

STANDARD STEP W PROCESACH INTEGRACJI I ROZWOJU KOMPUTEROWYCH SYSTEMÓW INŻYNIERSKICH CZĘŚĆ I – CHARAKTERYSTYKA STANDARDU

Standard STEP process integration and development of computer systems engineering Part I – standard features

Jerzy STAMIROWSKI

S t r e s z c z e n i e: Integracja informacyjna jest istotnym elementem automatyzacji procesów projektowania i technicznego przygotowania produkcji. Prowadzone w ISO prace doprowadziły do opracowania standardu ISO 10303 STEP, ujednolicającego model informacyjny wyrobu, tworząc tym samym warunki do integracji informacyjnej procesów projektowania i technicznego przygotowania produkcji. W artykule przedstawiono syntetycznie: zasady integracji, podstawy standardu STEP i języka EXPRESS oraz kierunki rozwoju standardu STEP.

S ł o w a k l u c z o w e: Integracja, cykl życia wyrobu, automatyzacja, standard STEP, EXPRESS

A b s t r a c t: The integration of information is an essential element of the process automation of design and engineering. Conducted in ISO work led to the development of ISO 10303 STEP harmonizing the product information model creates conditions for the integration of information and processes designed technical preparation of production. The article presents synthetically: the principle of integration, the base of the standard STEP and EXPRESS language and directions of development of the standard STEP.

K e y w o r d s: integration, product life cycle, automation, standard STEP, EXPRESS

Wprowadzenie

Podstawowym instrumentem zwiększenia konkurencyjności przedsiębiorstwa staje się stosowanie technologii informacyjnych we wszystkich procesach cyklu życia wyrobu. Jednym z podstawowych problemów integracji informacyjnej jest dysponowanie ujednoliconym modelem danych, oferującym dane wymagane przez aplikacje systemów komputerowych, obsługujących różne zadania procesów cyklu życia wyrobu.

Modele o złożonej strukturze, wyczerpująco definiujące własności wyrobu proponuje międzynarodowy standard ISO 10303 STEP.

Wielowątkowość, złożoność i obszerność problematyki integracji w przebiegu procesów cyklu życia wyrobu, nie pozwala na wyczerpujące przedstawienie problemu. Przedstawione zostaną jedynie oferowane przez model możliwości integracji w obszarach projektowania i technicznego przygotowania produkcji.

Podstawowe pojęcia – model wyboru, integracja cyklu życia wyrobu

Komputerowe wspomaganie (automatyzacja) procesów cyklu życia wyrobu

W początkowym okresie komputerowego wspomaganie procesów produkcyjnych, systemy komputerowe stosowano do rozwiązywania pojedynczych, odizolowanych zadań. Były to systemy do zarządzania, a następnie do obliczeń inżynierskich, projektowania i technicznego przygotowania produkcji (CAE/CAD/CAM).

W miarę zwiększania się liczby systemów i ich producentów, pojawił się problem przesyłania danych pomiędzy systemami o różnych zastosowaniach od różnych producentów. Problemem stała się duża ilość informacji o zróżnicowanych formatach, tworząca bariery komunikacyjne pomiędzy uczestnikami cyklu życia wyrobu. Problem ten dotyczył w szczególności dużych międzynarodowych przedsiębiorstw, produkujących złożone wyroby, tj. samoloty, okręty, samochody. W wyniku doświadczeń przemysłowych powstała współczesna koncepcja zintegrowanego wsparcia informacyjnego cyklu życia wyrobu, oparta na wymianie informacji „bez papieru” i standaryzująca model danych opisujący wyrób na każdym etapie cyklu życia wyrobu. Model proponował

utworzenie jednolitej przestrzeni informacyjnej (JPI), obejmującej wszystkich uczestników cyklu życia wyrobu. Charakterystycznymi cechami JPI powinny być: otwarta architektura, wspólne przechowywanie danych (repozytoria) i pracujące na danych modelu oprogramowanie, akceptowane przez wszystkich uczestników cyklu życia wyrobu [5].

