_:y rdf:type :Втомна .
    _:y :величина "малий" .
     ?x :є_причиною _:y .}
```

Таблиця 2 – Деякі результати запиту

s (суб'єкт)	p (предикат)	o (об'єкт)
:Збільшення_втомних_відмов	rdf:type	:Втомна
:Збільшення_втомних_відмов	:величина	«великий»
:Висока_шорсткість	:є_причиною	:Висока_концентрація_напружень
:Момент_згвинчування	rdfs:subClassOf	:Складання
:Геометричні_параметри	rdf:type	owl:Class
:є_причиною	rdf:type	owl:ObjectProperty
:є_причиною	rdf:type	owl:TransitiveProperty
:є_причиною	rdfs:domain	:Фактор
:є_причиною	rdfs:range	:Фактор
:є_наслідком	owl:inverseOf	:є_причиною
:величина	rdfs:range	owl:oneOf {«великий» «малий» «оптимальний» «неоптимальний»}
:величина	rdf:type	owl:DatatypeProperty

Його слід читати так: знайти все, що є причиною екземплярів класу «Втомна» зі значенням властивості «величина» «малий».

Наступний запит знаходить усі прямі причини зменшення втомних відмов та усі прямі причини цих причин. Іншими словами, так можна знайти усі прямі та непрямі причини зменшення втомних відмов.

```
SELECT *
WHERE
    {{?x :є_причиною :
     Зменшення_втомних_відмов}
     OPTIONAL {?y :є_причиною ?x}}
```

Тут ключове слово `OPTIONAL` позначає необов'язкову складову шаблона і необхідне, оскільки непрямих причин може і не існувати.

Наступний запит знаходить усі прямі причини зменшення втомних відмов, назва яких містить вирази "напруж" або "різьб".

```
SELECT ?x
WHERE
    {?x :є_причиною :
     Зменшення_втомних_відмов.
     FILTER
    (regex(str(?x),"напруж","i") ||
     regex(str(?x),"різьб","i"))}
```

Висновок. Запропоновані принципи побудови баз знань можуть бути використані для розробки повноцінної бази знань та експертної системи з проблем надійності і довговічності різьбових з'єднань. Перевагою такого підходу до побудови бази знань є простота розробки та підтримка найсучасніших перспективних технологій інженерії знань. Ці принципи можна також використати для розробки інших баз знань в машинобудуванні.

Література

1 Субботін С. О. Подання й обробка знань у системах штучного інтелекту та підтримки прийняття рішень: навч. посіб. / С. О. Субботін. — Запоріжжя: ЗНТУ, 2008. — 341 с.

2 Гаврилова Т. А. Базы знаний интеллектуальных систем: учебник / Т.А Гаврилова, В.Ф.Хорошевский. — СПб.: Питер, 2000. — 384 с.: ил.

3 Джарратано Джозеф. Экспертные системы: принципы разработки и программирование; пер. с англ. / Джозеф Джарратано, Гари Райли. — М.: ООО «И.Д. Вильямс», 2007. — 1152 с.: ил.

4 Биргер И. А. Резьбовые и фланцевые соединения / И. А. Биргер, Г. Б. Иосилевич. – М.: Машиностроение, 1990. – 368 с.: ил.

5 Якушев А.И. Повышение прочности и надежности резьбовых соединений / А.И. Якушев, Р.Х. Мустаев, Р.Р. Мавлютов. – М.: Машиностроение, 1979. – 215 с.: ил.

6 OWL Web Ontology Language. Overview [Електронний ресурс]: W3C Recommendation 10 February 2004 / W3C. – Режим доступу: http://www.w3.org/TR/owl-features/

7 Resource Description Framework (RDF): Concepts and Abstract Syntax [Електронний ресурс]: W3C Recommendation 10 February 2004 / W3C. – Режим доступу: http://www.w3.org/TR/rdf-concepts/

8 Baader F. The Description Logic Handbook / F. Baader. — New York: Cambridge University Press, 2003. – 573 p.

9 A Practical Guide To Building OWL Ontologies Using The Protégé-OWL Plugin and CO-ODE Tools [Електронний ресурс] / Matthew Horridge, Holger Knublauch, Alan Rector, Robert Stevens, Chris Wroe. - Edition 1.0. – Manchester: The University Of Manchester, 2004. – Режим доступу: http://www.co-ode.org/resources/tutorials/ProtegeOWLTutorial.pdf

10 SPARQL Query Language for RDF [Електронний ресурс]: W3C Recommendation 15 January 2008 / W3C. – Режим доступу: http://www.w3.org/TR/rdf-sparql-query/

Стаття надійшла до редакційної колегії 13.09.10
Рекомендована до друку професором ***Я. М. Дрогомирецьким***