

УДК 004.652.8:621

О. Є. Скворчевський

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИНЦИПІВ ПОБУДОВИ БАЗ ДАНИХ ЗРАЗКІВ ВИСОКОТЕХНОЛОГІЧНОЇ МАШИНОБУДІВНОЇ ПРОДУКЦІЇ НА ОСНОВІ БАЗОВОЇ МОДЕЛІ ДАНИХ NATO CALS

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків

Анотація. Необхідність розвитку високотехнологічного машинобудування в Україні вимагає впровадження інформаційних технологій на всіх етапах життєвих циклів машинобудівної продукції. Це вимагає впровадження концепції Continuous Acquisition and Life-cycle Support (CALS), яка давно використовується в технологічно розвинених країнах для вищезазначених цілей. Збір та обробка даних, які генерує зразок високотехнологічної машинобудівної продукції, буде корисним для зменшення витрат при експлуатації, збільшення строку служби, підвищення швидкості організації ремонтних робіт, оптимізації за різними критеріями модернізації зразка високотехнологічної машинобудівної продукції, сприяє розробці нових аналогічних зразків машинобудівних виробів тощо.

Метою статті є визначення наукових основ використання базової моделі даних NATO CALS для побудови баз даних зразків високотехнологічної машинобудівної продукції, зокрема зразків озброєння та військової техніки. Поставлена мета досягається шляхом співставлення рекомендацій з керівних документів NATO та українських можливостей побудови інформаційних систем підприємствами машинобудівної галузі та експлуатантами їх продукції. Показано, що основні теоретичні підходи для побудови моделей даних зразків високотехнологічної машинобудівної продукції, наведені в керівних документах NATO з CALS-технологій та систем, є актуальними. Однак потрібні більш сучасні та доступні інструменти для побудови моделей даних та моделей баз даних, причому принципи семантичної розбивки продукту та виділення сутностей, зв'язків та атрибутів можуть бути взяті із керівних документів NATO практично без доповнень. У якості перспектив подальших досліджень пропонується провести порівняльний аналіз нотацій, мов моделювання та програмних продуктів, які їх реалізують для моделювання даних високотехнологічної машинобудівної продукції.

Ключові слова: CALS-концепція, модель даних NATO CALS, база даних, ER-діаграма, мова моделювання, PostgreSQL, семантична розбивка.

Анотация. Необходимость развития високотехнологического машиностроения в Украине требует введения информационных технологий на всех этапах жизненных циклов машиностроительной продукции. Это требует внедрения концепции Continuous Acquisition and Life-cycle Support (CALS), давно используемой в технологически развитых странах для вышеуказанных целей. Сбор и обработка данных, генерирующих образец высокотехнологической машиностроительной продукции, будет полезным для уменьшения затрат при эксплуатации, увеличения срока службы, повышения скорости организации ремонтных работ, оптимизации по разным критериям модернизации образца высокотехнологической машиностроительной продукции, способствовать разработке новых аналогичных образцов машиностроительных изделий и т.д.

Целью статьи является определение научных основ использования базовой модели данных NATO CALS для построения баз данных образцов высокотехнологической машиностроительной продукции, в том числе образцов вооружения и военной техники. Поставленная цель достигается путем сопоставления рекомендаций по руководящим документам NATO и украинским возможностям построения информационных систем предприятиями машиностроительной отрасли и эксплуатантами их продукции. Показано, что основные теоретические подходы к построению моделей данных образцов высокотехнологической машиностроительной продукции, приведенные в руководящих документах NATO по CALS-технологиям и системам, являются актуальными. Однако необходимы более современные и доступные инструменты для построения моделей данных и моделей баз данных, причем принципы семантической разбивки продукта и выделение сущностей, связей и атрибутов могут быть взяты из руководящих документов NATO практически без дополнений. В качестве перспектив дальнейших исследований предлагается провести сравнительный анализ нотаций, языков моделирования и программных продуктов, реализуемых для моделирования данных высокотехнологической машиностроительной продукции.

Ключевые слова: CALS-концепция, модель данных NATO CALS, база данных, ER-диаграмма, язык моделирования, PostgreSQL, семантическая разбивка.

Abstract. The need for the development of high-tech engineering in Ukraine requires the introduction of information technology at all stages of the life cycle of engineering products. This requires the implementation of the concept of Continuous Acquisition and Life-cycle Support (CALS), which has long been used in technologically advanced countries for the above purposes. Collection and processing of data generated by a sample of high-tech engineering products will be useful to reduce operating costs, increase service life, increase the speed of repair work, optimize according to various criteria of modernization of high-tech engineering products, promote the development of new similar samples of engineering products.