Informacyjne wsparcie cyklu życia wyrobu

Technologie reprezentacji danych

Pod pojęciem tym należy rozumieć zbiór metod języków i modeli pozwalających przedstawić informacje o wyrobie dla potrzeb każdego procesu cyklu życia wyrobu.

Obszar przedmiotowy wyrobu to nieustrukturyzowany zbiór obiektów opisanych wartościami ich właściwości (atrybutów) oraz istniejącymi pomiędzy nimi związkami.

Model informacyjny to nazwane zbiory encji (entity, obiekty), mające właściwości (atrybuty), które opisane są nazwami (metadane) np. promień, długość. Wartości atrybutów wyrażone są liczbowo lub opisowo np.: 50, 100, mały, duży. Pomiędzy zbiorami encji istnieją logiczne związki. Model zawiera: zbiór pojęć definiujących obiekty obszaru przedmiotowego, zbiór atrybutów obiektów i związki pomiędzy obiektami obszaru przedmiotowego.

Model służy do opisu wyrobu i wymiany informacji o wyrobie, stając się źródłem pierwotnej informacji dla wszystkich programów użytkowych. Programy te mogą również zbierać i przechowywać wyniki swojej pracy.

Technologie integracji danych

Technologia integracji danych to zbiór metod integrowania zautomatyzowanych procesów cyklu życia wyrobu wraz z ich danymi w ramach jednolitej przestrzeni informacyjnej. Proces integracji polega na zbudowaniu struktury łączącej oddzielne modele cyklu życia wyrobu przez powiązanie zbiorów obiektów, atrybutów i związków.

Integracja przeprowadzana jest na ogół w dwóch etapach: utworzenie w oparciu o istniejące standardy dokumentów elektronicznych dla każdego procesu i każdego uczestnika cyklu życia wyrobu, utworzenie z niezależnych dokumentów zintegrowanej jednolitej przestrzeni informacyjnej (ZJPI) cyklu życia wyrobu. Elementem integrującym jest w pierwszej kolejności ujednoczony model danych.

Standardy technologii informacyjnego wsparcia cyklu życia wyrobu

Podstawowymi, wyróżnianymi grupami standardów są standardy funkcjonalne (opisujące metody rozwiązywania zadań) i techniczne (określające modele, struktury wymiany danych oraz wspólne ich stosowanie).

W procesach informacyjnego wsparcia cyklu życia wyrobu znaczenie ma pięć grup standardów [5], [6],[4], [2]:

- standardy funkcjonalne – opisujące w różnych formach funkcjonowanie procedur systemów np. graficznej. Przykłady: IDFO, Workflow Management Coalition (workflow), UML,
- standardy informacyjne – opisujące i klasyfikujące struktury danych o wyrobie. Za podstawowy standard w budowie maszyn uważany jest międzynarodowy standard wymiany danych o wyrobie ISO 10303 STEP [6], [4],
- standardy architektury – sieciowe architektury obiektowe CORBA (Common Object Request Broker Architecture) i DCOM (Distributed Common Object Model) [2],
- standardy komunikacyjne – fizyczne przesyłania danych pomiędzy systemami komputerowymi. Podstawą są standardy sieci Internet,
- standardy interfejsów użytkownika – dialog z systemem i procedury współpracy systemów [2].

Największe znaczenie z punktu widzenia procesów projektowania i technicznego przygotowania produkcji mają standardy wymiany danych o wyrobie ISO 10303 STEP.

STEP jest powszechnie zalecany i stosowany w wielu poważnych przedsiębiorstwach. Przyczyną jest rozbudowana struktura danych, pozwalająca opisać: geometrię wyrobu, strukturę wyrobu, związki w jakie wchodzi elementy wyrobu oraz wymagania jakościowe wyrobu. Model o tak rozbudowanej strukturze danych, przewidywany jest do użycia w szerokim zakresie aplikacji stosowanych w procesach cyklu życia wyrobu. Dane modelu mogą być używane do generacyjnego projektowania procesów technologicznych obróbki, programowania obrabiarek CNC, projektowania procesów technologicznych montażu (opis struktury) oraz projektowania zautomatyzowanych elastycznych systemów wytwarzania (ZESW). Struktura danych modelu STEP jest dużo bogatsza od struktury standardów IGES, SET czy VDA-FS.

