

KONCEPCJA ŚRODOWISKA DO WSPÓLBIEŻNEGO ZARZĄDZANIA ROZWOJEM PRODUKTU

Jacek CZAJKA, Mariusz CHOLEWA

Streszczenie: W opracowaniu zaprezentowano koncepcję rozwiązania informatycznego wspomagającego zarządzanie danymi konstrukcyjnymi i technologicznymi powstającymi w obszarze rozwoju produktu. Zaprezentowano środowisko do projektowania technologii wytwarzania bazującego na danych konstrukcyjnych w postaci struktury produktu. Wdrożenie takiego środowiska w przedsiębiorstwach spowoduje uporządkowanie pracy działów projektowania, podniesie ich wydajność oraz zapewni pracę w sposób współbieżny z możliwością kontroli kosztów wytworzenia produktu. Celem opracowania jest przedstawienie propozycji rozwiązania zintegrowanego środowiska rozwoju produktu.

Słowa kluczowe: PDM, ERP, struktura produktu, technologia

1. Wprowadzenie

Nowoczesne przedsiębiorstwa produkcyjne potrzebują rozwiązań informatycznych, które zapewnią dostęp do kluczowych informacji o realizowanych procesach w trybie online co może ułatwić podejmowanie strategicznych decyzji przez kadrę zarządzającą. W pierwszej kolejności wdrażane są systemy ERP z uwagi na szereg ważnych funkcji z punktu widzenia kadry zarządzającej [2, 4]: finanse i księgowość, gospodarka magazynowa, sprzedaż, planowanie i harmonogramowanie produkcji, kontrola zaawansowania produkcji w toku oraz kalkulacja kosztów produkcji i inne. Systemy tego typu są wdrażane w nadziei na to, że dostarczą funkcji wspomagających pracę wszystkich działów firmy oraz zapewnią dostęp do aktualnych danych na różnych szczeblach decyzyjnych. Wdrożenie systemu ERP jednak nie wyczerpuje tematu informatyzacji przedsiębiorstwa. Okazuje się, że pozostaje wiele obszarów bez odpowiedniego wsparcia. Przykładem takiego obszaru jest obszar rozwoju produktu, który wymaga systemu do zarządzania danymi konstrukcyjnymi oraz technologicznymi. W wyniku pracy tych działów powstaje dokumentacja, która jest podstawą do realizacji produkcji.

2. Zarządzanie danymi konstrukcyjnymi

Po wdrożeniu systemu ERP rozpoczyna się proces poszukiwania systemu, który uzupełni jego braki i zapewni wsparcie dla obszaru rozwoju produktu. Pojawia się potrzeba zorganizowania wspólnego repozytorium dokumentów CAD, procesów technologicznych oraz możliwość pracy w powiązaniu z danymi handlowymi takimi jak kontrakt czy zlecenie. Dostawcy systemów CAD oferują systemy PDM, które częściowo ten problem rozwiązują. Pozwalają zorganizować wspólne repozytorium projektów i nimi odpowiednio zarządzać. Konstruktorzy mają więc możliwość pracy grupowej, korzystania ze wspólnej bazy modeli CAD, wersjonowania dokumentów, mogą zarządzać uprawnieniami, osoby na stanowisku kierowniczym mogą sprawdzać i zatwierdzać dokumentację i inne przydatne funkcje. Nowoczesne systemy PDM działają w trybie Multi-CAD – obsługują wiele systemów CAD.

Systemy PDM umożliwiają efektywne zarządzanie strukturą produktu (BOM) oraz dokumentacją techniczną [1, 3]. Doskonale radzą sobie z procesem wprowadzania nowych i unowocześnionych produktów poprzez zarządzanie tzw. zmianą.