The aim of the article is to determine the scientific basis for using the basic NATO CALS data model to build databases of samples of high-tech engineering products, including samples of weapons and military equipment. This goal is achieved by comparing the recommendations of NATO guidelines and Ukrainian opportunities to build information systems by machine-building enterprises and operators of their products. It is shown that the main theoretical approaches for building models of these samples of high-tech engineering products, given in the NATO guidelines on CALS-technologies and systems, are relevant. However, more modern and accessible tools are needed to build data models and database models, and the principles of semantic product breakdown and identification of entities, links and attributes can be taken from NATO guidelines almost without additions. As prospects for further research, it is proposed to conduct a comparative analysis of notations, modeling languages and software products that implement them for modeling data of high-tech engineering products.

Keywords: CALS-concept, NATO CALS data model, database, ER-diagram, modeling language, PostgreSQL, semantic breakdown.
DOI: <https://doi.org/10.31649/1999-9941-2021-52-3-36-43>.

Вступ

З інтенсивним розвитком технологій великих даних та машинного навчання дані стали не менш цінним активом, ніж матеріальні ресурси. Зразки високотехнологічної машинобудівної продукції, зокре-

ма озброєння та військової техніки, генерують велику кількість даних на усіх етапах своїх життєвих циклів. Збір та обробка цих даних буде корисною для зменшення витрат при експлуатації, збільшення строку служби, підвищення швидкості організації ремонтних робіт, оптимізувати за різними критеріями модернізацію зразка високотехнологічної машинобудівної продукції, сприяти розробці нових аналогічних зразків машинобудівних виробів тощо. Для здійснення збору, зберігання та обробки даних високотехнологічної машинобудівної продукції дуже корисними є ідеї концепції Continuous Acquisition and Life-cycle Support (CALS). CALS-концепція зародилася в США в середині 80-х років XX ст. та зараз активно використовується західними розробниками, виробниками та експлуатантами високотехнологічної машинобудівної продукції. На жаль, в країнах Балтійсько-чорноморського регіону, зокрема в Україні, до цієї концепції тільки починає з'являтися інтерес.

Аналіз останніх досягнень та публікацій в напрямку досліджень

До недавнього часу наукова публікаційна активність в напрямку CALS-концепції в Україні обмежувалася оглядовими статтями [1-3 та ін.]. Лише останні два-три роки в Україні з'являються дослідження наукових основ впровадження CALS-технологій та систем у високотехнологічне машинобудування України.

Так, у статті [4] вивчаються питання організації систем вбудованого контролю зразків озброєння і військової техніки. Ідентифіковані основні причини, що заважають застосуванню CALS систем та технологій до комплексів і систем озброєння виробництва часів СРСР. Описані основні напрямки розвитку систем технічної діагностики. Визначені найбільш доцільні методи діагностичного контролю автоматизованим або автоматичним способом. Підкреслюється, що передача інформації про технічний стан зразків озброєння та військової техніки, що фіксується автоматично засобами діагностичного контролю, є тим зворотнім зв'язком, що пов'язує військові частини з розробниками та виробниками. Показана важливість стандарту [5] для практичного застосування CALS систем та технологій до супроводження життєвих циклів зразків озброєння та військової техніки. Автори статті [4] зробили висновок, що розробка та широке застосування систем автоматизованого контролю та діагностики зразків озброєння та військової техніки дозволить наблизити процеси технічного забезпечення до стандартів, прийнятих у провідних країнах – членах систем колективної безпеки. Показана важливість створення баз даних зразків озброєння та військової техніки.

Незважаючи на високе науково-практичне значення роботи, [4] вона орієнтована на радіолокаційні станції та зенітно-ракетні комплекси. Пропонуються методи діагностики та збору даних для радіоелектронного та радіотехнічного обладнання, в той же час питання діагностики механічних, гідравлічних та пневматичних вузлів та агрегатів залишаються відкритими. Підкреслюється доцільність створення бази даних зразка озброєння та військової техніки, однак конкретні принципи створення такої бази даних не зазначені.

Стаття [6] вивчає підходи до розробки інтегрованої бази даних зразка озброєння (Integrated Weapon System Data Base (IWSDB)). Показано, що найважливішою функцією IWSDB є створення набору електронних технічних документів (electronic technical documentation (ETD)), включаючи інтегративну документацію з роботи і обслуговування (interactive operational and maintenance documentation (IOMD)). Показано, що набір такої документації зазвичай має форму когерентної сукупності електронних публікацій розташованих в єдиній базі даних. Структура набору IOMD встановлюється специфікацією ASD S1000D (International Specification For Technical Publications Utilizing A Common Source Database). Наводиться схема для ролі і місця IOMD в життєвому циклі продукту.

Робота [6] безумовно має фундаментальний та інноваційний характер для України та цілому для Балтійсько-чорноморського регіону. Однак, можливо, концепція інтегрованої бази даних зразка озброєння (Integrated Weapon System Data Base (IWSDB)), запропонована в статті [6], не буде повною мірою відповідати викликам Індустрії 4.0 через відсутність модулів для інтерактивної взаємодії із датчиками зразка машинобудівної продукції. Автори [6] не розглянули поняття моделі даних, а вона значною мірою визначає схему бази даних [7-9 та ін.].