STEP

Podstawowe własności standardu STEP

Zalecany do budowy modeli informacyjnych, danych o wyrobie, międzynarodowy standard ISO 10303 Product data representation and exchange (Przedstawienie danych o wyrobie i ich wymiana) noszący nieformalną nazwę STEP – Standard for the Exchange of Product Data (standard dla wymiany danych o wyrobie), zawiera pięć podstawowych komponentów: metody opisu, metody realizacji, zintegrowane zasoby, metody testowania zgodności, protokoły zastosowań.

Metody opisu

Podstawowym narzędziem opisu wyrobu jest w standardzie STEP język EXPRESS (ISO 10303-11) [6],[4]. Nie jest to język programowania, ale język

reprezentujący struktury danych, używane do opisu własności wyrobu. Współczesne systemy CAD/CAM tj. CATIA, SOLIDWORKS generują na wyjściu pliki wymiany danych standardu STEP w języku EXPRESS. Systemy mogą swobodnie wymieniać dane, jeżeli czytają język EXPRESS i generują na wyjściu pliki w języku EXPRESS. Pliki te mogą być przetwarzane zgodnie z potrzebami procesów cyklu życia wyrobu. Fragment pliku w języku EXPRESS przedstawiono na rys. 1.

Metody realizacji (wymiany danych)

STEP proponuje dwie metody wymiany danych: plik wymiany i interfejs SDAI (Standard Data Access Interface – ISO 10303-22), łączący dostęp do bazy danych o wyrobie z systemami CAD.

Protokoły zastosowania

Protokół zastosowania STEP jest specjalnym przedstawieniem informacji o wyrobie dla konkretnego obszaru przedmiotowego i zawiera uzupełnienia specyficzne dla danego obszaru przedmiotowego. Przykładami są protokoły: budowa maszyn ISO 10303-203 (AP 203), budowa samochodów ISO 10303-214 (AP 214), budowa okrętów ISO 10303-215 (AP 215).

Zintegrowane zasoby

Zintegrowane zasoby określone są specyficznymi dla obszaru przedmiotowego protokołami zastosowań STEP. Podstawą zintegrowanych zasobów jest bazowy model wyrobu w języku EXPRESS, wchodzący w zestaw protokołów zastosowań.

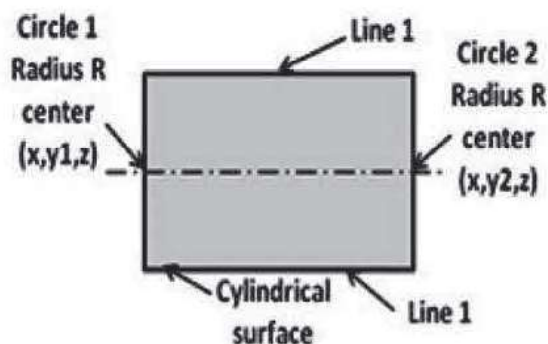
Metody testowania

Metody testowania służą do sprawdzenia zgodności oprogramowania używanego do opisu i przesyłania danych z odpowiednim standardem protokołu zastosowania STEP.

Podstawowe grupy danych tworzące model wyrobu w AP203 (budowa maszyn)