W przypadku skomplikowanych produktów podstawą do dalszych prac nad produktem jest jego struktura, czyli wykaz zespołów, podzespołów i części. W kolejnych etapach rozwoju produktu dokładane są do poszczególnych obiektów struktury dodatkowe informacje dotyczące technologii wytwarzania, materiałów i inne. Prace te są zwykle realizowane w systemie ERP gdzie mamy dostęp do procesów technologicznych, indeksów magazynowych i poziomu ich zapasów. W takiej sytuacji część prac prowadzimy w systemie PDM a kolejne już w ERP. Praca technologa w systemie ERP polega na dołączeniu do struktury końcowych wersji procesów czyli marszrut. Środowisko takie ma ograniczenia jeżeli chodzi o powiązanie ze szkicami i nie pozwala na wariantowanie technologii. Technolog może rozpocząć pracę po przekazaniu struktury produktu z systemu PDM do ERP. Zachodzi potrzeba budowania interfejsów wymiany danych, które zapewnią budowanie struktury na podstawie modelu złożeniowego. W przypadku skomplikowanych produktów (kilka, kilkanaście tysięcy pozycji) jedyną opcją jest budowanie tego w sposób automatyczny na podstawie modelu złożeniowego. Koncepcję takiego środowiska zaprezentowano w publikacji [3]:. W środowisku systemu CAD opracowano nakładkę umożliwiającą automatyczne budowanie struktury produktu po stronie systemu PDM na podstawie modelu złożeniowego.

Budowanie struktury produktu na podstawie modelu złożeniowego odbywa się w dwóch krokach [3]:

- 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. Następuje wysłanie wszystkich plików CAD na serwer PDM.

Przygotowane w ten sposób dane mogą być przesłane do systemu ERP w celu realizacji kolejnych prac odnośnie przygotowania i realizacji produkcji. Na podstawie powyższych rozważań można stwierdzić, że właściwie nie ma większych problemów z zarządzaniem danymi konstrukcyjnymi. Wdrożenie systemu PDM i ERP oraz ich integracja zapewnia efektywne zarządzanie zmianą konstrukcyjną bazując na strukturze produktu. Zaimplementowany mechanizm kontroli uprawnień, wypożyczania i oddawania (check-in/check-out) oraz sprawdzania i zatwierdzania dokumentacji pozwala kontrolować zmiany i rejestrować kolejne wersje produktów.

3. Zarządzanie danymi technologicznymi

Trzeba jednak mieć na uwadze, że obszar projektowania to nie tylko konstrukcja ale również projektowanie technologiczne, które powinno być realizowane współbieżnie a nie sekwencyjnie z uwagi na oszczędności czasowe. Zgodnie z tą koncepcją w fazie rozwoju produktu konstruktor powinien konsultować swoje pomysły z działem technologicznym, który dokonuje analizy technologiczności konstrukcji i proponuje ewentualne zmiany konstrukcyjne. Zmiany te mogą przełożyć się na koszty produkcji, czas realizacji zamówienia oraz decyzje o realizacji produkcji przy użyciu dostępnych w przedsiębiorstwie środków produkcji lub w kooperacji. Bez możliwości przejrzania przez technologa danych konstrukcyjnych i postawionych wymagań dla produktu trudno podejmować tego typu decyzje i wybrać najbardziej ekonomiczny wariant procesu wytwarzania. We wczesnych

fazach projektu właściwie wystarczy jak technolog wstępnie zapozna się dokumentacją konstrukcyjną i ją skomentuje oraz przeprowadzi początkowy dobór metod obróbki biorąc pod uwagę dane o produkcie przygotowane przez konstruktora. Pozwala to na wykrycie problemów we wczesnych fazach rozwoju produktu i uniknięcie wprowadzania kosztownych zmian będąc już na etapie produkcji. W kolejnych etapach kiedy należy przystąpić do opracowania technologii wytwarzania zakres wymaganych danych jest znacznie szerszy. Dodatkowo pojawia się pytanie gdzie te dane przechowywać. Aktualnie wiele firm boryka się z problemem zarządzania technologią wytwarzania. Najważniejsze z problemów jakie obserwujemy w przedsiębiorstwach to:

- Brak wspólnego repozytorium wiedzy technologicznej w postaci, szablonów procesów, operacji i zasobów produkcyjnych. Utrudniony dostęp do istniejącej dokumentacji.
- Brak standardów w zakresie obiegu i zatwierdzania dokumentacji. Zwykle dane są przechowywane lokalnie na komputerach użytkowników i są tworzone przy użyciu popularnych pakietów biurowych.
- Brak możliwości wykonywania szkiców do operacji na podstawie danych konstrukcyjnych i możliwości ich przechowywania w powiązaniu ze strukturą produktu.
- Konieczność manualnego wprowadzania danych o marszrutach do systemów ERP.
- Brak możliwości zarządzania danymi CAM w powiązaniu z danymi o produkcie.
- Brak możliwości budowania struktury produktu zorientowanej na montaż – tzw. struktura technologiczna.
- Brak możliwości szybkiej weryfikacji parametrów ekonomicznych opracowanego procesu - szacowanie kosztów wytworzenia produktu lub kosztów wprowadzenia zmian do produkcji.
- Brak możliwości zarządzania dokumentacją dla oprzyrządowania specjalnego, narzędzi i innych pomocy.
- Brak możliwości zarządzania wersjami dla dokumentacji technologicznej. Brak możliwości śledzenia historii zmian.
- Brak możliwości śledzenia postępu prac projektowych i obciążenia pracą pracowników.

4. Koncepcja zintegrowanego środowiska rozwoju produktu działającego w oparciu o strukturę produktu

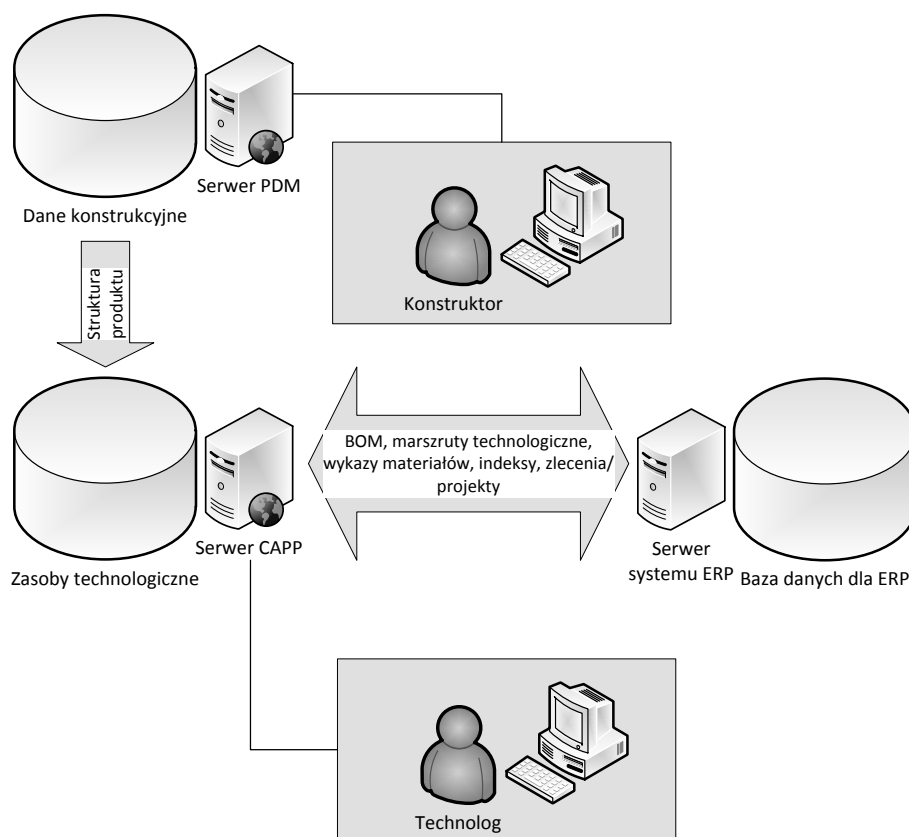
Wymienione powyżej problemy sprawiają, że proces rozwoju produktu jest trudny do kontrolowania. Dostęp do danych jest utrudniony przez co czas opracowanie dokumentacji projektowej ulega wydłużeniu. Działy projektowania technologii nie mogą efektywnie pracować bez systemu informatycznego zarządzającego ich danymi i organizującego pracę. Najważniejsze wymagania dla takiej aplikacji to:

- Możliwość zbudowania centralnej bazy procesów technologicznych z możliwością ich ponownego użycia.
- Możliwość definiowania kompletnych procesów technologicznych zawierających: operacje, narzędzia, stanowiska pracy, szkice i inne dane.
- Możliwość pracy współbieżnej i grupowej na poziomie dowolnego obiektu struktury produktu w trakcie opracowania dokumentacji projektowej.
- Możliwość kontroli zaawansowania prac poprzez wdrożenie standardowych

przepływow prac.

- Możliwość emisji dokumentacji technologicznej w postaci papierowej w celu przekazania na produkcję.

W obszarze projektowania wszystkie dane powinny być gromadzone w powiązaniu ze strukturą produktu. Oprócz danych typowo konstrukcyjnych powinny być umieszczane dane technologiczne oraz dokumenty związane z produkcją. Jednym z rozwiązań jakie wydają się sensowne jest rozwinięcie systemu PDM o dodatkowe funkcje niezbędne dla działu technologicznego. Innym rozwiązaniem, często praktykowanym jest dołączanie systemu typu CAPP wspomagającego projektowanie technologii (rys. 1) i opracowanie interfejsu do systemu PDM. Źródłem danych dla systemu CAPP powinna być struktura produktu pobrana z systemu PDM jako element nadrzędny pozwalający kontrolować konstrukcję produktu oraz jego wytwarzanie. Wspólna praca działów rozwoju produktu w oparciu o strukturę produktu daje możliwość pracy współbieżnej nad projektem. Dokumentacja konstrukcyjna dla zespołów czy części może być udostępniana etapowo co oznacza, że technolog nie musi czekać na kompletną dokumentację dla produktu żeby rozpocząć swoją pracę. Wstępna analiza może rozpocząć się na dowolnym etapie projektowania konstrukcyjnego. Projektowanie technologii wytwarzania powinno się rozpocząć po sprawdzeniu i zatwierdzeniu dokumentacji całego produktu lub jego fragmentu np. jakiegoś zespołu.



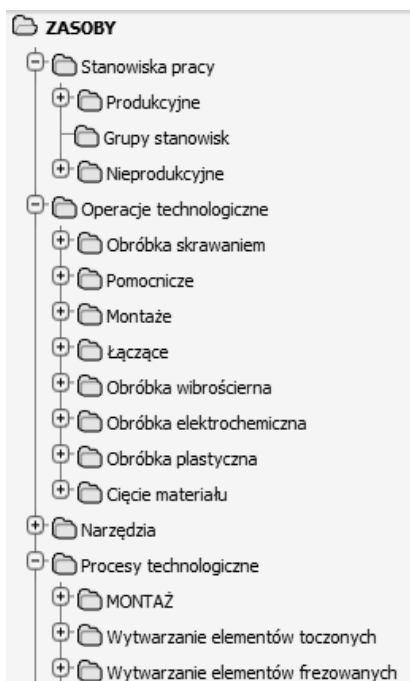
Rys. 1 Struktura zintegrowanego środowiska rozwoju produktu

Poprawne opracowanie procesu technologicznego wymaga przypisania do poszczególnych operacji technologicznych zasobów: stanowiska pracy, narzędzi, oprzyrządowania lub innych pomocy warsztatowych. Aby ten proces usprawnić, poprzez zastosowanie systemów komputerowych, należy opracować odpowiednie bazy danych (baza stanowisk pracy, narzędzi, oprzyrządowania i inne) oraz mechanizmy do ich przeszukiwania. Moduł wspomagający pracę technologa powinien zawierać następujące zasoby:

- Procesy technologiczne.
- Operacje technologiczne.
- Stanowiska pracy.
- Narzędzia i oprzyrządowanie.
- Szablony dokumentów.

