

UDC 621.7: 658.5

Melnyk O.¹, Ph.D. in Engineering
Firanskyi V.², Ph.D. in Engineering

¹National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute"
²College of Marine and River Fleet (KMRF)
Kyiv State Maritime Academy named after hetman Petro Konashevich-Sahaydachnyi (KSMA)/ Ukraine

ANALYSIS OF THE TECHNOLOGICAL COMPONENT OF INFORMATION SUPPORT OF CAD SYSTEMS IN MACHINE BUILDING

АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СКЛАДОВОЇ ІНФОРМАЦІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ В МАШИНОБУДУВАННІ

Abstract: The stack of CALS technologies such as data exchange format of step ISO 10303 standard is analyzed in the article. Identified and analyzed protocols responsible for the transmission of technical data. It is suggested complemented technological information data model that will provide more coherent and logically structured exchange of information between the various components of the computer-aided design in mechanical engineering in accordance with the principles of stack CALS technologies.

Keywords: CAD, step format, information model of a part, technological process, CALS technologies.

INTRODUCTION

With the development of information technology and the increasing number and speed of information processing appear the tendency to the exclusion of human from decision-making process and creating new products. This is possible through the use of artificial intelligence and control systems, and processing of large amounts of data (Big Data).

Modern computer-aided design systems usually do their best to collect, manage and synchronize product data and its components at all stages of its life cycle according to the concept of CALS (Continuous Acquisition and Life cycle Support) technologies.

The basis of this conception posits the theory of unity (integrity) of product information from the birth of the idea to its disposal, in other words, a single information space (Integrated Information Environment), which provides uniform means of the interaction of all participants in this cycle: customers, producers, operating and maintenance personnel. It is implemented in the form of international standards governing the rules of specified interaction primarily through electronic data interchange [1].

According to this theory, all information arising in the product life cycle should be stored in the common data base. In addition, the concept offers in the current stage of the product life cycle unrestricted access to the data gathered in previous stages.

This approach, in theory, allows, for example, CAD technology to obtain information about the geometric parameters of the various components of product from CAD and to create appropriate technological process of its production on their basis. And on the basis of information received from the CAD technology to create a task on the production batch of products, download to the appropriate service company information about the need for materials, tools, equipment etc.

Анотація: В статті проаналізовано стек CALS технологій, а саме формат обмін даними стандарту step ISO 10303. Визначено та проаналізовано протоколи відповідальні за передачу технологічної інформації. Запропонована доповнена технологічна інформаційна модель даних, що забезпечить більш цілісний та логічно структурований обмін інформацією між різними компонентами систем автоматизованого проектування в машинобудуванні у відповідності до принципів стеку CALS технологій.

Ключові слова: САПР, step формат, інформаційна модель деталі, технологічний процес, CALS технології.

ВСТУП

З розвитком інформаційних технологій та збільшенням кількості та швидкості оброблення інформації проглядається тенденція до виключення людини з процесу прийняття рішень та створення нової продукції. Це стає можливим за рахунок використання штучного інтелекту та систем управління, та обробки великих об'ємів даних (Big Data).

Сучасні системи автоматизованого проектування, як правило намагаються максимально збирати, впорядковувати і синхронізувати дані про виріб та його складові на всіх етапах його життєвого циклу у відповідності до концепції CALS (Continuous Acquisition and Life cycle Support) технологій.

В основу цієї концепції покладена теорія єдності (цілісності) інформації про виріб від народження ідеї до його утилізації іншими словами єдиного інформаційного простору (інтегрованого інформаційного середовища), що забезпечує одноманітні способи взаємодії всіх учасників цього циклу: замовників продукції, виробників продукції, експлуатаційного і ремонтного персоналу, реалізована у формі міжнародних стандартів, що регламентують правила вказаної взаємодії переважно за допомогою електронного обміну даними [1].

У відповідності до цієї теорії вся інформація, що виникає у процесі життєвого циклу виробу повинна зберігатися в загальній інформаційній базі. Крім, того концепція пропонує на поточному етапі життєвого циклу виробу безперешкодний доступ до інформації зібраної на попередніх етапах.

Такий підхід, в теорії, дозволяє, наприклад, технологічній САПР отримати інформацію про геометричні параметри різних складових виробу від конструкторської САПР та створити на їх основі відповідний технологічний процес його виготовлення. А на основі інформації отриманої від технологічної САПР створити завдання на виробництво партії виробів,

This approach is undoubtedly important, necessary and correct upon condition of its deep implementation in the workplaces. All this would be impossible if in the end of 1970, had not increased the idea that some standardization in the field of data exchange was needed, because many CAD systems that use different principles of models generation and data exchange with other systems increased. All geometric CAD were unique, built on different principles. The problem of data exchange and saving of these data has become very acute. In this regard, in the circles of experts and scientists, mainly engaged in computer graphics and geometric modeling, increased corresponding initiative that was supported by firms in the USA and Western Europe, engaged in development of complex, mostly military equipment. In the TC 184 ISO committee was established a working group to develop a standard that was called STEP. NSS R ISO 10303-1-99 [2,3,4,5]

PROBLEM STATEMENT

Considering stack CALS technologies in details we can notice the influence of professionals, namely branch of information technologies, for its creation and development. Therefore, the introduction of these technologies in the field of technical direction (engineering, instrumentation, machine tools, woodworking and others) are faced with great difficulties, and sometimes even the impossibility or uselessness of their implementation. It is caused by insufficient (surface) processing of common information model of a product without a detailed dipping into the essence of technological processes of its creation.

Taken this into consideration arise the problem of supplement of existing stack CALS technologies and general information model of product with the ability to add and exchange technological information that has consistently produced at all stages of product life cycle.

MAIN ARTICLE

The most profound research of world-class can be considered results of work set as principles of STEP application protocols (Data Interchange Format) ISO 10303 standard, which were designed to definite understanding of different users of a common information model.

For the engineering requirements from all stack application protocols of STEP [3,4] can be selected the following:

AR201: Explicit draughting; drawing like a structure of drawing, abstract, part geometric shape, grouping. The numbers of entities are specification, affirmation, sheet number, organization, executor, layer, type etc.

AR202: Associative draughting; protocol that relates to the description of the design documentation. Data appear in protocol that largely overlap with AR201 and are grouped by UoF (Units of Functionality) as follows:

- 1) documentation structure (hierarchy, titles that are affirmed by signature);
- 2) connection with the product (version, producer);
- 3) abstract of product shapes (2D or 3D CAD-model);

завантажити відповідні служби підприємства інформацію про потребу в матеріалах, інструменті, оснащенні та інше.

