

KONCEPCJA ŚRODOWISKA DO ZARZĄDZANIA STRUKTURĄ PRODUKTU DLA PRZEDSIĘBIORSTW O STRUKTURZE WIELOODDZIAŁOWEJ

Jacek CZAJKA, Mariusz CHOLEWA

Streszczenie: W opracowaniu zaprezentowano koncepcję rozwiązania informatycznego wspomagającego automatyczne budowanie i synchronizowanie struktury produktu w systemach zintegrowanych na podstawie modelu złożeniowego opracowanego w środowisku systemu CAD. Opracowano dodatek do systemu CAD, który umożliwia komunikację z systemem PDM a w kolejnym kroku przekazanie danych do systemu ERP. Wdrożenie takiego środowiska spowoduje uporządkowanie pracy działów projektowania konstrukcyjnego, podniesie ich wydajność oraz zapewni pracę w środowisku rozproszonym.

Słowa kluczowe: PDM, ERP, struktura produktu, BOM

1. Wprowadzenie

Przedsiębiorstwa produkcyjne dążą do maksymalnego skrócenia czasu wprowadzenia nowego produktu na rynek. Aby osiągnąć ten cel sięgają po nowoczesne metody zarządzania i rozwiązania informatyczne umożliwiające skuteczne zarządzanie zasobami przedsiębiorstwa. Zwykle wybór pada na system klasy ERP w nadziei na to, że dostarczy on funkcji wymaganych przez wszystkie komórki przedsiębiorstwa, zapewni optymalne wykorzystanie zasobów, komunikację i wymianę danych w przypadku przedsiębiorstwa o strukturze rozproszonej oraz uporządkuje procesy biznesowe. W przypadku przedsiębiorstwa, które ma wiele oddziałów wdrożenie systemu ERP pozwala na zarządzanie taką organizacją poprzez jedno środowisko zapewniające integrację danych i procesów. Zawarte w systemie dane odzwierciedlają aktualną sytuację w firmie co ułatwia podejmowanie decyzji na różnych szczeblach. Realizacja przedsięwzięcia, jakim jest wprowadzenie nowego produktu na rynek w systemie ERP rozpoczyna się od zdefiniowania struktury tego produktu często mylnie nazywanej BOM-em (Bill of Materials). BOM to wykaz materiałów niezbędnych do wyprodukowania danego produktu, który jest konieczny do prawidłowego działania podsystemu MRP (Material Requirement Planning) wspomagającego planowanie potrzeb materiałowych. Natomiast struktura produktu to wielopoziomowe zestawienie materiałów, półproduktów, komponentów wraz z ilościami wymaganymi do wyprodukowania gotowego produktu [1]. Struktura taka zwykle w systemach komputerowych jest prezentowana w postaci rozwijalnego drzewka zawierającego zespoły, podzespoły, części oraz materiały. Źródłem tych danych może być model złożeniowy produktu zaprojektowanego w systemie CAD. Aktualnie wiele przedsiębiorstw boryka się z problemem automatycznego budowania struktury produktu po stronie systemu ERP. Niektóre systemy ERP mają moduły PDM do zarządzania danymi o produkcie ale ich wdrożenie wiąże się z dużymi kosztami. Często brakuje odpowiednich interfejsów wymiany danych co skutkuje tym, że dane te są wprowadzane do systemów

ERP całkowicie manualnie. Manualne zbudowanie struktury produktu dla skomplikowanych produktów jest czasochłonne i jest narażone na błędy ludzkie. Kolejny problem to wprowadzanie zmian w strukturze. Bez mechanizmów synchronizujących zmiany należy wprowadzić manualnie w obydwu systemach. W niniejszym opracowaniu przedstawiono koncepcję środowiska informatycznego wspomagającego zarządzanie strukturą produktu oraz automatyzującego komunikację z systemem ERP w tym zakresie.

2. Koncepcja zintegrowanego środowiska dla konstrukcyjnego rozwoju produktu

Systemy CAD to aplikacje komputerowe wspomagające prace w obszarze szeroko rozumianego projektowania. Dotyczy to zarówno prac związanych z konstrukcją wyrobu jak i również dokumentacją odnośnie jego wytwarzania: modele złożeniowe, modele części, rysunki wykonawcze, szkice do operacji technologicznych i inne. Pierwsze ich wersje oferowały jedynie funkcje, które umożliwiały tworzenie geometrii na płaszczyźnie i ich zadaniem było zastąpienie tradycyjnego projektowania z wykorzystaniem deski kreślarskiej. Wraz z rozwojem komputerów pojawiały się nowe wersje programów oferujące coraz szerszy zakres funkcji i modułów. Dzisiejsze systemy CAD umożliwiają modelowanie części oraz złożów w sposób parametryczny (z wykorzystaniem modeli bryłowych, powierzchniowych czy też hybrydowych) oferując w ten sposób elastyczność w zakresie modyfikacji projektu. Projekt produktu w systemie CAD to model złożeniowy składający się ze złożów i części a to odzwierciedla jego strukturę konstrukcyjną, która może być podstawą dalszych prac związanych z rozwojem produktu np. projektowaniem technologicznym. Dane te są w systemie CAD więc przy użyciu odpowiedniego mechanizmu można je automatycznie przekazać dalej w celu ich dalszego przetwarzania. Wdrażanie systemów CAD/CAM w przedsiębiorstwach znacznie usprawniło prace w obszarze projektowania. Pojawił się natomiast problem ze sprawnym zarządzaniem rosnącą ilością danych w postaci elektronicznej. W wielu przedsiębiorstwach rysunki, modele czy nawet całe projekty są przechowywane na dyskach twardych konstruktorów i nie są ogólnie dostępne w prosty sposób dla innych użytkowników. Brak więc możliwości wyszukiwania dokumentów i szybkiego dotarcia do nich przez innych użytkowników. Dodatkowym problemem, który często występuje, jest brak kontroli na tworzonych wersjami dokumentów. Często dokumenty krążą po firmie w wielu wersjach i trudno jest stwierdzić, która wersja jest obowiązująca a która rozwojowa. Pliki CAD przechowywane na komputerach konstruktorów mogą być jedynie identyfikowane po nazwach folderów i samych plików. Foldery są udostępniane, jako zasoby sieciowe, co częściowo rozwiązuje ten problem.

ERP klasyfikowane są jako zintegrowane systemy informatyczne, których głównym celem jest integracja wszystkich szczebli zarządzania przedsiębiorstwem, m.in.: produkcji i dystrybucji, finansów, gospodarki magazynowej i innych. Zazwyczaj systemy ERP są wykorzystywane przez przedsiębiorstwa do wspomagania procesów logistycznych i zaopatrzeniowych, zarządzania kontaktami z klientami, w tym zamówieniami i ofertami, organizacji prac w służbach finansowych oraz wspierania procesów produkcyjnych.

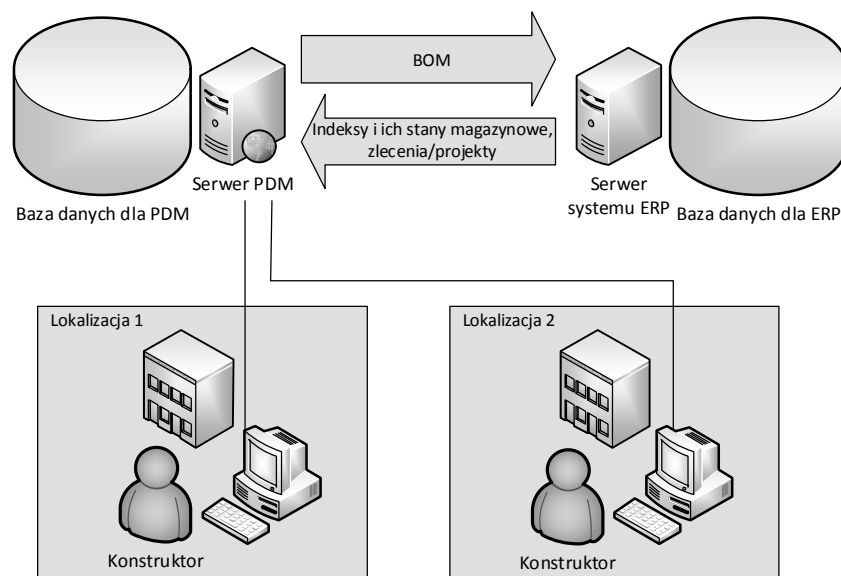
W wielu systemach ERP obszar zarządzania dokumentacją projektową jest całkowicie pominięty. Aby rozwiązać ten problem przedsiębiorstwa często decydują się na opracowanie specjalnych modułów czy interfejsów, które zapewniają wymianę danych między różnymi systemami. Integracja i wymiana danych dotyczy również systemów CAD, które są naturalnym środowiskiem pracy konstruktorów. Należy więc konstruktorowi dostarczyć narzędzi i danych, które będą dostępne z poziomu systemu CAD bez

konieczności przeglądania danych systemu ERP. Uruchamianie wielu systemów w celu pozyskania danych nie wpływa pozytywnie na efektywność projektowania.

Systemy PDM wykorzystywane są do zarządzania procesem rozwoju produktów. Zazwyczaj obszar ich działania obejmuje domenę działu konstrukcyjnego, chociaż specyfikacja funkcjonalna systemów tego typu wg CIMdata [2] dopuszcza działania również w domenie technologa i innych biorących udział w rozwoju dokumentacji konstrukcyjno-technologicznej produktu. Do głównych funkcji systemów PDM należy zarządzanie wszelką dokumentacją, klasyfikacja danych, integracja z systemami informatycznymi, np. CAD, ERP i inne, zarządzanie strukturą produktu, konfiguracją oraz zmianami. A nade wszystko zarządzanie projektem i przepływem prac. W proponowanym rozwiązaniu założono, że system PDM dostarczy funkcjonalności umożliwiającej kontrolę przedsięwzięcia, rozwój dokumentacji konstrukcyjnej i technologicznej oraz kontrolę procesu zgodnie ze standardem ISO serii 9000.

Założono również, że system ERP nie będzie posiadał własnego modułu PDM, co jest sytuacją powszechną w przedsiębiorstwach produkcyjnych, a poprzez zastosowanie niezależnego systemu PDM podniesiona została uniwersalność proponowanego rozwiązania, jednocześnie zwiększając funkcjonalność całego procesu rozwoju nowych produktów.

Na podstawie powyżej przedstawionych rozważań zaprojektowano środowisko pracy dla konstruktora (rys. 1.).



Rys. 1. Koncepcja zintegrowanego środowiska zarządzania strukturą produktu

Na rys. 1. Przedstawiono koncepcję zintegrowanego środowiska dla konstrukcyjnego rozwoju produktu w środowisku rozproszonym. Założono, że będzie się ono składało z następujących komponentów:

- Dodatek do systemu CAD umożliwiający komunikację z systemem PDM. Moduł opracowany w środowisku systemu CAD z wykorzystaniem API (Application Programming Interface).

- System PDM do zarządzania strukturami produktów. Komercyjny środowisko dostosowane do potrzeb prezentowanego projektu. System opracowany w technologiach internetowych i dostępny z poziomu przeglądarki internetowej.
- Interfejs wymiany danych z systemem ERP po stronie systemu PDM.
- Interfejs wymiany danych z systemem PDM po stronie systemu ERP.

2.1. Koncepcja integracji systemu CAD z systemem PDM

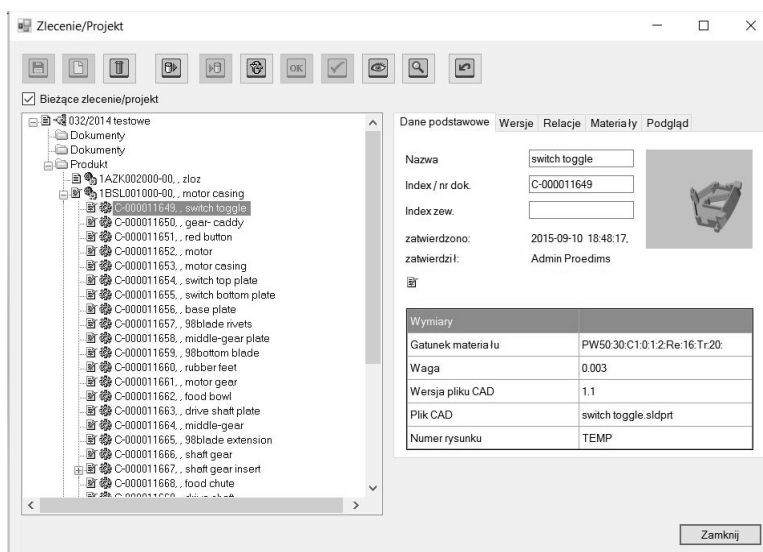
Komunikacja systemu CAD z systemem PDM zrealizowana została przy wykorzystaniu protokołu transmisji danych SOAP (Simple Object Access Protocol), który wykorzystuje format XML do przesyłania danych, a to zapewnia niezależność protokołu od platformy systemowej i technologii, w jakiej napisane zostały dodatkowe moduły komunikacyjne obu systemów. Przepływ danych zrealizowany został przez sieć Internet, przy użyciu protokołu HTTP, do serwera SOAP i z serwera SOAP z powrotem do systemu CAD. Funkcję serwera SOAP pełni system PDM. Jako środowiska testowe wybrano dwa popularne na naszym rynku systemy CAD: SolidWorks oraz Inventor. Systemy te posiadają możliwość rozszerzenia ich funkcjonalności z wykorzystaniem środowiska programistycznego API. Interfejs do systemu PDM jest dostępny jako dodatek w środowisku systemu CAD – dodatkowe menu i pasek ikon. Założono, że wszystkie niezbędne do pracy konstruktora informacje powinny być dostępne z poziomu CAD. Interfejs powinien zapewnić:

- Autoryzację użytkownika loginem i hasłem.
- Wyszukiwanie projektów CAD i ich pobieranie do modyfikacji.
- Podgląd atrybutów projektu CAD (nazwy pliku, daty modyfikacji, autora etc.), relacji projektu, które wskazują na wzajemne powiązania poszczególnych dokumentów, oraz historii modyfikacji wraz z ich autorami.
- Kontrolę dostępu i kontrolę wersji projektów poprzez mechanizm.
- wypożyczania/oddawania (check out/check in), dzięki któremu uzyskano kontrolę nad wersjami, monitorowanie zmian oraz realizację procedur ISO.
- Możliwość sprawdzania i zatwierdzania dokumentacji.
- Podgląd plików CAD bez wypożyczenia.
- Możliwość synchronizacji zmodyfikowanego projektu.
- Automatyczne zakładanie struktury produktu w systemie PDM na podstawie modeli złożeniowych projektów CAD.
- Praca z projektami złożzeń, usuwanie, dodawanie oraz zmiana elementów, a następnie aktualizacja zmian w systemie PDM.
- Możliwość dodawania materiałów do elementów struktury.
- Dostęp do bazy indeksów magazynowych i ich stanów.
- Możliwość pracy w ramach projektu czy też zlecenia.

Moduł PDM stanowi wspólne repozytorium projektów z możliwością sięgania do jego zasobów z poziomu aplikacji SolidWorks czy też Inventor. Komunikacja odbywa się z wykorzystaniem protokołu http więc znakomicie nadaje się do pracy w środowisku rozproszonym. W konfiguracji interfejsu w systemie CAD należy jedynie podać adres http serwera PDM.

2.2 Główne funkcje moduł integrującego systemy CAD z systemem PDM

Po uruchomieniu systemu CAD użytkownik chcąc korzystać z zasobów systemu PDM powinien się do niego zalogować. Zalogowanie się do systemu daje również możliwość wybrania obiektu nadrzędnego dla budowanej struktury. Może to być projekt czy też zlecenie. Przykład takiego zlecenia pokazano na rys. 2. Dołączony model złożeniowy będzie stanowił produkt w zleceniu lub projekcie.



Rys. 2 Przykładowe zlecenie wraz z dołączonymi produktami

Praca w połączeniu z systemem PDM nie jest wymagana i można pracować lokalnie a po skończonej pracy oddać całość na serwer. Praca offline ma sens tylko w przypadku nowego projektu kiedy nie chcemy korzystać z bazy modeli czy też dołączać materiały do struktury. Budowanie struktury produktu na podstawie modelu złożeniowego odbywa się w dwóch krokach:

- Zbudowanie struktury produktu bazującej na indeksach magazynowych zespołów, części i materiałów. Istnieje możliwość budowania struktury dla wybranej konfiguracji modelu złożeniowego.
- Dołączenie plików CAD do struktury – złożenia, części i rysunki. Dane te widoczne są w zakładce „Dane podstawowe” dla wybranego elementu struktury. Następuje wysłanie wszystkich plików CAD na serwer PDM.

W przypadku konieczności modyfikacji struktury, która już jest w pełni zbudowana po stronie systemu PDM należy po wprowadzeniu zmian dokonać synchronizacji danych. System automatycznie rozpozna różnice i zaktualizuje strukturę po stronie systemu PDM.

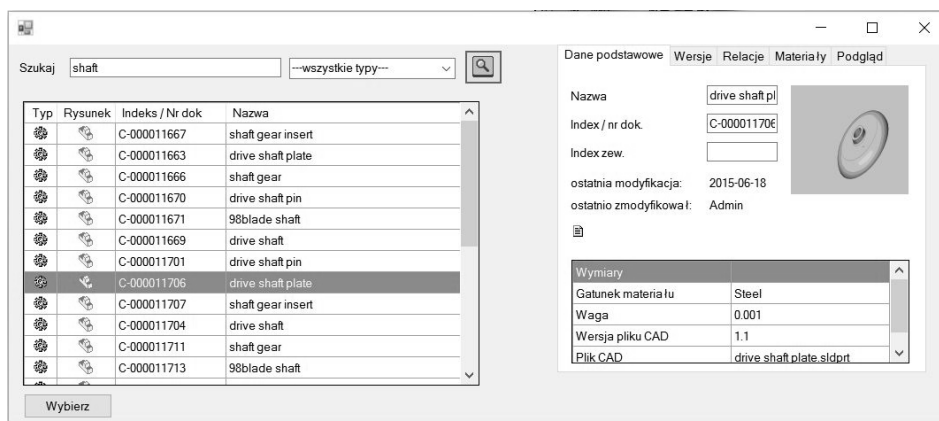
Informacje o elementach struktury są zgromadzone w zakładkach (rys. 2):

- Dane podstawowe - nazwa, kod, data i autor ostatniej zmiany, materiał, waga, wersja pliku CAD, nazwa pliku CAD.
- Wersje - informacja o historii zmian i ich autorach. Każde wypożyczenie i oddanie powoduje utworzenie nowej wersji z zachowaniem poprzedniej. Istnieje możliwość

przywrócenia wersji archiwalnej tak aby była bieżącą. Dodatkowo system rozróżnia wersje obowiązujące (sprawdzone i zatwierdzone) od rozwojowych.

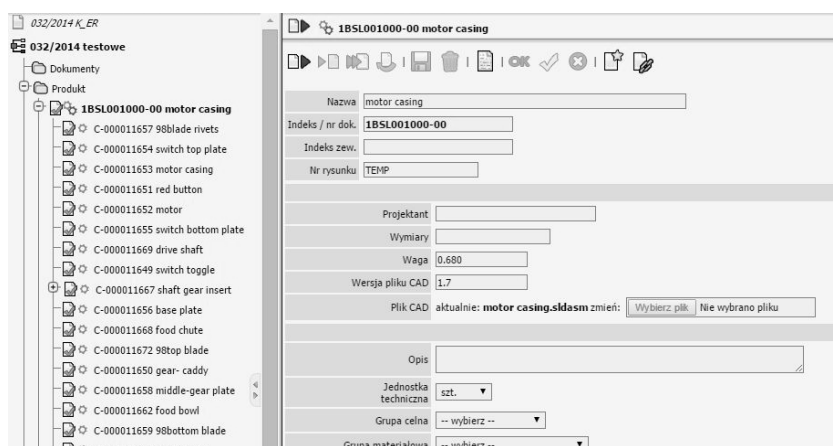
- Relacje - informacja o powiązaniach elementu struktury z innymi obiektami w systemie PDM.
- Materiały - wykaz materiałów (indeksów magazynowych) dołączonych do danego obiektu.
- Podgląd - pogląd pliku CAD bez konieczności pobierania plików.

Konstruktor może korzystać z zasobów PDM w nowych projektach na zasadzie „wyszukaj” i „dołącz” czyli z zachowaniem relacji do pobranego zespołu lub części (rys. 3.). Może również tę relację zerwać poprzez wykonanie kopii, która jest nowym indeksem magazynowym. Nowoutworzone modele po oddaniu na serwer będą udostępnione innym użytkownikom.



Rys. 3. Dołączanie zespołu lub części do projektu CAD

Na rys. 3 pokazano okno umożliwiające wyszukanie i dołączenie zespołu lub części do aktualnie opracowywanego projektu. Po zaznaczeniu elementu na liście i wybraniu opcji „wybierz” system pobiera model CAD i dołącza go do edytowanego złozenia.



Rys. 4. Fragment struktury produktu zbudowanej po stronie systemu PDM

Po zakończeniu prac nad projektem CAD i przekazaniem danych do systemu PDM może nastąpić sprawdzenie i zatwierdzenie dokumentacji. Na Rys. 4. pokazano fragment struktury produktu zbudowanej na podstawie modelu złożeniowego przez opracowany interfejs w środowisku systemu CAD.

Można to zrobić z poziomu interfejsu w systemie CAD. Zatwierdzona dokumentacja otrzymuje status wersji obowiązującej i może być przekazana do systemu ERP w celu realizacji kolejnych prac.

2.3 Koncepcja integracji systemu PDM z ERP

Wykorzystany w prezentowanym projekcie system PDM pracuje w architekturze klient-serwer. Wszystkie dane są przechowywane na komputerze serwerze, a dostęp do nich odbywa się poprzez przeglądarkę internetową. Przewagą rozwiązań internetowych nad rozwiązaniami desktopowymi jest eliminacja wymogu instalacji aplikacji na komputerach użytkowników. Istnieje jedynie konieczność aktualizacji oprogramowania na serwerze. W rozproszonym przedsiębiorstwie istotnym elementem jest dostęp do dokładnie tych samych danych. W przypadku struktury scentralizowanej dane są zgromadzone w jednym miejscu z zachowaniem historii zmian oraz kontrolą uprawnień. System PDM posiada możliwość budowania interfejsów wymiany danych z wykorzystaniem języka programowania Java oraz plików xml. Komunikacja z bazami danych może odbywać się z wykorzystaniem sterowników JDBC. W ramach projektu założono, że wymiana danych między systemami PDM oraz ERP będzie dwukierunkowa. System PDM potrzebuje dane magazynowe oraz wykaz zleceń czy też projektów. W wyniku pracy działów konstrukcyjnych powstaje struktura produktu, która poprzez zatwierdzenie w systemie PDM powinna być przekazana do systemu ERP gdzie będzie podstawą dla dalszych prac w obrębie zlecenia. W przypadku indeksów i ich stanów magazynowych system ERP powinien być nadrzędny i udostępniać te dane systemowi PDM jedynie do odczytu [3]. Integracja powinna działać w ten sposób, że nowe indeksy są zakładane a istniejące aktualizowane. Usunięcie bazy indeksów po stronie systemu PDM w przypadku każdorazowego pobrania danych nie jest wskazane z uwagi na to, że utracona zostanie informacja odnośnie powiązań między elementami struktur produktów. Wymianę danych magazynowych można zautomatyzować poprzez zadanie ustawione na serwerze uruchamiane z określonym interwałem czasowym.

Zatwierdzona struktura produktu powinna być przesłana do systemu ERP. Jeżeli system ERP posiada środowisko API to należy z niego skorzystać aby zachować spójność danych. Dane można również przesyłać przy użyciu plików pośrednich w postaci plików XML lub innego formatu akceptowanego przez system ERP.

W zależności od możliwości systemu ERP integracja może być zrealizowana na wiele sposobów:

- Z wykorzystaniem API integrowanych aplikacji.
- Z wykorzystaniem plików pośrednich w formatach akceptowanych przez systemy i odpowiedniej strukturze danych.
- Z wykorzystaniem tabeli pośrednich w bazach danych – poprzez tworzenie widoków danych i ich odpytywanie przy użyciu języka SQL. Taka komunikacja jest bezpieczna i nie grozi utratą spójności danych.
- Szyny danych integrujące aplikacje w przedsiębiorstwie np. ESB (Enterprise Service Bus).

3. Wnioski

W niniejszym opracowaniu zaproponowano konfigurację środowiska informatycznego usprawniającego i porządkującego pracę działów konstrukcyjnych przedsiębiorstw produkcyjnych. Zaproponowano mechanizmy i interfejsy automatyzujące przepływ danych konstrukcyjnych pomiędzy systemami CAD/PDM/ERP. Zastosowanie systemu PDM opartego o technologie internetowe daje możliwość pracy nie tylko w obrębie przedsiębiorstwa, ale również w jego oddziałach. Możliwe jest udostępnienie danych innym podmiotom np. w celu wspólnej pracy nad projektem. Wszystkie dane o produkcie są zgromadzone w jednym miejscu z kontrolą wersji i uprawnień. Wymaga to odpowiedniego skonfigurowania połączeń sieciowych tak aby przesyłane dane były bezpieczne – przesyłane w ramach sieci prywatnej. Zorganizowane w ten sposób przedsiębiorstwo jest bardziej elastyczne i zorientowane zadaniowo. Do testów wybrano dwa popularne systemy CAD ale nic nie stoi na przeszkodzie aby opracować interfejsy dla innych systemów dostępnych na rynku pod warunkiem, że posiadają one środowisko API. Zastosowanie systemu w przedsiębiorstwie spowoduje wzrost efektywności pracy w obszarze rozwoju produktu dając możliwość ponownego wykorzystania dostępnych w systemie danych dla oferowanych produktów.

Literatura

1. Cholewa M.: Koncepcja zarządzania konstrukcyjną i technologiczną strukturą produktu w rozwoju złożonych produktów. *Mechanik.*, 2014, R. 87, nr 2, s. 1-10.
2. CIMdata Position Paper: Manufacturing Process Plans: an Integral Part of Product Definition, <http://www.cimdata.com/en/resources/complimentary-reports-research/position-papers/item/23-manufacturing-process-plans-an-integral-part-of-product-definition-position-paper>
3. Czajka J., Cholewa M.: System ONS jako uzupełnienie systemów ERP. *Mechanik.*, 2014, R. 87, nr 11, s. 910-912.

Dr inż. Jacek CZAJKA
Dr inż. Mariusz CHOLEWA
Wydział Mechaniczny
Katedra Technologii Laserowych
Automatyzacji i Organizacji Produkcji
Politechnika Wrocławska
50-371 Wrocław, ul. Łukasiewicza 5
tel./fax: 71-3203137 / 71-3280670
e-mail: jacek.czajka@pwr.edu.pl
mariusz.cholewa@pwr.edu.pl