

НОРМАТИВНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРЕДСТАВЛЕНЬ ПРИКЛАДНИХ ІНТЕРПРЕТОВАНИХ КОНСТРУКЦІЙ ГЕОМЕТРИЧНИХ МОДЕЛЕЙ У STEP

За матеріалами проведення поглибленого бібліографічного пошуку і опрацювання оригінальних першоджерел (зокрема стандартів та актуальних публікацій англійською мовою) проведено всебічний різноаспектний аналіз методології геометричного моделювання у STEP, за підсумками якого розроблено зручні для застосування табличні та графічні відображення взаємозв'язків різних аспектів геометричного моделювання продукту у STEP. Порівняльна різноаспектна характеристика різних методів геометричного моделювання, унормованих STEP, наведена у вигляді таблиць. Розроблені методичні матеріали сприятимуть опануванню стандартів STEP фахівцями та їхньому застосуванню у практиці проектування.

Ключові слова: STEP, геометричне моделювання, каркасне подання, граничне подання, поверхневе подання, твердотільне подання, B-сплайни, NURBS.

Сучасне високоавтоматизоване виробництво складної наукоємної продукції та її подальша ефективна експлуатація вимагає суцільної безперервної наскрізної інформаційної підтримки усього її життєвого циклу, що вирішується за допомогою сучасних CALS-технологій [1]. Відповідно до цього в Україні виникає гостра проблема опанування та впровадження складного комплексу міжнародної нормативно-технічної документації щодо CALS-технологій. Це повною мірою стосується й сфери геометричного моделювання. Нещодавно в Україні у якості національних стандартів прийняті стандарти ISO, зокрема STEP (англ. *Standard for Exchange of Product model data*) – стандарт обміну даними моделі виробу/продукту між різними системами, що забезпечують його життєвий цикл, який являє собою вельми розвинену, добре структуровану, числену (зараз – понад 400 стандартів) й динамічну серію стандартів 10303 Міжнародної організації зі стандартизації (ISO). Відповідно постає проблема розроблення методичних матеріалів з ефективного застосування стандартів STEP, зокрема у сфері геометричного моделювання.

Метою цієї роботи є створення зручних для застосування табличних та графічних відображень взаємозв'язків різних аспектів геометричного моделювання продукту у STEP на ґрунті всебічного різноаспектного аналізу методології геометричного моделювання, реалізованої у STEP, за матеріалами проведення поглибленого бібліографічного пошуку і опрацювання оригінальних першоджерел (зокрема стандартів та актуальних публікацій англійською мовою – відповідний «Тематичний бібліографічний покажчик» авторів містить 48 таких джерел).

Загальні ресурси для подання геометричної форми у STEP можуть бути класифіковані в наступні 4 категорії [5]:

- інтегровані родові ресурси: для подання спільних форм та структур продукції (сюди входять частини 42, 43 та 44);
- прикладні інтерпретовані конструкції (AIC): методи подання форми визначаються AIC (частини 5XX);
- методологія параметричного проектування: різні методи визначаються в інтегрованих ресурсах (частини 55, 108, 111 та 112);
- інші форми подання взаємопов'язаних частин: вищезазначені форми подання відповідних частин, які включені в загальні ресурси STEP; інша частина, яка з'єднує форми подання методів для промислового виробництва – AP (прикладний протокол).

Чотири вищенаведені категорії структуровані в ієрархію, у якості основи у нижній частині, та більш орієнтовані на додатки у вищих рівнях, як показано на рис. 1.