В роботах [10-13 та ін.] розглядаються питання пов'язані із впровадженням моделі даних NATO CALS в оборонно-промисловому комплексі і силових структурах України та країн Балтійсько-чорноморського регіону. В статтях [10-13 та ін.] показано, що одним із найважливіших інструментів CALS-концепції менеджменту даних є модель даних NATO CALS (NATO CALS Data Model). Проаналізована модель даних NATO CALS на предмет її впровадження в менеджмент даних високотехнологічного машинобудування України та інших країн Балтійсько-чорноморського регіону. Модель даних NATO CALS аналізувалася за NATO CALS Handbook як основним керуючим документом НАТО із впровадження CALS-концепції, а також іншими допоміжними джерелами. Встановлено, що переваги застосування моделі даних NATO CALS у менеджменті даних високотехнологічного машинобудування дадуть змогу Україні та іншим країнам Балтійсько-чорноморського регіону значно підвищити конкурентоздатність вказаної галузі.

В [10-13 та ін.] показано, що перепони на шляху впровадження CALS-концепції в Україні зокрема моделі даних NATO CALS, зводяться до двох основних причин – розуміння вищим менеджментом машинобудівних підприємств необхідності впровадження інформаційних технологій та практичної відсутності в Україні кадрового забезпечення у сфері CALS технологій та систем. Ці проблеми можуть вирішуватися за рахунок збільшення публікаційної активності в напрямі досліджень для підвищення інтересу наукового співтовариства, менеджменту підприємств та широкої спільноти в Україні та інших країнах Балтійсько-чорноморського регіону до CALS-концепції.

Однак багато питань використання моделі даних NATO CALS (NATO CALS Data Model (NCDM)) при побудові баз даних високотехнологічних машинобудівних виробів залишаються відкритими. Тим більше, що модель даних NATO CALS це не один, а група підходів до відображення семантики даних та побудови діаграм "сутність-зв'язок" (ER-діаграм) для подальшої побудови баз даних високотехнологічних машинобудівних виробів, зокрема зразків озброєння та військової техніки.

Задачею дослідження

Розробка науково-практичних основ впровадження базової моделі NATO CALS для побудови баз даних високотехнологічної машинобудівної продукції, зокрема зразків озброєння та військової техніки.

Аналіз та узагальнення досвіду використання базової моделі NATO CALS для побудови баз даних високотехнологічної машинобудівної продукції

Перш за все відзначимо, що модель даних NATO CALS є не чіткою догмою, а дуже гнучким засобом семантичної розбивки даних, що генерують зразки високотехнологічних машинобудівних виробів протягом своїх життєвих циклів. В першу чергу проаналізуємо інформацію про базову модель даних NATO CALS (CoreModel) наведену в основному керуючому документі NATO із CALS технологій та систем [7]. Її сутність полягає в наступному:

- ідентифікація продукту;
- структура продукту (як продукти використовуються для створення інших продуктів);
- визначення продуктів, включаючи функціональні та інші характеристики.

Найважливішою сутністю при моделюванні даних високотехнологічних машинобудівних виробів є «продукт». Саме за цією сутністю відбувається функціональна розбивка. Як і багато інших принципів, CALS-концепція запозичила поняття «продукт» із стандартів STEP (STandard for Exchange of Product model data) [14 та ін.], де продукт визначається як «річ або речовина, отримана природним шляхом або шляхом виробництва». Таким чином термін «продукт» тут має дуже загальне значення, від дуже складних виробів, до звичайної гайки. NCDM слідує формі STEP і використовує STEP-підхід до визначення структури продукту. Під структурою продукту розуміють спосіб, яким один продукт збирається з інших продуктів. Потім була додана можливість визначати інші характеристики продукту, такі як функціональна або зональна розбивка. Ці додаткові характеристики надалі використовуються для прикріплення пов'язаної інформації. Виходячи з STEP, NCDM слідує ідеї про те, що сутність продукту представляє основна концепція продукту, тобто його ідентичність, а не інформацію, пов'язані із продуктом. Така інформація включає ідентифікацію, будь-які версії, а також будь-яку іншу інформацію, яка визначає характеристики продукту. Це дає відповідну точку для моделювання, як показано на рис. 1.

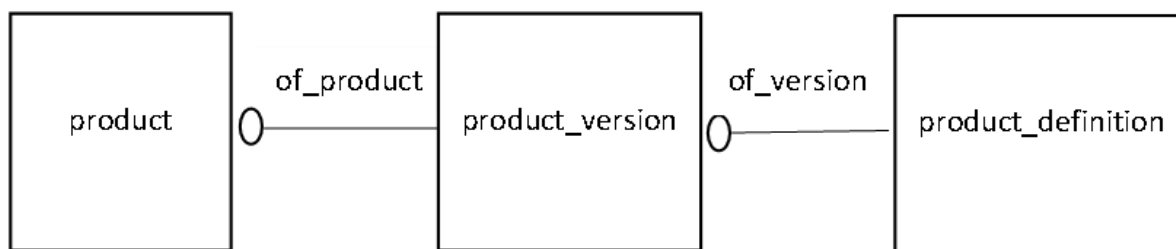


Рисунок 1 – Сутності продукту [7]

Це дозволяє мати декілька версій одного продукту і багато визначень цього продукту. Сутність product_definition розглядається як набір даних, які визначають використання продукту для даної мети. Це дає можливість мати кілька різних визначень продуктів для різних логістичних цілей. NCDM не вимагає наявності одного підходу поверх іншого і не вимагає створення однієї форми раніше іншої. Розглянемо як реалізуються ці принципи розбивки згідно із [7].