Protokół ISO 10303-203, configuration controlled design (projekt wyrobu z zarządzaniem konfiguracją) – AP 203, jest najpopularniejszym protokołem AP, przeznaczonym do wymiany danych opisujących projektowany wyrób [5], [6], [4]. Dla przybliżenia jego struktury przedstawiono syntetycznie wykaz podstawowych grupy danych AP203 tworzących model.

```
#35=CLOSED_SHELL('Closed shell',(#75,#92,#132,#149,#177,.....#586)); ...
#75=ADVANCED_FACE('PartBody',(#74),#40,.T.);
#40=CYLINDRICAL_SURFACE('generated cylinder',#39,.50.); #74=FACE_OUTER_BOUND(",#69,.T.)
#69=EDGE_LOOP(",(#70,#71,#72,#73));
#70=ORIENTED_EDGE(",*,*,#49,.F.);
#71=ORIENTED_EDGE(",*,*,#56,.T.);
#72=ORIENTED_EDGE(",*,*,#63,.T.);
#73=ORIENTED_EDGE(",*,*,#68,.F.);
#49=EDGE_CURVE(",#46,#48,#44,.T.);
#56=EDGE_CURVE(",#46,#55,#53,.F.);
#63=EDGE_CURVE(",#55,#62,#60,.T.);
#68=EDGE_CURVE(",#48,#62,#67,.F.);
#44=CIRCLE('generated circl',#43,.50.);
#53=LINE('Line',#50,#52);
#60=CIRCLE('generated circle',#59,.50.);
#67=LINE('Line',#64,#66);
#43=AXIS2_PLACEMENT_3D('Circle Axis2P3D',#41,#42,S);
#59=AXIS2_PLACEMENT_3D('Circle Axis2P3D',#57,#58,S);
#41=CARTESIAN_POINT('Axis2P3D Location',(0.,0.,0.));
#57=CARTESIAN_POINT('Axis2P3D Location',(0.,20.,0.));
#39=AXIS2_PLACEMENT_3D('Cylinder Axis2P3D',#93,#94,#95);
#93=CARTESIAN_POINT('Axis2P3D Location',(0.,30.,0.));
```



Rys. 1. Plik w języku EXPRESS dla cylindrycznego obiektu elementarnego. Plik został wygenerowany z systemu SOLIDWORKS (opracowanie własne [8])

Fig. 1. File in EXPRESS for elementary cylindrical object. File was generated from the system SolidWorks (own study [8])

Identyfikacja wyrobu (Part_identification)

Zawiera podstawowe zasady opisu wyrobu, wersji i wewnętrznej klasyfikacji. Bazowym obiektem jest egzemplarz klasy – product. Dla opisu oznaczenia wyrobu, jego wersji i sposobu prezentacji AP 203 wykorzystuje schemat product_definition_schema z tomu ISO 10303-41.

Wyrób (product)

Klasa product określona w ISO 10303-1 podaje zalecenia dotyczące tworzenia nowego obiektu przez proces.

Wersja wyrobu

Obiekt product_definition odpowiada opisowi jednej wersji jednego wyrobu dla jednego aspektu etapu cyklu życia wyrobu.

Klasyfikacja wyrobów

Klasa product_category opisuje klasę wyrobów do której odnosi się opis. Klasa product_category_relationship opisuje zależności pomiędzy dwoma klasami wyrobu. Klasy mogą tworzyć podklasy.

Geometria wyrobu

Shape (kształt) – kształt i gabaryty wyrobu opisane są obiektami geometrycznymi i zależnościami pomiędzy różnymi postaciami wyrobów. Obiekty geometryczne STEP opisujące kształt wyrobu to głównie punkty oraz dwu- i trzywymiarowe parametryczne krzywe i powierzchnie. Schemat geometric_model_schema (ISO 10303-42) zawiera obiekty określające różne rodzaje modeli geometrycznych.

Struktura wyrobu

Dla opisu struktury wyrobu należy podać do jakiej jednostki montażowej wchodzi wyrób i jakie jest jego położenie. W AP 203 te dwie cechy rozpatrywane są niezależnie.

Opis struktury wyrobu

Klasy używane do opisu struktury wyrobu w AP 203 zawarte są w schemacie product_structure_schema z ISO 10303-44. AP 203 używa zdefiniowanych w ISO 10303-44 zależności pomiędzy wyrobami.

Klasa assembly_component_usage opisuje związek pomiędzy elementami konstrukcji przy pomocy przedstawionych niżej czterech podtypów.

Klasa quantified_assembly_component_usage – związek pomiędzy elementami i ich operacjami montażu.

Klasa next_assembly_usage_occurrence – określa zależność pomiędzy elementem i kolejną bezpośrednią operacją montażu.

Klasa specified_higher_usage_occurrence – określa zależność pomiędzy montowanym elementem a węzłem najwyższego poziomu. Można połączyć węzły na różnych poziomach

Klasa promissory_usage_occurrence przerywa związek pomiędzy montowanym elementem a węzłem najwyższego poziomu.

Struktura wyrobu modelowana jest skierowanym analitycznym grafem. W modelach tych węzły reprezentują wyrób a luki charakter połączenia. W schemacie product_structure_schema węzły odpowiadają klasie product_definition a luki assembly_component_usage.

Pełny opis języka EXPRESS znajduje się w normie ISO 10303-11 [6], [4].

Język STEP może być używany nie tylko do wymiany danych, ale również jako samodzielna struktura danych wejściowych, przetwarzana przez aplikacje cyklu życia wyrobu. Dane z plików w języku EXPRESS generowanych z systemów CAD, mogą być używane przez aplikacje stosowane w systemach automatyzujących projektowanie procesów technologicznych i automatyzujących projektowanie zautomatyzowanych elastycznych systemów wytwarzania. Język EXPRESS może być konwertowany na język XML [7].

Rozwój standardu STEP

W 2010 r. ISO wydało nowy produkt SMRL ISO, opisujący moduły STEP i biblioteki zasobów. Zawiera ona opisy wszystkich części zasobów standardu STEP i modułów aplikacji na jednej płycie CD [11]. SMRL będzie regularnie aktualizowane i dostępne po znacznie niższych kosztach niż zakup wszystkich części oddzielnie. W grudniu 2014 r. ISO opublikowała pierwszą edycję nowego protokołu AP 242 [3]. Protokół AP242 STEP rozszerza model o wymagania jakościowe wyrobu, tj. tolerancja i błędy kształtu, tworząc jednocześnie możliwość zwiększenia funkcjonalności systemów automatyzujących projektowanie procesów technologicznych i procesów kontroli [3], [12]. Poniżej przedstawiono fragment pliku AP242 EXPRESS [1].

```
#3014=PRODUCT_DEFINITION_CONTEXT('',#3015,'design');
#3015=APPLICATION_CONTEXT('geometrical dimensioning and
tolerancing representation');
#3016=APPLIED_DOCUMENT_REFERENCE(#4012,',( #3014));
#3017=PRODUCT('ISO 1101','Geometrical Product Specifications
(GPS)\X2\FFFD\X0\ Geometrical tolerancing', $(#4010));
#3018=PRODUCT_DEFINITION_FORMATION('',$,#3017);
#3019=SHAPE_ASPECT('S4',$,#114,.T.);
#3020=SHAPE_ASPECT('S5',$,#114,.T.);
#3021=DIMENSIONAL_LOCATION('linear
distance',$,#3019,#3020);
#3022=(LENGTH_MEASURE_WITH_UNIT()MEASURE_
REPRESENTATION_ITEM()MEASURE_WITH_UNIT(LENGTH_
MEASURE(140.0),#1587)REPRESENTATION_ITEM('lower
range'));
#3023=(LENGTH_MEASURE_WITH_UNIT()
MEASURE_REPRESENTATION_ITEM()
```

MEASURE_WITH_UNIT(LENGTH_MEASURE(160.0),#1587)
REPRESENTATION_ITEM('upper range');

Z tak rozwiniętym modelem danych o wyrobie wiążane jest często rozszerzenie PMI (Product Manufacturing Information) – informacja o wytwarzaniu wyrobu. Model zwiększa liczbę własności (atrybuty) [10]. W pracach ISO problem ten znajduje odzwierciedlenie w nowym protokole AP242 PMI [3], [12], [10], [9].