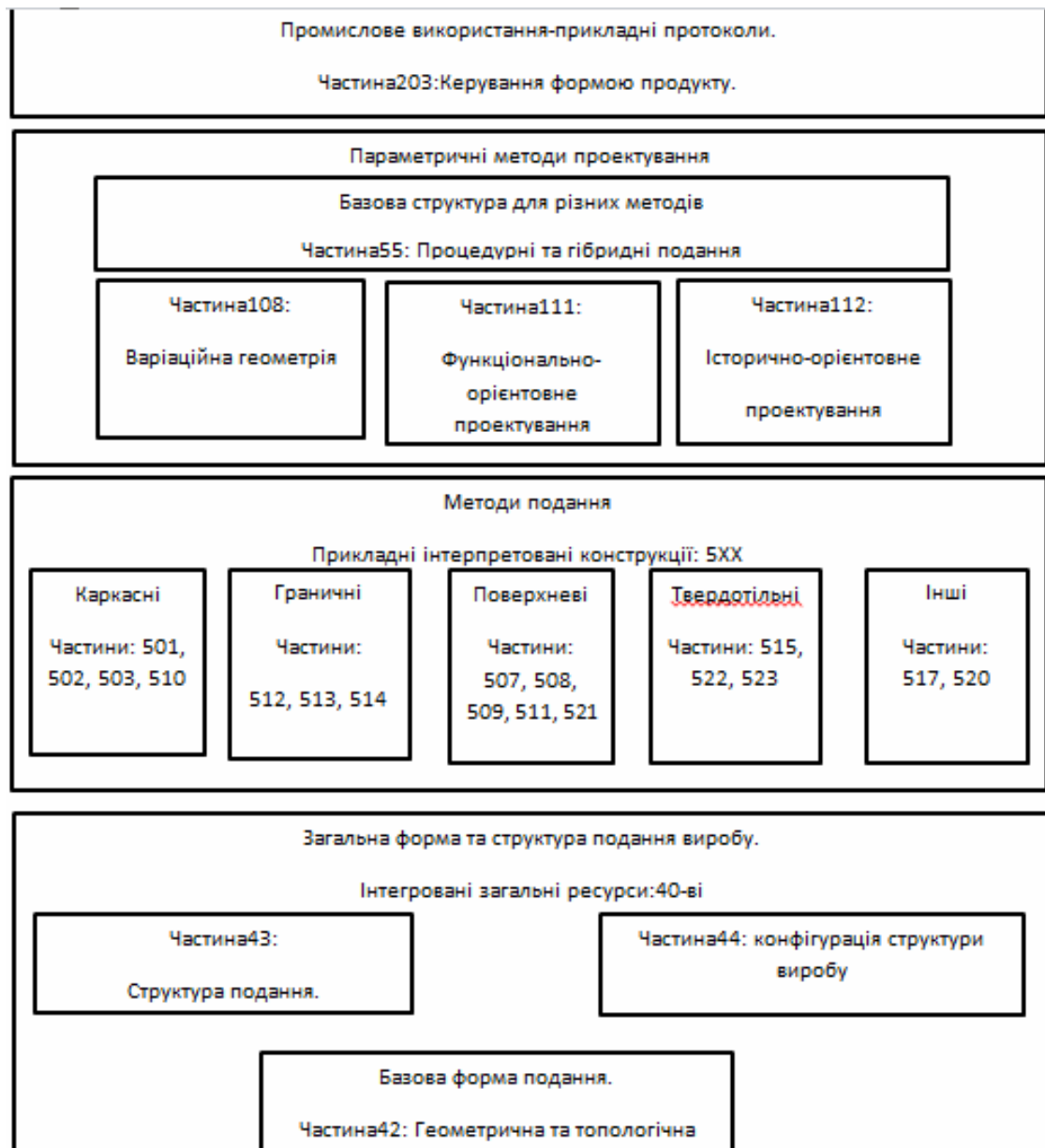


Рис. 1. Методологія геометричного моделювання у STEP

Комплексні загальні ресурси. У STEP єдина модель даних про продукт розроблена для пристосування загальних вимог різних галузей промисловості. Основні ресурси для моделі даних про вибір визначені в частинах, включених в класи інтегрованих ресурсів. Інтегровані ресурси описані в декількох частинах. Їх класифікують на дві групи наступним чином [4]:

- інтегровані загальні ресурси: визначають компоненти програми незалежних концептуальних даних продукції; наприклад, частина 42 визначає контекст незалежного стандарту подання форми об'єкта (частини 41–99);
- інтегровані програмні ресурси: визначають засоби підтримки конкретних угруповань програм, які розширюють загальні ресурси; наприклад, частина 101 включає в себе проектування або використання інженерного проектування та визначає загальні вимоги до передачі даних усіх програм (частини 101–199).