Перш за все розглянемо структуру продукту для проектування і виробництва. Джерело [7] взяло цю частину моделі з невеликою кількістю змін з інтегрованих ресурсів STEP (ISO 10303, частини 41 і 44). Основна частина моделі визначає мережу взаємопов'язаних визначень продукту, де визначення збірки пов'язано з визначеннями частин продукту, використовуваних в збірці.

На практиці збірка, як правило, обробляється за допомогою сутності `next_assembly_usage_occurrence`. Це фіксує той факт, що одна частина (або, точніше, `product_definition` для деталі) використовується як компонент у збірці (а точніше `structured_product_definition` (SPD) збірки). Графічно це представлено на рис. 2. Причому `next_assembly_usage_occurrence` (NAUO) є асоціативною сутністю, тобто з'єднує екземпляри сутностей різних типів, а також містить атрибути, характерні для зв'язку між цими сутностями.

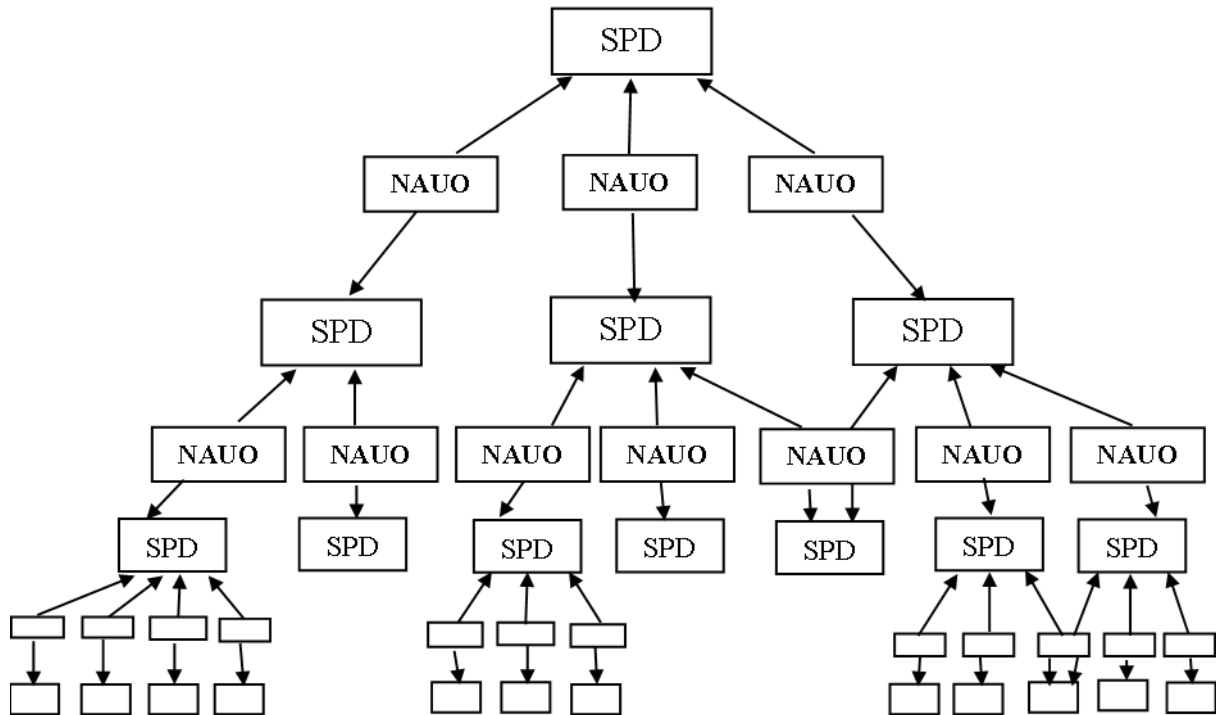


Рисунок 2 – Приклад структури продукту

Атрибут `name` об'єкта `next_assembly_usage_occurrence` повинен використовуватися для зберігання ідентифікатора конкретного місця, де використовується компонент. Це відповідає використанню двох різних `Logistic Support Analysis (LSA) Control Number (LCN)` для роботи, наприклад, з лівим і правим розміщенням насоса, двічі використовуваного в одному і тому ж двигуні. Ця ситуація показана на рис. 2, де два об'єкти `next_assembly_usage_occurrence` вказують на одну і ту ж складову частину.