STEP jest rozwijany i utrzymywany przez komitet techniczny ISO TC 184, systemy automatyzacji i integracji, podkomitetu SC4, dane przemysłowe. Objęty jest prawami autorskimi przez ISO. Jest standardem trudnym, wymusza konieczność zapoznania się z szeregiem nowych koncepcji i nie jest łatwo dostępny. Stan ten może zmienić SMRL ISO. Dostępny dla użytkowników jest natomiast język EXPRESS (ISO 10303-11), który jest osią standardu. Przy pomocy języka EXPRESS można definiować struktury danych a wersja G pozwala na graficznie przedstawienie struktur. Pliki w języku EXPRESS generowane są przez większość systemów CAD np. SOLIWORKS, CATIA [10]. Krótki przegląd standardu STEP pokazuje, że nie jest to standard martwy. Jest nadal intensywnie rozwijany i coraz szerzej stosowany, szczególnie przez firmy lotnicze, samochodowe oraz wytwarzające wyroby na najwyższym poziomie technicznym.

Podsumowanie

W artykule przedstawiono w zarysie historię standardu STEP, strukturę języka EXPRESS oraz kierunki rozwoju standardu. Duża objętość norm STEP, utrudniony dostęp oraz konieczność zapoznania się z szeregiem nowych koncepcji, utrudniają upowszechnianie standardu. Przedstawione w artykule syntetyczne, ale dość szerokie spojrzenie na integrację z zastosowaniem standardu STEP, pokazuje jego możliwości. Rozszerzoną wiedzę o standardzie można uzyskać z obszernej literatury. Mimo wszystkich trudności, duże przedsiębiorstwa produkujące wyroby o najwyższym poziomie technicznym, widzą przewagę dobrych stron standardu STEP i rozwijają jego stosowanie. Standard STEP nie jest standardem martwym. ISO kontynuuje proces jego rozwoju (AP242), a przedsiębiorstwa zwiększają jego stosowanie.

LITERATURA

- [1] Barnard Feeney A., S.P. Frechette, V. Srinivasan. 2014. "A portrait of an ISO STEP tolerancing standard as an enabler of smart manufacturing systems". *Journal of Computing and Information Science in Engineering*. 13th CIRP Conference on Computer Aided Tolerancing May, China: Hangzhou, http://ws680.nist.gov/publication/get_pdf.cfm?pub_id=915430, dostęp 02.2017.
- [2] Emmerich W. 2002. „Engineering Distributed Objects”. Wydawnictwo John Wiley & Sons Ltd., 510.
- [3] ISO 10303-242:2014. Industrial automation systems and integration -- Product data representation and exchange -- Part 242: Application protocol: Managed model-based 3D engineering, http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm%3Fcsnumber%3D57620, dostęp 02.2017.
- [4] ISO 10303-11:2004 Subscribe to updates Industrial automation systems and integration -- Product data representation and exchange -- Part 11: Description methods: The EXPRESS language reference manual, http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?cnumber=38047, dostęp 02.2017.
- [5] Kołczin A.F., W.M. Owsjannikow, A.F. Strjeżałow. 2002. „Zarządzanie cyklem życia produkcji”. M: Ancharsis, 303.
- [6] PN-ISO 10303-11. Systemy integracji i automatyzacji przemysłowej. Reprezentacja i wymiana danych o produktach. Metody opisu. Język EXPRESS.
- [7] Recommended Practices for STEP AP242 Business Object Model XML Product & Assembly Structure. Release 1.1 May 20, 2016: 203.
- [8] Stamirowski J., K. Borkowski. 2014. „Pozyskiwanie danych dla zintegrowanej platformy wspomagającej projektowanie zautomatyzowanych systemów wytwarzania”. Kielce: XII Sympozjum Wydziału Zarządzania i Modelowania Komputerowego Politechniki Świętokrzyskiej: 626–633.
- [9] www.ap242.org/geometry-assembly-pmi-interopability, dostęp 02.2017.
- [10] <https://www.3ds.com> – Dessault Systems, dostęp 02.2017.
- [11] www.en.wikipedia.org/wiki/ISO_10303, dostęp 02.2017.
- [12] <https://www.steptools.com/stds/stepnc>, dostęp 02.2017.

dr hab.inż. Jerzy Stamirowski prof. Politechniki Świętokrzyskiej – Katedra Automatyki i Robotyki Wydziału Mechatroniki i Budowy Maszyn Politechniki Świętokrzyskiej, al. Tysiąclecia Państwa Polskiego 7, 25-314 Kielce, e-mail: j.stamirowski@tu.kielce.pl