Прикладні інтерпретовані конструкції (AIC). У STEP, якщо два або більше AP мають одні й ті самі вимоги до форми, AIC може бути підкріплена декількома AP. Загальні компоненти форми визначені в прийнятій AIC. AIC включають більше орієнтовно визначених методів подання форми, ніж інтегровані загальні ресурси.

Каркасный метод уявлення подає фігури за допомогою ліній («дроту»), і цей метод – традиційний для подання форми. В АІС є чотири різні способи визначення каркасу [3, 5]:

- каркасне подання форми на основі ребер (ISO 10303-501-2006/АІС 501);
- каркасне подання форми на основі оболонок (ISO 10303-502-2006/АІС 502);
- геометрично обмежене двовимірне каркасне подання (ISO 10303-503-2006/АІС 503);
- геометрично обмежене каркасне подання (ISO 10303-510-2006/АІС 510).

АІС 502 використовує ті ж самі геометричні моделі, що і АІС 501, але АІС 502 використовує більше топологічних елементів, таких як `vertex_shell` (вершина оболонки), `wire_shell` (дротяна оболонка) та траєкторій їх вершин та крайових топологічних елементів, таких як `edge_cureve` (гранична крива), `edge_loop` (гранична петля), `vertex_loop` (петля вершини), `andvertex_point` (точка вершини). Зміст цих чотирьох частин порівнюються в табл. 1.

Таблиця 1

Каркасне подання геометричної форми моделей у STEP

АІС 501	АІС 502	АІС 503	АІС 510
<ul style="list-style-type: none"> – Подання каркасних моделей, описаних графами, що складаються з вершин та ребер, пересічених зі своїми вершинами. – Точки визначені в тривимірному координатному просторі. – Криві, в тому числі В-сплайнові, визначені в тривимірному координатному просторі. – Подання однієї каркасної моделі або груп каркасних моделей 	<ul style="list-style-type: none"> – Подання каркасної моделі за допомогою однієї або декількох оболонок, які не перетинаються, або перетинаються не їхніми вершинами та ребрами 	<ul style="list-style-type: none"> – Точки, визначені в двовимірному координатному просторі. – Криві обмежені точками та криві визначені в двовимірному координатному просторі. – Криві, які самоперетинаються та визначені в двовимірному координатному просторі. – Групове подання однієї або декількох каркасних моделей 	<ul style="list-style-type: none"> – Структура точок та кривих в тривимірному евклідовому координатному просторі. – Використання каркасної структури для подання форми. – Складання уявлень для формування груп уявлень.

Метод граничного подання являє собою форму, яка використовує граничні елементи, такі як вершини, ребра, грані. Цей метод зазвичай використовується в промисловості. У АІС є три різні граничні методи подання [3, 5]:

- багатогранне граничне подання (ISO 10303-512-2008/АІС 512);
- елементарне граничне подання (ISO 10303-513-2009/АІС 513);
- розширене граничне подання (ISO 10303-514-2007/АІС 514).

Зміст цих трьох частин подано в табл. 2.