Також згідно із [7] розглянемо структуру продукту для логістичної розбивки і подальшої побудови моделі даних. Усі вони в визначають ієрархію розбивки та розглядаються в `NCDM` як рівноправні. Відправною точкою розбивки є сутність `breakdown_` (свого роду визначення продукту), яка ідентифікує конкретну розбивку за ім'ям та описом (вони є у всіх визначеннях продукту) і вказує тип розбивки (наприклад, «функціональний»). У `NCDM` допускається ряд стандартних типів і можуть бути вказані додаткові типи. Сутність `breakdown_` також вказує на початкові елементи розбивки. Зазвичай для розбивки з одним коренем буде лише один початковий елемент. Після цього додаткові рівні розбивки задаються за допомогою сутностей `element_relationship`. Принципи такої розбивки виконаної мовою моделювання `EXPRESS-G` показано на рис. 3 [7].

Сутність `breakdown_` має атрибут під назвою «`form`», який використовується для визначення форми логіки, яка застосовується при створенні семантичної розбивки. Для цього передбачено кілька стандартних підходів, а також можливість визначати «нестандартні» форми розбивки. До стандартних форм відносяться наступні: каталожна, функціональна, гібридна, фізична, системна і зональна. Принцип розбивки вказує на критерії, які використовуються інженером з логістики при визначенні елементів в структурі моделі даних. Гібридна форма передбачає комбіновану фізично-функціональну розбивку і не повинна використовуватися для інших комбінацій.

У кожного елемента в розбивці є ідентифікатор. Це позиція в `NCDM`, яку можна використовувати для утримання `LCN`. Існує окрема сутність `element_definition`, на яку посилається сутність `element_`. Це дозволяє використовувати загальне визначення (без дублювання) для двох елементів в різних семантичних розбивках. Таким чином, загальний набір визначень елементів може бути послідовно застосований до кількох розбивок в рамках однієї або декількох систем. Це відповідає використанню стандартизованих логістичних термінів конкретною організацією.

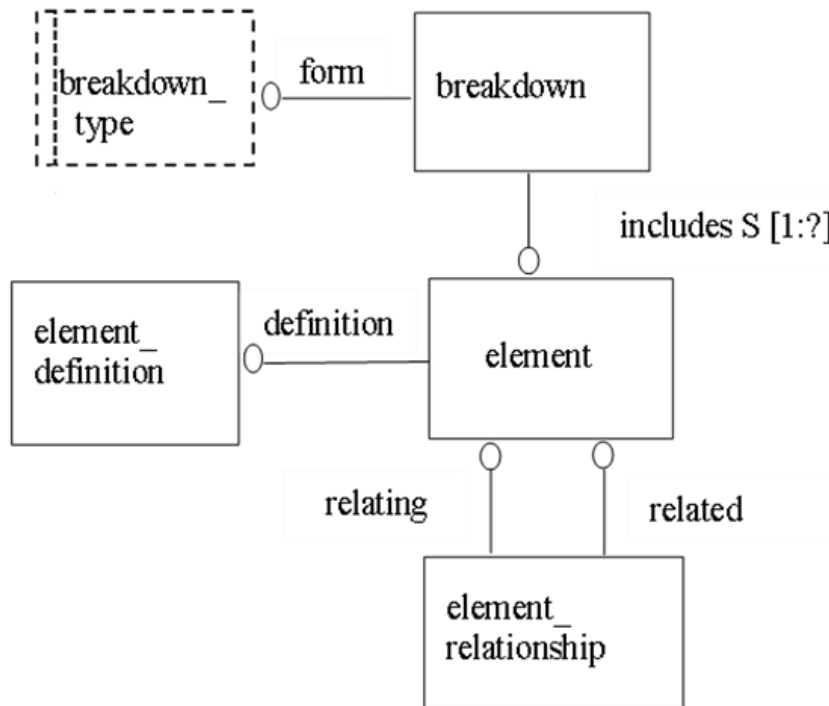


Рисунок 3 – EXPRESS-G of Breakdown [7]

Наявність у кожного визначення елемента необов'язкового атрибуту «form» необхідно при визначенні гібридних розбивок і дозволяє визначити природу даного елемента в розбивці (функціональний або фізичний). Стандартні значення для цих атрибутів наступні:

- фізичний: елемент представляє рівень у фізичній розбивці або фізичну частину в гібридній розбивці;
- функціональний: елемент представляє рівень у функціональній розбивці або функцію в гібридній розбивці;
- зональний: елемент представляє зону в зональній розбивці;
- каталожний: елемент представляє рівень в розбивці каталогу;
- системний: елемент представляє рівень в розбивці системи;
- груповий: елемент визначається як element_group [7].

Є два конкретних підтипу сутності element_, а саме:

- element_group використовується для визначення елемента в розбивці, який є точкою збірки для інших елементів. Це використовується, щоб відобразити логічну структуру рисунків та креслень в каталогах деталей, де креслення використовується для визначення групи деталей.