Такий підхід без сумнівів є актуальним, необхідним і правильним за умови, глибокого впровадження його на підприємствах. Все це було б неможливим якби, наприкінці 1970-х років, не виникла ідея про те, що необхідна певна стандартизація в області обміну даними, оскільки з'явилося багато систем САПР, які використовують різні принципи генерації моделей і обміну даними з іншими системами. Всі геометричні САПР були унікальними, побудовані на різних принципах. Проблема обміну даними і збереження цих даних стала дуже гострою. У зв'язку з цим в колах фахівців і вчених, що займаються в основному машинної графікою і геометричним моделюванням, виникла відповідна ініціатива, яка була підтримана фірмами США і Західної Європи, зайнятими розробками складної, в основному, військової техніки. У Комітеті ТЗ 184 ISO була створена робоча група для розробки стандарту, який в результаті отримав назву STEP. ГОСТ Р ИСО 10303-1-99 [2,3,4,5]

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Детально розглядаючи стек CALS технологій можна помітити вплив спеціалістів, саме галузі інформаційних технологій, на його створення та розвиток. Тому впровадження цих технологій в галузі технічного спрямування (машинобудування, приладобудування, верстатобудування, деревообробка та інші) стикається з великими складнощами, а інколи навіть з неможливістю або не потрібністю їх впровадження. Це обумовлено недостатнім (поверхневим) опрацюванням загальної інформаційної моделі виробу без детального занурення в глибинну суть технологічних процесів його створення.

Враховуючи це постає проблема доповнення існуючого стеку CALS технологій та загальної інформаційної моделі про виріб можливістю додавання та обміном технологічною інформацією, що послідовно утворюється на всіх етапах життєвого циклу виробу.

ОСНОВНИЙ ТЕКСТ СТАТТІ

Найбільш ґрунтовними науковими дослідженнями світового рівня можна вважати результати роботи покладені в основу прикладних протоколів STEP (формату обміну даними) стандарту ISO 10303, які були розроблені для однозначного розуміння різними користувачами загальної інформаційної моделі.

Для потреб машинобудування з усього стеку прикладних протоколів STEP [3,4] можна вибрати наступні:

AP201: Explicit draughting; креслення. як структура креслення, анотація, геометрична форма деталі, групування. В число сутностей входять специфікація, твердження, номер листа, організація виконавець, шар, вид і т.п.

AP202: Associative draughting; Протокол, що відноситься до опису конструкторської документації. У протоколі фігурують дані, значною мірою перетинаються з даними протоколу AP201 і згруповані по UoF (Units of Functionality) наступним чином:

- 1) структура документації (ієрархія, заголовки, які затверджують підписом);
- 2) зв'язок з виробом (версія, виробник);
- 3) анотація форми виробу (2D або 3D CAD-модель);
- 4) зв'язок моделі з її візуалізацією (масштаб);
- 5) форма анотації (місце розташування анотації,

- 4) model connection with its visualization (scale);
- 5) the abstract form (location of annotation, symbols that fill positions);
- 6) paper work (types, colours);
- 7) dimensions (tolerance);
- 8) parts grouping by various criteria.

AP203: Configuration controlled design; designing with controlled configuration. It is one of the most important application protocols. It has uniform geometrical models, attributes and specifications: assemblage of 3D-surfaces divided into several classes; operation parameters of versions and introduction of changes into documentation etc.

Description of AP203 protocol by Express language is a scheme where you can distinguish the following parts:

1. References to integrated resources are borrowed in ISO 10303 -41, -42 and -44 standards. It is a reference on such entities as context, supplement and production, product property, mass - dimensional characteristics, coordinate axes location, types of curves and surfaces, contract status signs, enterprises, executors, dates etc.

2. Descriptions of some generalized types, which combine the number of private types with the help of SELECT operator.

3. Descriptions of the entities that express product design. Six classes of geometric patterns are presented. Class 1 is designed for the product structure tasks without describing geometric forms. Class 2 includes wireframe models with clear boundary descriptions, such as coordinates of points and is defined with the help of lines. In class 3 wireframe models are supplemented with topology information. Topology information is data about how the surfaces, lines or points are associated with each other. Class 4 is used to describe the freeform surfaces. The classes 5, 6 include solid models, so-called BREP (Boundary Representation). In particular, to the class 5 belong entities which boundaries appraised by polygonal (facet) surfaces consisting of flat sections. In class 6 surfaces that limit the body can be both simple (flat, quadratic, toroidal) and presented in the form of Bezier, B-spline and others.

4. Description of other used entities related to the configuration items, such as entered into the project change with relevant attributes.

AR204: Mechanical design using boundary representation - designing of mechanical parts based on solid models. In protocol there are such entities as name of products, code, version, component assembly, model (elementary, facet or universal BRep-model) colour, line width etc.

AR205: Mechanical design using surface representation - design of mechanical parts based on surface models. Several concepts used in this protocol are the same as in protocol AR204 but surface models are used with boundaries presented geometrically or topologically.

AR208: Life cycle management - Change process – change process management in the life cycle (configuration management). It includes identification of facts (flaws) that have to be changed, their causes, determine actions to correct flaws and individuals that make changes.

AR209: Composite and metallic structural analysis and related design - analysis of composite and metal structures; combining geometry data and configuration management with data for analysis, for example, using the finite element method. It is

символи, які заповнюються позиції);

6) оформлення документів (шрифти, кольори);

7) розміри (допуски);

8) групування по деталей тими чи іншими ознаками.

AP203: *Configuration controlled design*; проектування з керованою конфігурацією. Це один з найважливіших прикладних, протоколів. У ньому уніфіковані геометричні моделі, атрибути і специфікації: зборка; 3D-поверхонь, розділених на кілька класів; параметри управління версіями і внесенням змін в документацію та ін.

Опис протоколу AP203 мовою Express являє собою схему, в якій можна виділити наступні частини:

1. Посилання на запозичені зі стандартів ISO 10303 -41, -42 і -44 інтегровані ресурси. Це посилання на такі сутності, як контексти, додатки і продукції, властивості виробів, масо - габаритні характеристики, розташування координатних осей, типи кривих і поверхонь, покажчики статусу контракту, підприємства, виконавців, дати і т. п.

2. Описи деяких узагальнених типів, які об'єднують за допомогою оператора SELECT ряд приватних типів.

3. Описи сутностей, що виражають конструкції виробів. Представлені шість класів геометричних моделей. Клас 1 призначений для завдання складу виробів без опису геометричних форм. Клас 2 включає каркасні моделі з явним описання межів, наприклад, у вигляді координат точок і визначаються з їх допомогою ліній. У класі 3 каркасні моделі доповнені топологічною інформацією, тобто даними про те, як поверхні, лінії або точки пов'язані один з одним. Клас 4 служить для описання поверхонь довільної форми. Класи 5, 6 включають твердотільні моделі, так звані BREP (Boundary Representation).. Зокрема, до класу 5 належать тіла, межі яких аппроксимовані полігональними (фасеточними) поверхнями, що складаються з плоских ділянок. У класі 6 поверхні, що обмежують тіла, можуть бути, як елементарними (плоскими, квадратичними, тороїдальними), так і представленими моделями в формі Безьє, B-spline і ін.

4. Опис інших використовуваних сутностей, що відносяться до конфігурації виробу, наприклад, таких, як внесене в проект зміна з відповідними атрибутами.

AP204: *Mechanical design using boundary representation*; конструювання механічних деталей на основі твердотільної моделі. У протоколі введені такі сутності, як ім'я виробу, шифр, версія, складальний вузол, модель (елементарна, фасеточна або універсальна BRep-модель), колір, ширина ліній і т.п.

AP205: *Mechanical design using surface representation*; конструювання механічних деталей на основі поверхневої моделі. Ряд понять, які використовуються в цьому протоколі, аналогічний поняттям протоколу AP204, але використовуються поверхневі моделі з межами, представленими геометрично або топологічно.

AP208: *Life cycle management - Change process* управління процесами змін в життєвому циклі (управління конфігурацією). Включає ідентифікацію фактів (недоліків), які потребують внесення змін, їх причин, визначає дії щодо усунення недоліків і осіб, що вносять зміни

AP209: *Composite and metallic structural analysis and related design*; аналіз композитних та металевих конструкцій; комбінування даних геометрії та управління конфігурацією з даними для аналізу, наприклад, за допомогою методу кінцевих елементів. Підтримуються статичний і частотний аналіз, 3D мережеві моделі для аналізу за допомогою методу кінцевих елементів, вводяться визначення

supported static and frequency analysis, 3D network models for analysis using finite element method, introduced determination of assembly properties, means for presentation of properties of homogeneous and composite materials.

AR213: Numerical control process plans for machined parts - design processing on CNC equipment. The protocol introduced with means that describe manufacturing operations, technological equipment and tools, materials, geometric shapes and items tolerance, jobs, accompanying administrative data.

AR214: Core Data for Automotive Mechanical Design Processes - basic data for the design of mechanical parts of the machine. It shows the structure and geometry of items, presentation of projects, design of manufacturing processes (numerical control, tolerances, materials) etc.

The standard possesses 19 class models (CC - Conformance Classes). Classes are distinguished by types of model (surface, solid, frame), the availability of data on kinematics, tolerances, configuration management.

Geometric group of related concepts (entities, attributes) that appear in the annex, connected with AR214 in several UoF that have non-empty intersections. Among UoF there are the following:

G1: wireframe_rmodel_2d, which includes such entities as geometric pattern, point, line, curve, hyperbole, B-spline, 2D wire-frame model etc.

G2: wireframe_model_3d is with similar entities, but in 3D space;

G3: connected_surface_model intended to represent topologically limited surface models. This group includes a number of entities from the G2 and G8, as well as such things like a curve or a point on the surface, cylindrical and toroidal surfaces, constructive geometry etc.

G4: faceted_b_rep_model refers to BREP-models with parts that have planar surface and internal hollow. The concept of point, line, plane taken from the G3 and G5 are the other entities. Closed facet shell is manifold solid B-rep etc.

G5: b_rep_model - representation of one or more bodies, each of which consists of closed outer and inner shells. The geometry of surfaces pronounced curves. Most similar terms are used in G3.

G6: compound_model - surface models, solid, frame with topologically represented compounds. Examples of use: bodies in the selection of zones with different properties, parts of welded constructions etc.

G7: csg_model (or solid model using Constructive Solid Geometry) - obtaining of models using Boolean operations on specified bodies. Along with the concepts of the previous UoF here appear block, primitive, results of Boolean operations etc.

G8: geometrically_bounded_surface_model UoF - geometrically limited surface model.

Among other UoF can be the following:

S2: element_structure - elements of the structure and annotations you can trust to: layer, pattern, form aspect, 2D or 3D conversion, accuracy, the location of the axes etc.

S5: working management - includes such entities as the operation, operation method, contract, work order, shifts.

S6: classification - includes the classification concept of attributes and systems of hierarchy and classification points.

властивостей складання, засоби для представлення властивостей композитних і однорідних матеріалів.

AP213: Numerical control process plans for machined parts; проектування обробки на обладнанні з ЧПУ. У протоколі введені засоби для опису виробничих операцій, технологічного обладнання та інструментів, матеріалів, геометричних форм і допусків виробів, робочих місць, супроводжувальних адміністративних даних.

AP214: Core Data for Automotive Mechanical Design Processes; основні дані для проектування механічних частин автомобілів. Для представлення даних за структурою і геометрії виробів, презентації проектів, моделюванню, виробничих процесів (числове управління, допуски, матеріали) і ін.

У стандарті введено 19 класів моделей (CC - Conformance Classes), класи розрізняють за видом моделі (поверхнева, твердотільна, каркасна), наявністю даних з кінематики, допусками, управління конфігурацією.

Геометричні групи споріднених понять (сутностей, атрибутів), що фігурують в додатку, зведені в AP214 в кілька UoF, що мають непусті перетини. Серед UoF виділяються наступні:

G1: wireframe_rmodel_2d, що включає такі сутності, як геометрична модель, точка, лінія, крива, гіпербола, B-spline, 2D каркасна модель і ін.;

G2: wireframe_model_3d с аналогічними сутностями, але в 3D просторі;

G3: connected_surface_model, призначена для представлення топологічно обмежених поверхневих моделей, ця група включає ряд сутностей з G2 і G8, а також такі сутності, як крива або точка на поверхні, циліндрична і тороїдальна поверхні, конструктивна геометрія і ін.

G4: faceted_b_rep_model, відноситься до BREP-моделей з деталями, що мають планарні поверхні і внутрішні порожнечі. Поняття точки, лінії, площини взяті з G3 і G5, інші сутності. Замкнута фасеточна оболонка, твердотельное BREP-різноманіття (manifold solid B-rep) та ін.

G5: b_rep_model - уявлення одного або більше тіл, кожне з яких складається з замкнутих зовнішньої і внутрішніх оболонок. Геометрія поверхонь виражена кривими. Більшість понять аналогічно використовуваним в G3.

G6: compound_model - моделі поверхневі, твердотільні, каркасні з топологічно представленими сполуками. Приклади використання: виділення в тілах зон з різними властивостями, частин звареної конструкції і т.п.

G7: csg_model (або solid model using Constructive Solid Geometry) - отримання моделі за допомогою булевих операцій над заданими тілами. Поряд з поняттями з попередніх UoF тут фігурують поняття блок, примітив, результат булевої операції та ін.

G8: geometrically_bounded_surface_model UoF - геометрично обмежена поверхнева модель.

Серед інших UoF можна відмітити наступне:

S2: element_structure - елементи структури і анотацій, яким можна довіряти: шар, зразок, аспект форми, 2D або 3D перетворення, точність, розташування осей і т.п.

S5: workmanagement - включає такі сутності, як операція, метод операції, контракт, порядок робіт, зміна.

S6: classification - включає поняття класифікації атрибутів і систем, ієрархії і пунктів класифікацій.

S7: specification_control - управління специфікаціями, включає описи властивостей

S7: specification_control - specification management that includes descriptions of product with a large number of options. It describes the classes of products, categories, characteristics, methods of decomposition of products, its features. Configuration core, design constraints, design decisions, solution point, accommodation option, specification etc are introduced.

AR223: Exchange of design and manufacturing product information for casting parts - sharing of design and engineering data for foundry. The protocol provides the following aspects of the program: sand mold casting, casting process simulation, foundry equipment and materials, the processes of melting, pouring, cooling, extraction, control and testing.

AR224: Mechanical product definition for process plans using machining features - description of mechanical parts for the planning of machine processing. Description of features of parts design (e.g. holes, clamps), quality requirements for processing, material properties, geometrical shapes etc. The protocol distinguishes the following key functional units: object processing features and machined billet features (UoF includes such entities as projection, chamfer, hole, the way of processing, parameters of material, workpiece, process etc.), processing characteristics (entities that define the shape and size of the material that is removed during processing) tolerances to controlled parameters, characteristics of profile (entities that allow on 2D profiles get 3D shape) documentation (e.g. customer requirements, the use of resources), making corrections to the documentation, administrative data (author, organization, statement), requisites (description order for necessary inputs).

AR232: Technical data packaging core information and exchange - presentation and exchange of technical data. Protocol is devoted to interaction of management system of data from different design systems. Description items are project data that are expressed by means of applied protocols, did not meet the standards of STEP. This is a drawing program for CNC equipment, designed object models, specifications, business records etc.

AR233: Systems engineering data representation - system engineering data representation. We mean data (units of functionality) that characterize the state of the system and its parameters (such as cost, performance, reliability, manufacturability, availability etc.) associated with the requirements to the product, its functional architecture, behavior, configuration management. We consider both quantitative and linguistic (including fuzzy) variables with units of measurement.

From the presented above protocols in modern CAD systems AR201, AR202, AR203, AR204 and 214 are implemented. This is due to the fact that usually for exchanging is suggested only data about geometric parameters of parts and in some cases the accompanying text information (name of a part, description, manufacturer, material etc.).

Application protocols AR213, AR224, AR232, AR233 are designed to exchange technological information, but still are not fully used by modern CAD systems, as they have realization on the abstract level different from algorithmic models laid in them.

As we can see from the above, the general information model of a part is presented incompletely, has not sufficiently structured form and abstract

продуктів, що мають велике число варіантів. Описуються класи продуктів, категорії характеристик, способи декомпозиції продукції, її функції, вводяться суті конфігурації, проектне обмеження, проектне рішення, пункт рішення, варіант розміщення, специфікація тощо

AP223: Exchange of design and manufacturing product information for casting parts; обмін проектними і технологічними даними для ливарного виробництва. У протоколі передбачені наступні аспекти програми: лиття в піщані форми, моделювання процесів лиття, ливарне обладнання та матеріали, процеси плавлення, заливання, охолодження, екстракції, контроль і тестування.

AP224: Mechanical product definition for process plans using machining features опис механічних деталей для планування верстатного обробки. Опису особливостей конструкції деталей (наприклад, отворів, бабишок, буртів), вимог до якості обробки, властивостей матеріалів, геометричної форми і ін. У протоколі виділені наступні основні одиниці функціональності: особливості об'єкта обробки і властивості оброблюваних заготовок (UoF включає такі сутності, як виступи, фаски, отвори, шлях обробки, параметри матеріалу, оброблюваної поверхні, процесу та ін.), характеристики обробки (сутності, що задають форму і розміри матеріалу, що видаляється при обробці), допуски на контрольовані параметри, характеристики профілю (сутності, що дозволяють по 2D профілів отримувати 3D форми), що управляє документація (наприклад, вимоги замовника, порядок використання ресурсів), внесення виправлень у документацію, адміністративні дані (автор, організація, твердження), реквізити (опис замовлення на необхідні виробничі ресурси).

AP232: Technical data packaging core information and exchange; уявлення і обмін технічними даними. Протокол присвячений взаємодії систем управління даними різних систем проектування. Об'єктами опису служать проектні дані які виражені засобами прикладних протоколів, так і не відповідають стандартам STEP. Це креслення, програми для обладнання з ЧПУ, моделі проєктованих об'єктів, специфікації, бізнес-документація та ін ..

AP233: Systems engineering data representation; системи уявлення інженерних даних. Маються на увазі дані (одиниці функціональності), що характеризують стану системи і її параметри (наприклад, ціна, продуктивність, надійність, технологічність, придатність і т.п.), пов'язані з вимогами до продукту, його функціональної архітектурою, поведінкою, управлінням конфігурацією. Розглядаються як кількісні, так і лінгвістичні (в тому числі нечіткі) змінні разом з одиницями вимірювання.

З наведених вище протоколів в сучасних CAD системах реалізовані AP201, AP202, AP203, AP204 та 214, це пов'язано в першу чергу з тим, що як правило для обміну пропонується тільки інформація про геометричні параметри деталей і в деяких випадках супровідна текстова інформація (назва деталі, опис, виробник, матеріал тощо).

Прикладні протоколи AP213, AP224, AP232, AP233 призначені для обміну технологічною інформацією, але досі в повній мірі не використовуються сучасними CAD системами, оскільки мають реалізацію на абстрактному рівні відмінному від закладеного в них алгоритмічні моделі.

Як бачимо, з наведеного вище, загальна інформаційна модель деталі представлена не повно, має не достатньо структурований вигляд, а логічна абстрактна інформаційна модель – не достатньо

logical information model is not determined enough and is not easy to use.

And because of this, the implementation of these protocols in modern popular CAD systems today is still not reflected.

These findings also confirmed in previous studies [6-9], which indicate the presence of the gap between design and technological information model of data.

The ways of restoring the integrity of the information model of a part are suggested. Also it is proposed general information model of a part data through the use of 3D - models created by the modern CAD-systems.

Proposed solutions and approaches solve the problem of data integrity of the part only during a partial technical data from designer to technologist.

In the paper [10], based on previous experience, we tried to solve the problem through the unification of surfaces and their groupings that actually used the same information model with all its flaws, which is laid in the presented above international standards and protocols.

Also Siemens PLM Software Company continues research and development in this direction actively [11]. But they are primarily oriented to support existing products and to ensure the implementation of needs of corporate customers in integrating and integrity of introduction of the development design of products. Needs of technologists are provided by text annotations virtually tied to the project in a whole [12-16].

As an example let us build cube with dimensions of 100 * 100 * 100 mm Fig. 1 in Tflex-CAD - 3D system and consider the exported data in STEP AP214 format Listing 1, which are designed to share data with other CAD systems.

Listing 1 shows that data are grouped regarding geometrical entities that make up the inner information model of mathematical core of CAD system.

детермінована і не зручна у використанні.

Саме через це, реалізація згаданих протоколів в популярних сучасних сьогодні CAD системах досі не знайшло відображення.

Ці висновки також підтверджуються в попередніх дослідженнях [6-9], в яких вказано на наявність розриву між конструкторською та технологічною інформаційною моделлю даних. Та запропоновано шляхи відновлення цілісності інформаційної моделі деталі. А також запропоновано загальна інформаційна модель даних деталі на основі використання 3D – моделі створеної засобами сучасних CAD-систем.

Запропоновані рішення та підходи вирішують проблему цілісності даних про деталь тільки на етапі передачі часткової технологічної інформації від конструктора до технолога

В роботі [10], спираючись на попередній досвід намагалися вирішити поставлену задачу за рахунок уніфікації поверхонь та їх групування, тобто фактично використовували ту саму інформаційну модель з усіма її недоліками, яка закладена в наведених вище міжнародних стандартах та протоколах.

Також активно продовжує дослідження та розробки в цьому напрямку компанія Siemens PLM Software [11]. Але вони в першу чергу орієнтуються на підтримку існуючих продуктів та забезпечують реалізацію потреб корпоративних замовників в інтеграції та цілісності ведення конструкторської розробки виробів, а потреби технологів забезпечують за рахунок текстових анотацій віртуально прив'язаних до проекту в цілому. [12-16].

В якості приклада побудуємо в системі Tflex-CAD – 3D, кубик з розмірами 100*100*100 мм рис. 1 та розглянемо експортовані дані в форматі STEP AP214 листинг 1, які створені для обміну інформацією з іншими САПР.

З листингу 1 видно, що дані групуються відносно геометричних сутностей з яких складається внутрішня інформаційна модель математичного ядра CAD системи.

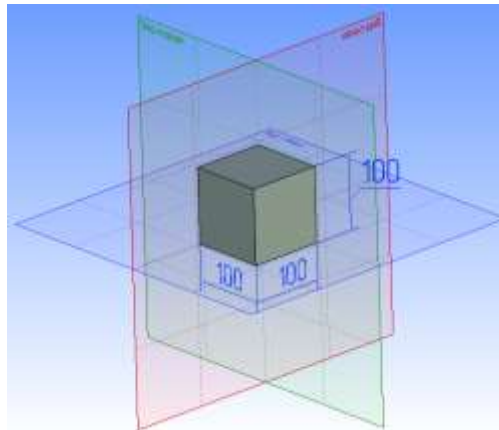


Fig. 1 – 3D cube model with dimensions of 100 * 100 * 100 mm / 3D модель кубіка з розмірами 100*100*100 мм

Let us consider beginning of the section with geometric data:

DATA - title of the beginning of geometric data;

1 = MANIFOLD_SOLID_BREP (" , # 2) - reference to the line # 2, the beginning of geometric data of solid geometry in BREP format;

2 = CLOSED_SHELL (" , (# 11, # 51, # 82, # 113, # 135, # 147)) - determination of a closed shell with six faces.

Next in lines # 11, # 51, # 82, # 113, # 135, # 147 goes determination of the type faces, planes and recursive descent on all geometric parameters

Розглянемо початок секції з геометричними даними: DATA; – заголовок початку геометричних даних #1=MANIFOLD_SOLID_BREP("#2); – посилання на рядок #2 початок геометричних даних з твердотільної геометрії в форматі BREP

#2=CLOSED_SHELL(" ,(#11,#51,#82,#113,#135,#147)) ; – визначення замкненої оболонки з шести граней.

Далі в рядках #11,#51,#82,#113,#135,#147 – іде визначення типу граней, площин та рекурсивний спуск по всіх геометричних параметрах необхідних для побудови кожної з граней включаючи одиниці вимірювання в яких вона побудована.

required to build each of the faces including the units of measurement which it is built in.

We propose, on the basis of the research and analysis of technological component of information support of CAD in engineering, to change the approach to the principle of building information model of a part Fig. 2.

Traditionally, most CAD tried to solve the mathematical problem of building components in three-dimensional or two-dimensional space. Physical and technological features of parts were observed only on the stages of creation of two-dimensional representation in the form of drawing. In other words, modern CAD systems use representation of parts in three-dimensional space exclusively to facilitate the creation of drawing and to preserve the integrity of geometric data with further use of them to solve other mathematical problems at the next stages of designing (CAE, CAM and other systems).



Fig. 2 – The general scheme of construction of information model of a part with technological component / Запропонована загальна схема побудови інформаційної моделі деталі з технологічною складовою

In the proposed scheme in Fig.2 the key element of the 3D model is the surface of which spatial form of a part is made. When building information model proposed to add to the surface not only structured geometric information but also structured technological parameters.

This approach will ensure rapid implementation of modern CAD possibilities of asking the full primary technological information at the stage of designing of a part construction. In addition, this approach will provide the exchange of technological information as freely as geometrical.

CONCLUSIONS

New approach to construct information model of a part for the storage and exchange of data between different CAD systems in engineering taking into account technological component is suggested.

In further studies it is needed to structure and to summarize the current volume of technical data. It is essential and sufficient to ensure coherent common information of workpiece.

REFERENCES

- [1] Norenkov I. Basis of CAD: Textbook for Institution of Higher Education. 2nd ed., rev. and ad.- M.: Publishing House of the MSTU named after Bauman N., 2002.- 336 p.
- [2] ISO 10303-233:2012 Industrial automation systems and integration - Product data representation and exchange - Part 233: Application protocol: Systems engineering.

Нами пропонується на підставі проведених досліджень та аналізу технологічної складової інформаційного забезпечення САПР в машинобудуванні змінити підхід до принципу побудови інформаційної моделі деталі рис.2.

Традиційно склалося, що більшість САПР намагалися вирішити математичну задачу побудови деталей в тривимірному або двовимірному просторі. А фізичним та технологічним особливостям деталей приділялась увага виключно на етапах створення двовимірному представлення у вигляді креслення. Іншими словами сучасні САПР системи використовують представлення деталей в тривимірному просторі виключно для полегшення створення креслення та збереження цілісності геометричних даних при подальшому використанні їх, для вирішення інших математичних задач на наступних етапах проектування (CAE, CAM та інші системи).

В запропонованій на рис.2 схемі ключовим елементом 3D моделі є поверхні з яких складається просторова форма деталі. Саме до поверхні при побудові інформаційної моделі пропонується додавати, як структуровану геометричну інформацію, так і структуровані технологічні параметри.

Такий підхід дозволить забезпечити швидку реалізацію сучасними САПР можливості задавання повної первинної технологічної інформації ще на етапі проектування конструкції деталі. Крім того, такий підхід дозволить забезпечити обмін технологічною інформацією так само вільно, як і геометричною.

ВИСНОВКИ

В результаті проведеного аналізу запропоновано новий підхід до побудови інформаційної моделі деталі для зберігання та обміном інформації між різноманітними САПР в машинобудуванні з врахуванням технологічної складової.

В подальших дослідженнях необхідно узагальнити та структурувати існуючий об'єм технологічної інформації, який необхідний та достатній для забезпечення цілісної загальної інформаційної моделі деталі.

БІБЛІОГРАФІЧНІ ПОСИЛАННЯ

- [1] Норенков И.П. Основы автоматизированного проектирования: Учеб. для вузов. 2-е изд., перераб. и доп.- М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2002. - 336 с.
- [2] ISO 10303-233:2012 Industrial automation systems and integration - Product data representation and exchange - Part 233: Application protocol: Systems engineering
- [3] http://www.steptools.com/library/standard/step_1.html

- [3] http://www.steptools.com/library/standard/step_1.html
- [4] GS R ISO 10303-42-2003. Factory automation systems and their integrations. Product data presentation and exchange of these data. Part 42. Application Protocol: Integrated generic resources. Geometric and topological presentation.
- [5] UNSS ISO 10303-214:2007 Factory automation systems and their integrations. Product data presentation and exchange of these data. Part 1038. Application module. Presentation of independent properties.
- [6] Mitrofanov S. Group technology of engineering production. In 2 v. V. 1. Organization of group production. 3rd publ., rev. and ad. - L.: Engineering, Leningrad. Dept, 1983. - 407 p. with pic.
- [7] Sysoev S., Sysoev A., Levko V. Mechanical Engineering Technology. Technological design processes: Textbook. - SPb.: "Lan" Publisher (textbooks for Institution of Higher Education. Special literature.), 2011 -352 pp .
- [8] Petukhov A. Computer-aided design of technological processes: Textbook. / Petuhov A., Melnikov D., Bystrenkov V.; Ministry of education. Republic of Belarus, Gomel. gos.tehn. univ. named after Sukhoy P., 2011. - 144 p.
- [9] Firansky V., Miller O., Savenkov B. Analysis of the information model of output data for automated and atomized designing of technological processes of parts machining; International scientific journal "Technological complexes" №1 (7) 2013, Section "Development of technological systems in various industries", "Lutsk National Technical University" Publisher (Lutsk, Ukraine), p. 132-136.
- [10] http://www.rusnauka.com/9_SNP_2015/Tecnic/12_189404.doc.htm
- [11] [http://www.plm.automation.siemens.com/en_us/products/nx/for-design/drafting-documentation/product-manufacturing-information.shtml#lightview%26uri=tc:1023-209190%26title=Lifecycle Insights - The Promise of PMI eBook%26docType=pdf](http://www.plm.automation.siemens.com/en_us/products/nx/for-design/drafting-documentation/product-manufacturing-information.shtml#lightview%26uri=tc:1023-209190%26title=Lifecycle%20Insights%20The%20Promise%20of%20PMI%20eBook%26docType=pdf)
- [12] Pukhovskiy E. Technological bases of flexible automated production: Textbook. - K.: Higher school. Head Publishing House, 1989. - 240 p.: 87 pic.- Bibliogr. : 35 titles. ISBN 5-11-001340-3.
- [13] Gilmudtinov Sh. Design automation systems. Condition at enterprise and development prospects / Gilmudtinov Sh. // Scientific and technical book. Production, organization and technology. Repair and maintenance. Experience of creation and development prospects: Volume Two. - Nikolaiv: Research and Production Complex "Zorya" - "Mashproekt", NO IAU, 2004. — p.115–119.
- [14] Volkov V. Methods of designing automation of technological processes of machine repairing /Volkov V. and Gilmudtinov Sh. // Bulletin of National Technical University "KPI": collection of research papers - 2010. - #33. - p. 102–109.
- [15] Yurchushun I. Efficiency increasing of design and technological preparation of production based on a common information space of the enterprise // Bulletin of National University "Lviv Polytechnic", 2011. - Pub. 702: "Optimization of production processes and technical control in machine building and instrument making". - p. 39–43.
- [16] Demjanjuk F. Technological bases of thread and automated production. Textbook - 3rd ed. - M.: Higher School, 1968. - 704 p.
- [4] ГОСТ Р ИСО 10303-42-2003 Системы автоматизации производства и их интеграция. Представление данных об изделии и обмен этими данными. Часть 42. Протокол прикладной программы: Интегрированные родовые ресурсы. Геометрическое и топологическое представление.
- [5] ДСТУ ISO 10303-214:2007 Системы промышленной автоматизации и интеграция. Представление данных о продукции и обмен данными. Часть 1038. Модуль прикладных программ. Представление независимого свойства.
- [6] Митрофанов С.П. Групповая технология машиностроительного производства. В 2-х т. Т.1. Организация группового производства. 3-е изд., перераб. и доп. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1983. – 407 с., ил.
- [7] Сысоев С.К., Сысоев А.С., Левко В.А. Технология машиностроения. Проектирование технологических процессов: Учебное пособие. — СПб.: Издательство «Лань» (Учебники для вузов. Специальная литература), 2011. — 352 с.:
- [8] Петухов А.В. Системы автоматизированного проектирования технологических процессов: учебн. пособие/ А.В.Петухов, Д.В.Мельников, В.М. Быстренков; М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос.техн. ун-т им П.О Сухого, 2011. – 144 с.
- [9] Фіранський В.Б., Мельник О.О., Савенков Б.А. Аналіз інформаційної моделі вихідних даних для систем автоматизованого та автоматичного проектування технологічних процесів механічного оброблення деталей, Міжнародний науковий журнал «Технологічні комплекси» №1 (7) 2013, Секція «Розвиток технологічних комплексів у різних галузях виробництва», Видавець: «Луцький Національний Технічний Університет», (Луцьк, Україна), С.132-136.
- [10] http://www.rusnauka.com/9_SNP_2015/Tecnic/12_189404.doc.htm
- [11] [http://www.plm.automation.siemens.com/en_us/products/nx/for-design/drafting-documentation/product-manufacturing-information.shtml#lightview%26uri=tc:1023-209190%26title=Lifecycle Insights - The Promise of PMI eBook%26docType=pdf](http://www.plm.automation.siemens.com/en_us/products/nx/for-design/drafting-documentation/product-manufacturing-information.shtml#lightview%26uri=tc:1023-209190%26title=Lifecycle%20Insights%20The%20Promise%20of%20PMI%20eBook%26docType=pdf)
- [12] Пуховский Е.С. Технологические основы гибкого автоматизированного производства, Учеб. пособие. — К.: Вища шк. Головное изд-во, 1989. — 240 с.: 87 ил.— Библиогр.: 35 назв. ISBN 5-11-001340-3.
- [13] Гильмутдинов Ш.А. Системы автоматизации проектирования. Состояние на предприятии и перспективы развития / Ш.А. Гильмутдинов // Науч.-техн. сб. Производство, организация и технология. Ремонт и эксплуатация. Опыт создания и перспективы развития: Том второй. - Николаев: НПКГ «Зоря» — «Машпроект», НО ИАУ, 2004. — С. 115–119.
- [14] Волков В.П. Методы автоматизации проектирования технологических процессов ремонта автомобиля / В.П. Волков, Ш.А. Гильмутдинов // Вестник национального технического университета «ХПИ»: сб. науч. тр. — 2010.— № 33. — С. 102–109.
- [15] Юрчишин І.І. Підвищення ефективності конструкторсько-технологічної підготовки виробництва на основі Єдиного інформаційного простору підприємства // Вісник Нац. ун-ту «Львівська політехніка», 2011. – Вип. 702: «Оптимізація виробничих процесів і технічний контроль у машинобудуванні та приладобудуванні». – С. 39–43.
- [16] Демьянюк Ф.С. Технологические основы поточно-автоматизированного производства Учебное пособие. – 3-е изд., испр. – М.: Высшая школа, 1968. – 704 с.


```

160-10303-21
HEADER
FILE DESCRIPTION('THIS FILE CONTAINS SOME STEP
INSTANCES',1)
FILE NAME('Eas HAHN 1.step','2016-03-26T17:09:17',
('UNDEFINED'),
*P-FLK CAD STEP converter',
*P-FLK CAN',
))
FILE_SCHEMA('COMBIG_CONTROL_DESIGN')
ENDSEC
DATA:
#1-MANIFOLD SOLID_BREP('',#21)
#2-CLOSED SHELL('',(#11,#51,#82,#113,#135,#147))
#3-STYLED ITEM(S,(#4),#1)
#4-PRESENTATION_STYLE_ASSIGNMENT(('#5'))
#5-SURFACE_STYLE_USAGE(BOTH,(#6))
#6-SURFACE_STYLE_STYLE('',#7)
#7-SURFACE_STYLE_FILL_AREA(('#8))
#8-FILL_AREA_STYLE('',#9)
#9-FILL_AREA_STYLE_COLOUR('',#10)
#10-COLOUR_RGB(S,(.682,.745,.745))
#11-ADVANCED_FACE('',(#17),#12..T)
#12-PLANE('',#13)
#13-AXIS2_PLACEMENT_3D('',#14,#15,#16)
#14-CARTESIAN_POINT('',(0,1,0,0,0))
#15-DIRECTION('',(0,0,0,1,0))
#16-DIRECTION('',(-1,0,0,0,0))
#17-FACE_OUTER_BOUND('',#18..T)
#18-EDGE_LOOP('',(#19,#29,#37,#45))
#19-ORIENTED_EDGE('',#20..F)
#20-EDGE_CURVE('',#21,#23,#25..T)
#21-VERTEX_POINT('',#22)
#22-CARTESIAN_POINT('',(0,1,0,0,0))
#23-VERTEX_POINT('',#24)
#24-CARTESIAN_POINT('',(0,0,0,0,0))
#25-LINE('',#26,#27)
#26-CARTESIAN_POINT('',(-0,1,0,0,0))
#27-VECTOR('',#28..T)
#28-DIRECTION('',(1,0,0,0,0))
#29-ORIENTED_EDGE('',#30..F)
#30-EDGE_CURVE('',#31,#33,#35..T)
#31-VERTEX_POINT('',#32)
#32-CARTESIAN_POINT('',(0,1,0,0,0))
#33-LINE('',#34,#35)
#34-CARTESIAN_POINT('',(-0,1,0,0,0))
#35-VECTOR('',#36..T)
#36-DIRECTION('',(0,0,1,0,0))
#37-ORIENTED_EDGE('',#38..T)
#38-EDGE_CURVE('',#39,#41..T)
#39-VERTEX_POINT('',#40)
#40-CARTESIAN_POINT('',(0,0,1,0,0))
#41-LINE('',#42,#43)
#42-CARTESIAN_POINT('',(-0,1,0,0,0))
#43-VECTOR('',#44..T)
#44-DIRECTION('',(1,0,0,0,0))
#45-ORIENTED_EDGE('',#46..F)
#46-EDGE_CURVE('',#47,#49..T)
#47-LINE('',#48,#49)
#48-CARTESIAN_POINT('',(0,0,1,0,0))
#49-VECTOR('',#50..T)
#50-DIRECTION('',(0,0,1,0,0))
#51-ADVANCED_FACE('',(#57),#52..T)
#52-PLANE('',#53)
#53-AXIS2_PLACEMENT_3D('',#54,#55,#56)
#54-CARTESIAN_POINT('',(0,0,1,0,0))
#55-DIRECTION('',(1,0,0,0,0))
#56-DIRECTION('',(0,0,0,1,0))
#57-FACE_OUTER_BOUND('',#58..T)
#58-ORIENTED_EDGE('',#59..F)
#59-ORIENTED_EDGE('',#60..F)
#60-EDGE_CURVE('',#61,#63,#65..T)
#61-VERTEX_POINT('',#62)
#62-CARTESIAN_POINT('',(0,0,0,0,0))
#63-VECTOR('',#64..T)
#64-CARTESIAN_POINT('',(0,0,0,0,0))
#65-LINE('',#66,#67)
#66-CARTESIAN_POINT('',(-0,1,0,0,0))
#67-ORIENTED_EDGE('',#68..F)
#68-EDGE_CURVE('',#69,#71..T)
#69-ORIENTED_EDGE('',#72..F)
#70-EDGE_CURVE('',#73,#75,#77..T)
#71-VERTEX_POINT('',#78)
#72-CARTESIAN_POINT('',(0,0,0,0,0))
#73-VECTOR('',#79..T)
#74-ORIENTED_EDGE('',#80..F)
#75-DIRECTION('',(0,0,0,1,0))
#76-ORIENTED_EDGE('',#81..T)
#77-EDGE_CURVE('',#82,#84..T)
#78-LINE('',#85,#86)
#79-CARTESIAN_POINT('',(0,0,0,0,0))
#80-VECTOR('',#87..T)
#81-DIRECTION('',(0,0,1,0,0))
#82-ADVANCED_FACE('',(#88),#83..T)
#83-PLANE('',#84)
#84-AXIS2_PLACEMENT_3D('',#85,#86,#87)
#85-CARTESIAN_POINT('',(0,0,0,0,0))
#86-DIRECTION('',(0,0,0,1,0))
#87-FACE_OUTER_BOUND('',#88..T)
#88-EDGE_LOOP('',(#89,#89,#99,#107))
#89-ORIENTED_EDGE('',#90..F)
#90-ORIENTED_EDGE('',#91..F)
#91-EDGE_CURVE('',#92,#94..T)
#92-CARTESIAN_POINT('',#93)
#93-CARTESIAN_POINT('',(-0,1,0,0,0))
#94-LINE('',#95,#96)
#95-CARTESIAN_POINT('',(0,0,0,0,0))
#96-VECTOR('',#97..T)
#97-DIRECTION('',(-1,0,0,0,0))
#98-ORIENTED_EDGE('',#99..F)
#99-ORIENTED_EDGE('',#100..T)
#100-EDGE_CURVE('',#101,#103..T)
#101-VERTEX_POINT('',#102)
#102-CARTESIAN_POINT('',(-0,1,0,0,0))
#103-LINE('',#104,#105)
#104-CARTESIAN_POINT('',(0,0,0,0,0))
#105-VECTOR('',#106..T)
#106-DIRECTION('',(-1,0,0,0,0))
#107-ORIENTED_EDGE('',#108..T)
#108-EDGE_CURVE('',#109,#110..T)
#109-LINE('',#110,#111)
#110-CARTESIAN_POINT('',(-0,1,0,0,0))
#111-VECTOR('',#112..T)
#112-DIRECTION('',(0,0,1,0,0))
#113-ADVANCED_FACE('',(#119),#116..T)
#116-PLANE('',#115)
#115-AXIS2_PLACEMENT_3D('',#116,#117,#118)
#118-CARTESIAN_POINT('',(-0,1,0,0,0))
#119-DIRECTION('',(-1,0,0,0,0))
#118-DIRECTION('',(0,0,0,1,0))
#120-EDGE_CURVE('',#121,#123,#130)
#121-EDGE_LOOP('',#121,#127,#128,#130)
#122-ORIENTED_EDGE('',#122..F)
#122-EDGE_CURVE('',#122,#123..T)
#123-LINE('',#124,#125)
#124-CARTESIAN_POINT('',(-0,1,0,0,0))
#125-VECTOR('',#126..T)
#126-DIRECTION('',(0,0,0,1,0))
#127-ORIENTED_EDGE('',#127..F)
#127-ORIENTED_EDGE('',#128..T)
#128-ORIENTED_EDGE('',#129..F)
#129-ORIENTED_EDGE('',#130..T)
#130-EDGE_CURVE('',#131,#133,#135..T)
#131-VERTEX_POINT('',#132)
#132-CARTESIAN_POINT('',(0,0,0,0,0))
#133-LINE('',#134,#135)
#134-CARTESIAN_POINT('',(0,0,0,0,0))
#135-ORIENTED_EDGE('',#136..F)
#136-ORIENTED_EDGE('',#137..F)
#137-ORIENTED_EDGE('',#138..T)
#138-ORIENTED_EDGE('',#139..F)
#139-ORIENTED_EDGE('',#140..T)
#140-EDGE_CURVE('',#141,#143,#145..T)
#141-VECTOR('',#144..T)
#144-ORIENTED_EDGE('',#145..F)
#145-DIRECTION('',(0,0,0,1,0))
#146-ORIENTED_EDGE('',#147..T)
#147-EDGE_CURVE('',#148,#150..T)
#148-ORIENTED_EDGE('',#149..F)
#149-DIRECTION('',(0,0,0,0,0))
#150-ORIENTED_EDGE('',#151..T)
#151-ORIENTED_EDGE('',#152..F)
#152-DIRECTION('',(0,0,0,0,0))
#153-FACE_OUTER_BOUND('',#154..T)
#153-EDGE_LOOP('',#155,#157,#158)
#154-EDGE_CURVE('',#155,#156,#157,#158)
#155-ORIENTED_EDGE('',#159..T)
#156-ORIENTED_EDGE('',#160..T)
#157-ORIENTED_EDGE('',#161..T)
#158-SHAPE_DEFINITION_REPRESENTATION(('#60,'#157))
#159-PRODUCT_DEFINITION_SHAPE('',#161)
#160-PRODUCT_DEFINITION('Undefined',#162,#164)
#161-PRODUCT_DEFINITION('Undefined',#162,#164)
#162-PRODUCT_DEFINITION('Undefined',#162,#164)
#163-NOT_KNOWN)
#163-PRODUCT('Burmahanshe_1',#163)
#164-DESIGN_CONTEXT('',#166,'design')
#165-MECHANICAL_CONTEXT('',#166,'mechanical')
#166-APPLICATION_CONTEXT(
'CONFIGURATION CONTROLLED 3D DESIGNS OF MECHANICAL PARTS
AND ASSEMBLIES')
#167-ADVANCED_BREP_SHAPE_REPRESENTATION('Burmahanshe_1',(
#176,#11,#160)
#168-UNCERTAINTY_MEASURE_WITH_UNIT(LENGTH_MEASURE(9.999999999999999E-007))
#172-(GEOMETRIC_REPRESENTATION_CONTENT(3)GLOBAL_UNCERTAIN
Y_ASSIGNED_CONTENT(
#168)GLOBAL_UNIT_ASSIGNED_CONTENT(('#170,#171,#172))REPRE
SENTATION_CONTENT(
'101','3D'))
#170-(ARMED_UNIT('SI_UNIT(5,'STERADIAN):SOLID_ANGLE_UNIT(
))
#171-(NAMED_UNIT('PLANE_ANGLE_UNIT('SI_UNIT(6,'RADIAN):)
#172-(LENGTH_UNIT('NAMED_UNIT('SI_UNIT(8,'METRE):)
#173-CARTESIAN_POINT('',(0,0,0,0,0))
#174-DIRECTION('',(0,0,0,0,0))
#175-DIRECTION('',(0,0,0,0,0))
#176-AXIS2_PLACEMENT_3D('',#173,#174,#175)
ENDSEC
END-160-10303-21)

```

Listing 1. Exported data in STEP format / Експортовані дані в формати STEP