Таблиця 2

Граничне подання геометричної форми моделей у STEP

АІС 512	АІС 513	АІС 514
<ul style="list-style-type: none"> – Тривимірна геометрія, В-гер, необмежена геометрія, геометричні перетворення. – Використання топології для об'єднання геометричних об'єктів. 		
<ul style="list-style-type: none"> – В-гер моделі (моделі подані гранично) – Поліпетлі 	<ul style="list-style-type: none"> – Визначення елементарного подання форми В-гер. – Визначення геометрії необмежених кривих та поверхонь, які використовуються в визначені види такої моделі В-гер. – Визначення топологічної структури моделі В-гер. – Елементарні криві. – Елементарні поверхні. – Полілінії 	<ul style="list-style-type: none"> – Моделі В-гер. – В-сплайнові криві та поверхні. – Елементарні криві. – Полілінії, криві, обмежені криві, вигнуті поверхні. – Елементарні поверхні, шаблони поверхні

Поверхневий метод подання надає інструменти для подання поверхонь вільної форми. В АІС застосовано п'ять різних методів поверхневого моделювання[5]:

- геометрично обмежена поверхня (ISO 10303-507-2009/AIC 507);
- багатозв'язані поверхні (ISO 10303-508-2009/AIC 508);
- однозв'язані поверхні (ISO 10303-509-2009/AIC 509);
- топологічно обмежена поверхня (ISO 10303-511-2006/AIC 511);
- підповерхня різноманіття (ISO 10303-521-2008/AIC 521).

Зміст цих частин представлено в табл. 3.

Таблиця 3

Поверхнєве подання геометричної форми моделей у STEP

AIC 507	AIC 508	AIC 509	AIC 511	AIC 521
<ul style="list-style-type: none"> – Елементарні криві лінії, коло, еліпс, парабола та гіпербола. – Елементарна поверхня площини, циліндра, конуса, тора, сфери. – Полілінії, які складаються мінімум з трьох точок. – Поверхня створені обертанням 				<ul style="list-style-type: none"> – Розширені поверхні. – Підмножина підключених поверхонь. – Відображення
<ul style="list-style-type: none"> – Тривимірні точки та криві. – Точки визначені в параметричному просторі кривих та поверхонь. – Криві, визначені в параметричному просторі поверхонь. – Криві перетину. – Реплікація кривих, поверхонь та моделей поверхонь. – Тривимірний зсув кривих та поверхонь 			<ul style="list-style-type: none"> – В-сплайнові криві та поверхні. – Конічні криві. – Скульптурні поверхні. – Поверхневі криві. – Скручені криві. – Необмежена геометрія 	<ul style="list-style-type: none"> – Відкриті оболонки. – Відносини між доменами топологічних об'єктів. – Субграні. – Субповерхні. – Обмежена геометрія, яка відповідає топологічній границі
<ul style="list-style-type: none"> – Обрізка кривих та поверхонь – Об'єднання кривих та поверхонь 	<ul style="list-style-type: none"> – Скульптурні криві та поверхні. – Обрізка кривих та поверхонь за допомогою топологічних об'єктів. – Об'єднання кривих та поверхонь за допомогою топологічних об'єктів 	<ul style="list-style-type: none"> – Тривимірна геометрія. – Геометричні перетворення. – Використання топології для обмеження геометричних об'єктів 		
	<ul style="list-style-type: none"> – Багатозв'язані 	<ul style="list-style-type: none"> – Однозв'язані 		

Метод твердотільного подання визначає форму, яка використовує тривимірні тверді тіла. У АІС є три різні методи твердотільного подання [3, 5]:

- конструктивна блочна геометрія (ISO 10303-515-2007/AIC 515);
- оброблювальні особливості (ISO 10303-522-2014/AIC 522);
- криволінійне вигнуте тіло (ISO 10303-523-2008/AIC 523).

Ці три методи порівняні в табл. 4.