- LSA_element - містить додаткову інформацію про те, чи повинен елемент розглядатися як кандидат для аналізу логістичної підтримки.

Зв'язки між елементами фіксуються за допомогою сутності element_relationship. Це також вірно для зв'язків між рівнями відступу в традиційній схемі нумерації LCN. Так в [7] наведено наступний приклад для нумерації LCN :

Таблиця 1– Приклад для нумерації LCN

id	Назва
28	Паливна система
2801	Система зберігання палива
2802	Система нагнітання палива

Між елементом з ідентифікатором 28 і елементом з ідентифікатором 2801 буде явний взаємозв'язок елементів (зверніть увагу, що також є допустимим вказувати ідентифікатор елемента системи зберігання палива 01. Той факт, що система зберігання палива є частиною паливної системи, фіксується явним взаємозв'язком, і тому більше немає необхідності повторювати «28» в ідентифікатор елемента системи зберігання палива.).

У NCDM визначено кілька типів відносин між елементами `element_relationship`. Вони необхідні для визначення різних типів зв'язків, встановлених для розбивок, використовуваних в даний час для логістики, в MIL-STD-1388 LSAR або в розбивках, встановлених для каталогів і посібників.

Дозволені наступні типи відносин між елементами:

- `alternate_element_relationship`: два елементи на одному рівні розбивки чергуються один з одним;
- `element_equivalence_relationship`: два елементи еквівалентні один одному;
- `sub_element_relationship`: один елемент є піделементом іншого. (Цей тип, який використовується для відображення нового рівня відступу в структурі LCN.);
 - `element_conversion_factor`: використовується для визначення того, як узагальнюються значення, пов'язані з елементом (наприклад коли визначається річне використання);
 - `element_group_membership`: використовується, щоб показати, що елемент включений в групу елементів. (аналог того, що деталь включена у збірочне креслення);
 - `element_group_relationship`: використовується, щоб показати, що дві `element_group` (креслення) пов'язані [7].

Вище були розглянуті можливості використання в NCDM двох різних типів семантичної розбивки високотехнологічного машинобудівного продукту. Один з підходів використовує стандарти групи STEP для явного визначення співвідношення збірки та її частин. Тут визначення продукту для будь-якої зібраної деталі стає мережею пов'язаних визначень інших продуктів (її частин). Цей підхід, як правило, використовується на етапі проектування та виробництва високотехнологічного машинобудівного виробу. Інший підхід до визначення продукту поширений в логістиці, тобто на етапі експлуатації високотехнологічного машинобудівного виробу. Тут використовується розбивка, яка застосовується до продукту/системи і всіх її складових частин/функцій в цілому і в основу якої покладені дещо інші принципи: функціональний, каталожний, фізичний тощо. NCDM не вимагає наявності одного типу розбивки поверх іншого і не вимагає створення однієї форми раніше іншої [7].

Висновки та перспективи подальших досліджень

Посібник [7] дає дуже корисні рекомендації по семантичній розбивці високотехнологічного машинобудівного продукту, визначенню сутностей, зв'язків між ними, атрибутів сутностей. Реалізація побудови діаграм "сутність-зв'язок" (ER-діаграм) пропонується здійснювати із використанням стандартної мови моделювання даних про виробництво EXPRESS. Але для використання цієї мови моделювання в Україні та і у інших країнах Балтійсько-чорноморського регіону немає кадрового забезпечення. Це було встановлено в ході аналізу сайтів із пошуку роботи в IT секторі. Мотивувати IT-спеціалістів вивчати мову моделювання EXPRESS неефективно через ряд причин, а саме неспівставність рівня оплати праці в IT-галузі та машинобудуванні України, вузький спектр застосування цієї мови, певний час, необхідний на її опанування. В рамках даної роботи пропонується зберігати принципи моделювання даних запропонованих в [7], як основному керуючому документі NATO, та стандартах групи STEP. Тим більше, що ці принципи можуть бути застосовані для побудови ER-діаграм із використанням інших мов моделювання. У якості перспектив подальших досліджень пропонується провести порівняльний аналіз нотацій, мов моделювання та програмних продуктів, які їх реалізують для моделювання даних високотехнологічної машинобудівної продукції.

У якості системи управління базами даних високотехнологічної машинобудівної продукції пропонується використовувати PostgreSQL, а не ORACLE, як це пропонується в [7]. Таке рішення обумовлено в першу чергу тим, що PostgreSQL системою управління базами даних, що розповсюджується за ліцензією вільного доступу. Вона має широкий функціонал для роботи із даними різної природи, які виникають на усіх етапах життєвого циклу високотехнологічної машинобудівної продукції, зокрема зразків озброєння та військової техніки.

Окрім базової моделі NATO CALS (CoreModel) існує декілька інших принципів моделювання даних в CALS-концепції. Їх вивчення також відноситься до перспектив подальшої наукової роботи із впровадження CALS-концепції в високотехнологічне машинобудування України та інших країн Східної Європи.