Moduł taki powinien być zorganizowany na zasadzie klasyfikatora, który zawiera gotowe zestawy danych, które można dołączyć

do elementów struktury produktu w ramach procesu technologicznego. Przykładową strukturę takiego klasyfikatora pokazano na rys. 2. Projektując proces dla danej części można pobrać z klasyfikatora gotowy proces i go zmodyfikować lub zbudować go poprzez dołączanie kolejnych operacji. Każda operacja ma przypisane informacje o stanowiskach pracy, na których może być realizowana, pracownikach, narzędziach, ma dołączone szkice, przypisane czasy „tpz” i „tj” oraz inne dane i dokumenty. Baza powinna być na tyle elastyczna pod względem konfiguracji aby można było przechowywać różne typy operacji np. obróbka cieplna, kontrola jakości, montaż i inne. Moduł taki stanowi bazę wiedzy technologicznej, która usprawnia projektowanie technologii poprzez udostępnienie biblioteki standardowych operacji i procesów, które można dołączać do struktury produktu i w razie potrzeby zmodyfikować. Baza powinna zawierać bibliotekę wzorców procesów, które niekoniecznie muszą być kompletne. Mogą zawierać jedynie zgrubną strukturę procesu do późniejszego uszczegółowienia w ramach konkretnego produktu. Dostęp do edycji takich wzorców powinien być ograniczony dla np. dla osób na stanowisku kierowniczym, które akceptują dokumentację. Zanim dany proces stanie się wzorcem powinien przejść procedurę akceptacji, która może np. polegać na sprawdzeniu a następnie zatwierdzeniu procesu jako wzorcowego. Dodatkowo należy przewidzieć procedury weryfikujące wprowadzane dane mające na celu wykrycie zdublowanych procesów czy istniejących sprzeczności. Ważne jest aby wzorce były poprawne gdyż na ich podstawie będą tworzone końcowe procesy poprzez kopiowanie. Praca technologa w tak zorganizowanym środowisku polega na wyszukaniu procesu zbliżonego do tego jaki jest potrzebny, jego skopiowanie do projektu oraz zmodyfikowanie pojedynczych parametrów czy listy operacji. Bardzo istotną rolę pełni tutaj wyszukiwarka procesów, która powinna mieć możliwość ustawienia różnych filtrów jako



Rys. 2 Baza wiedzy technologicznej i zasobów

kryteriów do wyszukiwania. Od jej sprawności zależy jak szybko technolog dotrze do treści, które są mu potrzebne. Takie działanie jest zgodne z koncepcją systemów CAPP typu wariantowego. Na rys 3 pokazano przykładową strukturę produktu wzbogaconą o procesy technologiczne, dokumenty CAD i materiały niezbędne do jego wytworzenia. Bardzo często na etapie opracowania konstrukcji produktu podawany jest jedynie gatunek materiału a później dobierany jest konkretny materiał czyli indeks magazynowy systemu ERP. W celu uniknięcia pomyłek przy doborze materiałów zalecane jest aby zarówno konstruktorzy jak i technolodzy pracowali z wykorzystaniem bazy indeksów magazynowych systemu ERP. Dodatkowo daje to możliwość prowadzenia analiz kosztowych z uwagi na to, że dostępna jest historia cen zakupu. Można również uzyskać informacje o dostępności materiału w magazynie oraz inne dane jak: średni czas dostawy, wielkość partii i dostawcy.

Projektowanie technologiczne należy podzielić na dwa etapy: projektowy i produkcyjny. Pierwszy etap obejmuje zapoznanie się z dokumentacją konstrukcyjną (dokumentacja CAD w tym rysunki wykonawcze, wymagania techniczne, terminy i inne) oraz przygotowanie dokumentacji technologicznej z możliwością zdefiniowania wielu wariantów procesów. W ramach operacji powinna być możliwość zdefiniowania kilku stanowisk pracy ale jedno z nich powinno być domyślne. Daje to możliwość wyboru konkretnego stanowiska z listy możliwych na etapie przygotowania produkcji z uwzględnieniem obciążenia pracą czy z powodu wyłączenia z ruchu np. ze względu na konieczność wykonania przeglądu czy remontu. Przy każdej operacji powinna być możliwość przypisania kilku materiałów alternatywnych.

4597653 Kontrola końcowa	
Nazwa	Kontrola końcowa
Indeks / nr dok.	4597653
Indekszew.	
Symbol	
Ilość (pracowników)	1
TPZ	0.0833 h 5.00 min
TJ	0.1 h 6.00 min
Opis	Kontrola końcowa
Stanowisko domyślne	4127882 kontrola
Możliwość wykonywania przez wielu pracowników	<input type="checkbox"/>
Wymagany transport międzyoperacyjny po zakończeniu operacji	--- brak ---

Rys. 3 Przykładowa struktura produktu wzbogacona o dane technologiczne

Decyzję o wyborze konkretnego materiału możemy również podjąć na etapie przygotowania produkcji mając informacje o dostępności materiałów i cenach. Dodatkowo przy operacji mogą być przechowywane dane odnośnie obróbki na maszynach CNC. Mogą to być pliki źródłowe z systemów CAM lub gotowe programy NC związane z konkretną maszyną. Należy dążyć do tego aby wszystkie dane i dokumenty związane z wytwarzaniem były umieszczone w strukturze produktu. W przypadku konieczności użycia danego zespołu czy komponentu mającego proces technologiczny w innym projekcie możemy skorzystać z gotowego zestawu danych. Etap projektowania powinien zakończyć się sprawdzeniem i

zatwierdzeniem opracowania w celu przekazania do dalszych prac związanych z uruchomieniem produkcji.

Drugi etap obejmuje działania przedprodukcyjne. Opracowana dokumentacja projektowa może jeszcze ulec modyfikacji w niewielkim zakresie. Etap obejmuje wybór konkretnego wariantu procesu technologicznego oraz doprecyzowanie danych odnośnie materiałów i czasów dla realizacji operacji biorąc pod uwagę konkretne stanowiska. Prace te realizowane są w ramach normowania materiałowego i czasowego. Jednym z kryteriów wyboru wariantu procesu technologicznego może być koszt realizacji. W takiej sytuacji pomocne będą zestawienia kosztów wykorzystania stanowisk pracy oraz zestawienie materiałów produkcyjnych wykorzystywanych w trakcie realizacji procesu. Zakończenie tego etapu pozwala określić planowane koszty produkcji. Po zatwierdzeniu końcowej wersji dokumentacji technologicznej należy ją przekazać do systemu ERP w celu dalszego przetwarzania a w efekcie końcowym uruchomienia produkcji. Oprócz tego następuje emisja kompletnej dokumentacji technologicznej z przewodnikami technologicznymi, kartami operacji i zabiegów oraz odpowiednimi szkicami w celu przekazania na produkcję.

Dane te są niezbędne do tego aby system ERP mógł poprawnie wygenerować harmonogram produkcyjny. Zgodnie z koncepcją integracji (rys. 1) systemów można to wykonać poprzez odpowiedni interfejs w celu uniknięcia manualnego wprowadzania danych.

Mimo dynamicznego rozwoju systemów ERP/PDM/PLM w dalszym ciągu na rynku brakuje rozwiązań wspomagających prace działów odpowiedzialnych za przygotowanie dokumentacji technologicznej. Przedsiębiorstwa widząc potrzebę zorganizowania i uporządkowania pracy tego działu decydują się na wdrożenie własnych rozwiązań i ich integrację z systemami nadrzędnymi – systemami ERP. System taki powinien mieć możliwość definiowania kompletnych procesów technologicznych zawierających: operacje, narzędzia, stanowiska pracy i inne dane w odniesieniu do struktury produktu. Co pozwala na zgromadzenie i dostęp do kompletnej dokumentacji produktu powiązanej ze zleceniem i klientem.

5. Wnioski

W ramach opracowania przedstawiono koncepcję zintegrowanego środowiska rozwoju produktu. Zaproponowano wykorzystanie różnych systemów, ich integrację i zakres przesyłanych danych, które są niezbędne do realizacji prac przez poszczególne działy. Tak przygotowane środowisko wymaga dodatkowo mechanizmów śledzenia zaawansowania prac i kontroli obciążenia pracą działów i pracowników. Obieg informacji oraz kontrola zaawansowania prac w poszczególnych obszarach firmy wymaga narzędzi umożliwiających sterowanie przepływem prac. Rozwiązaniem tego problemu jest wdrożenie przejrzystych zasad współpracy kontrolowanych i zarządzanych poprzez specjalizowany moduł przepływu prac – *workflow*.

Zastosowanie prezentowanego środowiska informatycznego w przedsiębiorstwie spowoduje wzrost efektywności pracy w obszarze rozwoju produktu dając możliwość ponownego wykorzystania dostępnych w systemie danych dla oferowanych produktów. Wprowadzenie systemu CAPP z centralną bazą danych daje możliwość pozyskiwania od pracowników wiedzy technologicznej i jej gromadzenie. Korzystanie z tak zgromadzonej wiedzy powoduje, że jakość planów technologicznych może być przynajmniej częściowo uniezależniona od wiedzy i doświadczenia technologów. Dodatkowo środowisko daje możliwość optymalizacji kosztów wytworzenia poprzez analizę różnych wariantów procesu.

W niniejszym opracowaniu zaproponowano konfigurację środowiska informatycznego usprawniającego i porządkującego pracę działów rozwoju produktu przedsiębiorstw produkcyjnych. Zaproponowano mechanizmy i interfejsy automatyzujące przepływ danych pomiędzy systemami CAD/PDM/CAPP/ERP.

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. Czajka J., Cholewa M.: System ONS jako uzupełnienie systemów ERP. *Mechanik.*, 2014, R. 87, nr 11, s. 910-912.
3. Czajka J., Cholewa M.: Koncepcja środowiska do zarządzania strukturą produktu dla przedsiębiorstw o strukturze wielooddziałowej. *Innowacje w zarządzaniu i inżynierii produkcji. T. 1 / pod red. Ryszarda Knosali. Opole : Oficyna Wydawnicza Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją*, 2016. s. 269-276, 4 rys., bibliogr. 3 poz.
4. Lenart A.: System realizacji produkcji jako rozszerzenie systemu ERP. *Komputerowo zintegrowane zarządzanie, t. 2 / pod red. Ryszarda Knosali. Opole: Oficyna Wydawnicza Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją*, 2009, S. 107-114.

Dr inż. Jacek CZAJKA

Dr inż. Mariusz CHOLEWA

Wydział Mechaniczny

Katedra Technologii Laserowych, Automatykacji i Organizacji Produkcji

Politechnika Wroclawska

50-371 Wrocław, ul. Łukasiewicza 5

tel./fax: (71-3203137 / 71-3280670

e-mail: jacek.czajka@pwr.edu.pl

mariusz.cholewa@pwr.edu.pl