Таблиця 4

Твердотільне подання геометричної форми моделей у STEP

AIC 515	AIC 522	AIC 523
<ul style="list-style-type: none"> – Твердотільні примітиви. – Упорядковані булеві операції об'єднання, перетину, різниці над твердотільними примітивами. – В-гер та інші тверді тіла. – Булеві результати, отримані внаслідок операцій над твердими тілами. – Extruded_face_solids(витіснені тверді поверхні), які визначають нові форми примітивів 	<ul style="list-style-type: none"> – Деталі, які повинні бути виготовлені фрезеруванням або токарним процесом. – Оброблення деталі для визначення форми, яку необхідно виготовити. – Елементи функцій оброблення, необхідні для створення властивостей оброблення. – Подання необхідної форми для створення можливостей оброблення. – Функції, які можуть бути відтворені у моделях. – Неявне подання функції оброблення шляхом вибору стандартних параметрів 	<ul style="list-style-type: none"> – Тривимірна геометрія. – Напрявлені криві – Тіла, утворенні згином площин. – Тіла, утворенні згином дисків. – Тіла, створенні згином поверхневих кривих. – Використання В-сплайнових поверхонь, визначених лінійчастими поверхнями, з метою визначення згину тіла

Нормативно-технічною засадою розвитку сучасного автоматизованого комп'ютерного моделювання, здатного не лише описувати геометричну форму об'єктів, а й також дозволяти імітацію їхніх різних фізичних та інших властивостей, постає потужна серія 10303 стандартів ISO – STEP. Розвиток та впровадження цієї серії стандартів постає однією з найважливіших проблем у час автоматизованого комп'ютерного проектування. Розроблені авторами методичні матеріали сприятимуть опануванню фахівцями та застосуванню стандартів STEP за проектування.

Список використаних джерел

1. Норенков И. П. Информационная поддержка наукоемких изделий (CALS-технологии) / И. П. Норенков, П. К. Кузьмик. — М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2002.
2. ISO 10303-41: Industrial automation systems and integration – Product data representation and exchange — Part 41: Integrated generic resources: Fundamentals of product description and support.
3. ISO 10303-42: Industrial automation systems and integration – Product data representation and exchange — Part 42: Integrated generic resources: Geometric and topological representation.
4. STEP APPLICATION HANDBOOK ISO 10303 VERSION 330 June, 2006e
5. Hyun Chan Lee, «Strategies for Using STEP in Parametric Design» International Journal of Computer and Information Technology, July 2013.

Yevgeniia VASILINENKO, Valerii BONDARENKO
Dnipro

NORMATIVE SOFTWARE REPRESENTATIONS OF APPLIED INTERPRETED STRUCTURES OF GEOMETRIC MODELS IN TERMS OF STRUCTURE STEP

According to the materials of the in-depth bibliographic search and information processing of original primary sources (in particular, standards and relevant publications in English) conducted a comprehensive multidimensional analysis of the methodology of geometrical modeling STEP, the results of which designed easy to use tabular and graphical display of interrelationships of different aspects of geometric modeling of the product in the STEP. Multidimensional comparative characteristics of different methods of geometric modeling, which are regulated by STEP, are given in the form of tables. Developed teaching materials will contribute to the development of STEP standards by experts and their use in design practice.

Key words: Structure of the STEP, application interpreted structure (AIC), AIC with wireframe representation, AIC with a boundary representation, AIC with surface modeling, AIC with solid modeling.

Евгения ВАСИЛИНЕНКО, Валерий БОНДАРЕНКО
г. Днепр

НОРМАТИВНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ ПРИКЛАДНЫХ ИНТЕРПРЕТИРОВАННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ В STEP

По материалам проведения углублённого библиографического поиска и информационной обработки оригинальных первоисточников (в частности, стандартов и актуальных публикаций на английском языке) проведен всесторонний разноаспектный анализ методологии геометрического моделирования в STEP, по результатам которого разработаны удобные для применения табличные и графические отображения взаимосвязей разных аспектов геометрического моделирования продукта в STEP. Сравнительная разноаспектная характеристика разных методов геометрического моделирования, регламентированных STEP, приведена в виде таблиц. Разработанные методические материалы будут способствовать освоению стандартов STEP специалистами и их применению в практике проектирования.

Ключевые слова: Структура STEP, прикладные интерпретированные конструкции (AIC), AIC с каркасным представлением, AIC с граничным представлением, AIC с поверхностным моделированием, AIC с твердотельным моделированием.

Стаття надійшла до редколегії 05.10.2016