Список літератури

- [1] В. В. Воїнов, "Інтегрована логістична підтримка зразків озброєння та військової техніки", *Системи озброєння і військова техніка*, № 1 (37), с. 12–15. 2014.
- [2] О. Є. Скворчевський, "Аналіз зарубіжного досвіду побудови CALS-технологій для управління життєвим циклом озброєння та військової техніки", *Вісник Нац. техн. ун-ту XIII. Економічні науки*, № 48 (1220), с. 75–80. 2016.
- [3] О. Є. Скворчевський, "CALS-концепція логістичної підтримки життєвого циклу озброєння та військової техніки: національні аспекти впровадження", *Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони = Modern Information Technologies in the Sphere of Security and Defence*, № 1 (34), с. 45–52. 2019.

- [4] В. В. Воїнов, М. Б. Бровко, та Д. М. Запара "Автоматизований контроль технічного стану зразка ОВТ, як одна з умов інтеграції до середовища CALS", *Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України*, № 1, с. 178-181. 2015.
- [5] Ministry of Defence. *Integrated logistic support: Defence Standart 00-60*. Issue 5, 24 May, 2002.
- [6] V. Voinov, G. Kachurovski, A. Shevchenko, and O. Gurin "Creating a database of existing weapon system", у *Актуальні питання розвитку Збройних Сил : зб. наук. пр. Харк. нац. ун-ту Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба*, № 3 (57), с. 38–42. 2018.
- [7] NATO CALS handbook, 2000. [Електронний ресурс]. Доступно: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.194.9777&rep=rep1&type=pdf>. Дата звернення: Січ. 19, 2020.
- [8] К. Дж. Дейт, *Введение в системы баз данных = Introduction to Database Systems*. Москва, Росія : Вильямс, 2006.
- [9] М. Р. Коголовский, *Перспективные технологии информационных систем*. Москва, Росія : ДМК Пресс ; Компания АйТи, 2003.
- [10] О. Є. Скворчевський, "Перспективи використання моделі даних NATO CALS в інноваційному машинобудуванні країн Балтійсько-чорноморського регіону", *Розвиток транспорту = Transport development*, № 2 (7), с. 73-85. 2020. [Електронний ресурс]. Доступно: <http://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/52640>. Дата звернення : Січ. 19, 2020.
- [11] О. Є. Скворчевський, "Модель даних NATO CALS в оборонно-промисловому комплексі та силових структурах України", на *2-ї міжнар. наук.-практ. конф. Комп'ютерні технології і мехатроніка : зб. наук. пр.* Харків, Україна : ХНАДУ, с. 425-428. 2020. [Електронний ресурс]. Доступно: <http://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/50727>. Дата звернення : Січ. 19, 2020.
- [12] О. Є. Скворчевський, "NATO CALS Data Model в менеджменті даних наукомісткого машинобудівного виробу", на *3-ї міжнар. наук.-метод. конф. 27 трав. 2021 р. Комп'ютерні технології і мехатроніка = Computer Technology and Mechatronics : зб. наук. пр., О. Я. Ніконов, Ред.* Харків, Україна: ХНАДУ, с. 194–196. 2021. [Електронний ресурс]. Доступно: <http://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/53261>. Дата звернення : Січ. 19, 2020.
- [13] О. Є. Скворчевський, "Організація моделі даних NATO CALS" на *29-й міжнар. наук.-практ. конф. MicroCAD–2021, [18-20 трав. 2021 р.] : у 5 ч. Ч. 1. Інформаційні технології : наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я = Information technologies : science, engineering, technology, education, health : тези*, Є. І Сокол, Ред. Харків, Україна : Планета-Прінт, с. 118. 2021. [Електронний ресурс]. Доступно: <http://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/53260>. Дата звернення : Січ. 19, 2020.
- [14] Системи промислової автоматизації та інтеграції. Подання даних щодо виробів та обміну даними. Ч.101. Інтегровані прикладні ресурси. Кресленики (ISO 10303-101:2019, IDT) : ДСТУ ISO 10303-101:2019, Чинний від 2020-01-01 / ДП «УкрНДНЦ». Київ, Україна, 2020.

Стаття надійшла: 23.11.2021.

References

- [1] V. V. Voinov, «Intehrovana lohystychna pidtrymka zrazkiv ozbroiennia ta viiskovoi tekhniky», *Sistemi ozbroënnâ i vijs'kova tehnikâ*, vyp. 1 (37), s. 12–15. 2014 [in Ukrainian].
- [2] О. Ye. Skvorchevskiy, «Analiz zarubizhnoho dosvidu pobudovy CALS-tekhnologii dlia upravlinnia zhyttievym tsyklom ozbroiennia ta viiskovoi tekhniky». *Visnik Nacional'nogo tehničnogo universitetu "HPİ". Ekonomichni nauky*, vyp. 48 (1220), s. 75–80. 2016 [in Ukrainian].
- [3] О. Ye. Skvorchevskiy, «CALS-kontseptsiia lohystychnoi pidtrymky zhyttievoho tsyклу ozbroiennia ta viiskovoi tekhniky: natsionalni aspekty vprovadzhennia», *Modern Information Technologies in the Sphere of Security and Defence*, vyp. 1 (34), s. 45–52. 2019 [in Ukrainian].
- [4] V. V. Voinov, M. B. Brovko, and D. M. Zapara, «Avtomatyzovanyi kontrol tekhnichnoho stanu zrazka OVT, yak odna z umov intehratsii do seredovyshcha CALS», *Nauka i tehnikâ povitrânih sil zbrojnih sil Ukraïni*, vyp. 1, s. 178-181. 2015 [in Ukrainian].
- [5] Ministry of Defence. *Integrated logistic support: Defence Standart 00-60*. Issue 5, 24 May, 2002.
- [6] V. Voinov, G. Kachurovski, A. Shevchenko, and O. Gurin, "Creating a database of existing weapon system", *Zbìrnik naukovih prac' Harkivs'kogo universitetu povitrânih sil. Kharkiv: Kharkivskiy natsionalnyi universytet Povitrianykh Syl im. Ivana Kozhedub*, vyp. 3 (57), s. 38–42. 2018 [in English].
- [7] NATO CALS handbook. (2000). [Online]. Available: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.194.9777&rep=rep1&type=pdf>. (accessed January 07, 2020) [in English].
- [8] K. Dzh. Dejt, *Vvedenie v sistemy baz dannyh. Introduction to Database Systems*. Moskva, Rosija: Vil'jams, 2006 [in Russian].
- [9] M. R. Kogalovskij, *Perspektivnye tehnologii informacionnyh sistem*. Moskva, Rosija: DMK Press; Kompanija AjTi, 2003 [in Russian].

- [10] O. Ye. Skvorchevskiy, «Perspektyvy vykorystannia modeli danykh NATO CALS v innovatsiinomu mashynobuduvanni krain Baltiisko-chornomorskoho rehionu», *Transport development*, vyp. 2(7), s. 73-85. 2020. [Online]. Available: URL: <http://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/52640> (accessed Jan 17, 2020) [in Ukrainian].
- [11] O. Ye. Skvorchevskiy, «Model danykh NATO CALS v oboronno-promyslovomu kompleksi ta sylovykh strukturakh Ukrainy», *Computer Technology and Mechatronics: zb. nauk. pr. 2-yi mizhnar. nauk.-prakt. konf.* Kharkiv, Ukraina: KhNADU, s. 425-428. 2020. [Online]. Available: URL: <http://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/50727> (accessed Jan 19, 2020) [in Ukrainian].
- [12] O. Ye. Skvorchevskiy, «NATO CALS Data Model v menedzhmenti danykh naukomistkoho mashynobudivnoho vyrobu», *Computer Technology and Mechatronics. zb. nauk. pr., O. Ya. Nikonov (red.)*. Kharkiv, Ukraina: KhNADU, s. 194-196. 2021. [Online]. Available: URL: <http://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/53261> (accessed Jan 19, 2020) [in Ukrainian].
- [13] O. Ye. Skvorchevskiy, Orhanizatsiia modeli danykh NATO CALS, 29-y mizhnar. nauk.-prakt. konf. MicroCAD–2021. *Information technologies : science, engineering, technology, education, health: tez-y, Ye. I Sokol (red.)*. Kharkiv, Ukraina: Planeta-Print, s. 118. 2021. [Online]. Available: URL: <http://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/53260> (accessed Jan 19, 2020) [in Ukrainian].
- [14] Ukrainian Research and Training Center of Standardization, Certification and Quality. (2020). *Systemy promyslovoi avtomatyzatsii ta intehratsii. Podannia danykh shchodo vyrobiv ta obminu danymy. Chastyna 101. Intehrovani prykladni resursy. Kreslenyky. (ISO 10303-101:2019, IDT) : DSTU ISO 10303-101:2019, Chynnyi vid 2020-01-01 Kyiv, Ukraina, 2020* [in Ukrainian].

Відомості про автора

Скворчевський Олександр Євгенович – кандидат технічних наук, доцент, докторант кафедри інформаційних технологій і систем колісних та гусеничних машин імені О. О. Морозова.

А. Е. Скворчевский

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИНЦИПОВ ПОСТРОЕНИЯ БАЗ ДАННЫХ ОБРАЗЦОВ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ НА ОСНОВЕ БАЗОВОЙ МОДЕЛИ ДАННЫХ NATO CALS

Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», Харьков

A. Y. Skvorchevsky

STUDY OF THE PRINCIPLES OF BUILDING DATABASES OF HIGH-TECH MACHINE-BUILDING PRODUCTS BASED ON THE BASIC NATO CALS DATABASE MODEL

National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv