

ROZWÓJ PRODUKTU W HYBRYDOWYM SYSTEMIE PLANOWANIA PRODUKCJI

Adam KONOPA, Jacek CZAJKA, Mariusz CHOLEWA

Streszczenie: W referacie przedstawiono wynik prac realizowanych w ramach wspólnego projektu Instytutu Technologii Maszyn i Automatykacji Politechniki Wrocławskiej i Instytutu Automatykacji Procesów Technologicznych i Zintegrowanych Systemów Wytwarzania Politechniki Śląskiej. Efektem badań jest hybrydowy system planowania produkcji łączący w sobie funkcje systemów rozwijanych na Politechnice Wrocławskiej w środowisku systemu Proedims – rozwój produktu i przygotowanie produkcji, oraz na Politechnice Śląskiej systemów SWZ i KbRS – weryfikacja zleceń oraz harmonogramowanie produkcji. W referacie przedstawiono obszar odpowiedzialny za przygotowanie danych niezbędnych do uruchomienia procesu harmonogramowania - obszar przygotowania danych konstrukcyjnych i technologicznych oraz organizacyjnych.

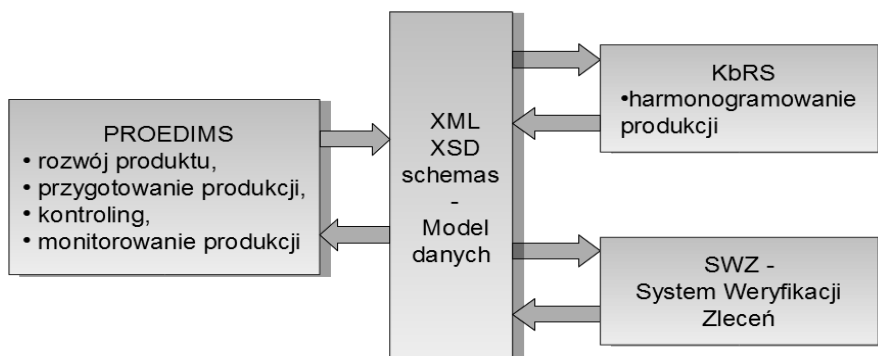
Słowa kluczowe: rozwój produktu, integracja, zarządzanie projektem.

1. Wstęp

W ramach projektu realizowanego przez Instytut Technologii Maszyn i Automatykacji Politechniki Wrocławskiej wraz z Instytutem Automatykacji Procesów Technologicznych i Zintegrowanych Systemów Wytwarzania Politechniki Śląskiej, rozwijane jest hybrydowe narzędzie informatyczne wspomagające zarządzanie produkcją przemysłową dedykowane dla sektora MŚP.

W referacie przedstawiono wynik prac realizowanych w ramach tego projektu prezentując obszar rozwoju produktu, w którym przygotowywane są wszelkie dane wejściowe dla kolejnych etapów realizacji zleceń produkcyjnych. Na Rys. 1 został pokazany schemat hybrydowego systemu planowania produkcji integrującego systemy:

- Proedims - środowisko IT, w którym w Instytucie Technologii Maszyn i Automatykacji PWr rozwijane jest rozwiązanie dedykowane dla MSP umożliwiające pracę w rozproszonym środowisku wytwórczym,
- KbRS – system IT rozwijany w Instytucie Automatykacji Procesów Technologicznych i Zintegrowanych Systemów Wytwarzania PŚl umożliwiający harmonogramowanie zleceń produkcyjnych,
- SWZ – system IT rozwijany w Instytucie Automatykacji Procesów Technologicznych i Zintegrowanych Systemów Wytwarzania PŚl umożliwiający weryfikację zleceń w produkcji rytmicznej.



Rys. 1. Schemat hybrydowego systemu planowania produkcji

Integracja odbywa się w oparciu o standardowy model danych zapisywany w formacie XML. Opracowany model ma uniwersalną strukturę dla wszystkich zleceń produkcyjnych. Głównym założeniem podczas opracowywania modelu było zapewnienie możliwości bieżącej rekalkulacji parametrów produkcyjnych zleceń, podczas definiowania wstępnych i właściwych planów produkcji, również z uwzględnieniem wszystkich aktualnie uruchomionych zleceń produkcyjnych. Cecha ta pozwala na wyeliminowanie ewentualnych błędów wynikających z synchronizacji danych. Szczegółowo model ten został przedstawiony w referatach [1, 2].

2. System PROEDIMS w hybrydowym systemie planowania produkcji

KbRS (Knowledge based Rescheduling System) to program wspomagający harmonogramowanie i re-harmonogramowanie w systemach produkcyjnych, charakteryzujących się dyskretnym przepływem produkcji. System znajduje zastosowanie w komórkach organizacyjnego przygotowania i sterowania produkcją przedsiębiorstw, w których realizowana jest współbieżna produkcja wieloasortymentowa.

System wspomaga podejmowanie decyzji w zakresie: planowania przebiegu procesów (zleceń) produkcyjnych, wyboru zleceń do realizacji, ewidencji i kontrolowania realizacji zleceń, korygowania przebiegu produkcji, symulacji przebiegu procesów. Podstawowym zadaniem systemu jest harmonogramowanie produkcji (rozplanowanie czynności w czasie) z uwzględnieniem przyjętych kryteriów oceny. System umożliwia również re-harmonogramowanie produkcji, czyli modyfikację realizowanego harmonogramu stosownie do zdarzeń jakie zaszły w czasie jego realizacji. Wybór harmonogramu wspomagany jest przez moduł oceny wielokryterialnej.

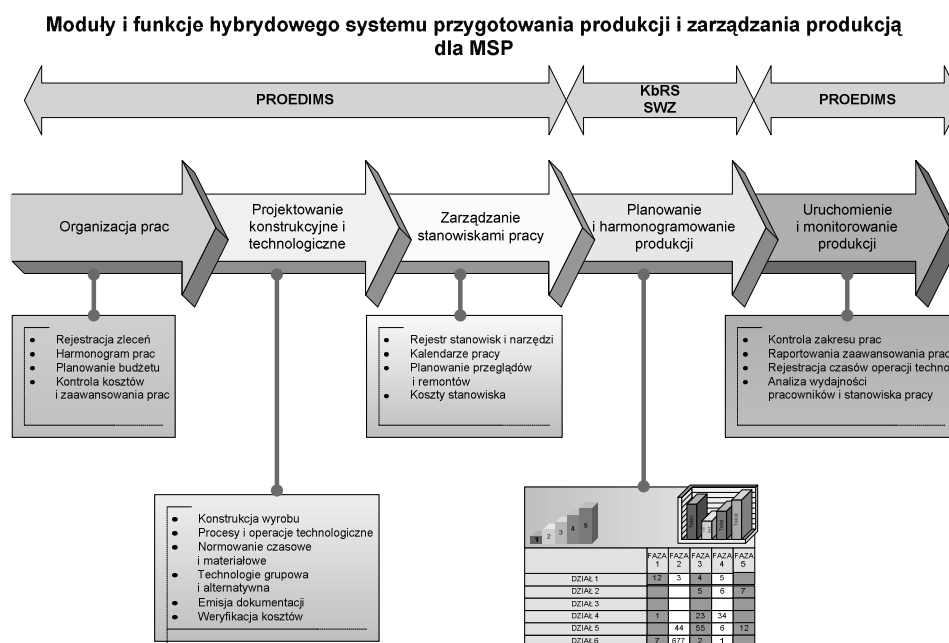
SWZ to komputerowy system weryfikacji zleceń produkcyjnych wspomagający podejmowanie decyzji o przyjęciu bądź odrzuceniu do realizacji zleceń produkcyjnych w systemach jednoczesnej wieloasortymentowej produkcji rytmicznej. Program SWZ umożliwia wyznaczanie procedur sterujących pracą systemu w postaci lokalnych reguł rozstrzygnięcia konfliktów zasobowych dla przebiegu ustalonego oraz reguł dla fazy rozbiegu (rozruch) i wybiegu (wygaszanie) produkcji, wykorzystywanych podczas rozpoczynania i kończenia realizacji pakietu zleceń w systemie produkcyjnym. Wyznaczone reguły gwarantują jakościowo dopuszczalną realizację produkcji oraz terminową realizację zleceń. SWZ generuje również informacje o konieczności odrzucenia pakietów zleceń, które nie mają szans być wykonane w wymaganym terminie.

PROEDIMS to nowoczesne rozwiązanie umożliwiające kompleksowe zarządzanie przedsiębiorstwem w tradycyjnej strukturze hierarchicznej lub zarządzanie biznesowymi procesami w rozproszonej strukturze organizacyjnej przedsiębiorstwa zorientowanego na dynamiczne zmiany strukturalne oraz realizację zadań według wiodących scenariuszy zarządzania projektami.

System PROEDIMS zapewnia podstawowe funkcje niezbędne managerowi średniego i wyższego szczebla, inżynierowi produkcji i liderowi projektu. Wszystkie dynamiczne przebiegi w zakresie realizacji projektów, zarządzania dokumentacją i *workflow*, zintegrowanego projektowania, planowania oraz synchronizacji logistyki i stanów magazynowych dostępne są natychmiast. Dowolna opcja użytkowa systemu dostosowana jest do struktury organizacyjnej, decyzyjnej i kompetencyjnej firmy. Wszystkie nieplanowane zmiany, pozytywne i negatywne, są dostępne natychmiast na poszczególnych poziomach kompetencji i zarządzania.

Opracowane i zaimplementowane w systemie algorytmy oraz metodologia pracy wspierają działalność przedsiębiorstw w różnych obszarach procesu wytwórczego:

- w sferze organizacji prac w przedsiębiorstwie,
- podczas procesu rozwoju i projektowania produktu i procesów wytwórczych,
- w działaniach związanych z utrzymaniem ruchu, zarządzaniem stanowiskami pracy i zasobami firmy oraz
- w całym procesie monitorowania zaawansowania prac i wykorzystania zasobów produkcyjnych.



Rys. 2. Systemy IT i ich funkcje w hybrydowym systemie planowania produkcji

Aby jednak mogło dojść do współpracy trzech opisanych wyżej systemów w obszarze planowania i harmonogramowania produkcji niezbędne jest przygotowanie danych

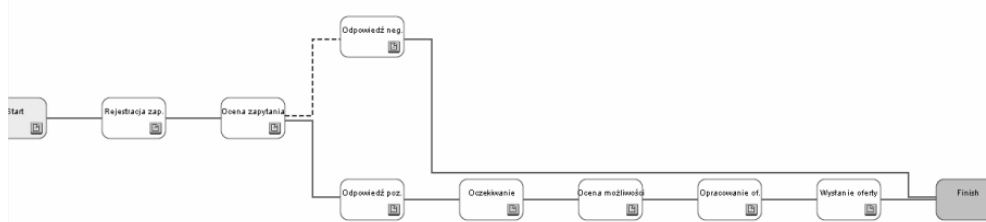
wejściowych w systemie PROEDIMS.

Na dane te składają się dane organizacyjne, konstrukcyjne i technologiczne związane z produktem, a więc zbiór danych generowany podczas Technicznego Przygotowania Produkcji. Opracowane w systemie PROEDIMS dane przesyłane są w formacie XML do współpracujących systemów.

Poniżej opisano sposób w jaki system PROEDIMS wspiera obszar rozwoju produktu oraz zakres danych wysyłanych do innych systemów.

3. Rozwój produktu w środowisku systemu PROEDIMS

Organizacja prac. Pierwszym etapem jest współpraca z klientem w celu realizacji procesu ofertowania. Akceptacja oferty kończy fazę ustaleń i rozpoczyna realizację zamówienia. W systemie Proedims na podstawie oferty rejestrowany jest kontrakt. W rzeczywistości jest to klasyczne zarządzanie projektem, gdzie główny projekt – kontrakt, może być dekomponowany na bardziej szczegółowe podprojekty – zlecenia. Kontrakt zawiera informacje biznesowe, które są wykorzystywane do komunikacji z klientem. Kontrakt dzielony jest na mniejsze zadania – zlecenia. W obrębie zlecenia generowane mogą być różne typy danych zapisanych w postaci elektronicznej, którymi system może zarządzać. System daje możliwość pracy grupowej nad dokumentem z jednoczesnym rejestrowaniem historii zmian w postaci wersji dokumentu. Końcowa postać dokumentu, po akceptacji przez uprawnione osoby, staje się dokumentem obowiązującym. Wcześniejsze wersje są dokumentami archiwalnymi. Istnieje możliwość podglądu wersji archiwalnych oraz uczynienia ich wersjami bieżącymi. Podczas projektowania systemu przyjęto zasadę aby raz wprowadzone dane można było wielokrotnie wykorzystywać. Każdy dokument może być wielokrotnie wykorzystany tzn. może występować w wielu projektach. Dokumenty mogą być sklasyfikowane w zależności od potrzeb: mogą to być projekty, zlecenia, czy też większe zadania. Integracja z popularnymi pakietami biurowymi (MS OFFICE, OPENOFFICE) daje możliwość tworzenia szablonów dokumentów, a następnie ich automatycznego wypełniania określonymi danymi. Obieg dokumentów może być zautomatyzowany poprzez wykorzystanie szablonów *workflow*. Standardowe przepływy dokumentów mogą być zamodelowane w dostępnym w systemie edytorze a następnie wykorzystane do sterowania obiegiem dokumentów (Rys. 3). System dba o to aby zadania, w odpowiedniej kolejności i czasie, trafiły do osób zgodnie z wytycznymi opisanymi w szablonie *workflow*. Osoby na stanowiskach kierowniczych mogą na bieżąco śledzić postępy prac w zakresie terminów i kosztów i reagować w przypadku wykrytych zagrożeń.



Rys. 3. Przykładowy proces automatyzujący przepływ informacji

Poniżej wymieniono podstawowe funkcje dla tego obszaru:

- zarządzanie zleceniami umożliwiające w łatwy i wizualny sposób rejestrację, monitorowanie i kontrolowanie postępu prac podczas realizacji projektów lub

- zleceń.
- kontrola terminów kompletacji zadań, szybkie szacowanie i ciągłą weryfikację kosztów przedsięwzięcia.
- zaawansowany system nadawania uprawnień i kontroli dostępu, który efektywnie zarządza uprawnieniami użytkowników, ogranicza ich prawa dostępu do danych i informacji oraz tworzy wirtualne zespoły zorientowane na projekt.
- konfigurowalne funkcje do przeprowadzania wielowymiarowych analiz, zestawień i obliczeń pozwalające na dokonywanie szybkich ocen, takich jak: zestawienia efektywności pracowników w projektach, kosztów projektu, materiałochłonności na projekt, i wiele innych.
- łatwe zarządzanie dokumentami i plikami z możliwością ich ochrony, wersjonowania, śledzenia zmian oraz autoryzacji dostępu.

Projektowanie konstrukcyjne i technologiczne. PROEDIMS pozwala na monitorowanie prac, zarządzanie projektowaniem konstrukcyjnym i rysunkami CAD oraz inną dokumentacją techniczną. Pozwala na realizację prac w trybie grupowym oraz Concurrent Engineering. Umożliwia zarządzanie zmianami inżynierskimi oraz analizowanie kosztów i konsekwencji wprowadzania zmian. Istotnym elementem rozwoju dokumentacji konstrukcyjnej jest zarządzanie strukturą produktu oraz listami materiałowymi – BOM, co determinuje efektywne zarządzanie procesem wprowadzania zmian oraz sprawne generowanie opcji i wariantów produktu ze struktury-matki (wzorcowej). Projekt konstrukcyjny może posiadać nieograniczoną liczbę poziomów oraz elementów na jednym poziomie struktury, a zaimplementowane narzędzia kontrolne pozwalają na automatyczna rejestracja powiązań: „składa się z” oraz „gdzie użyty”.

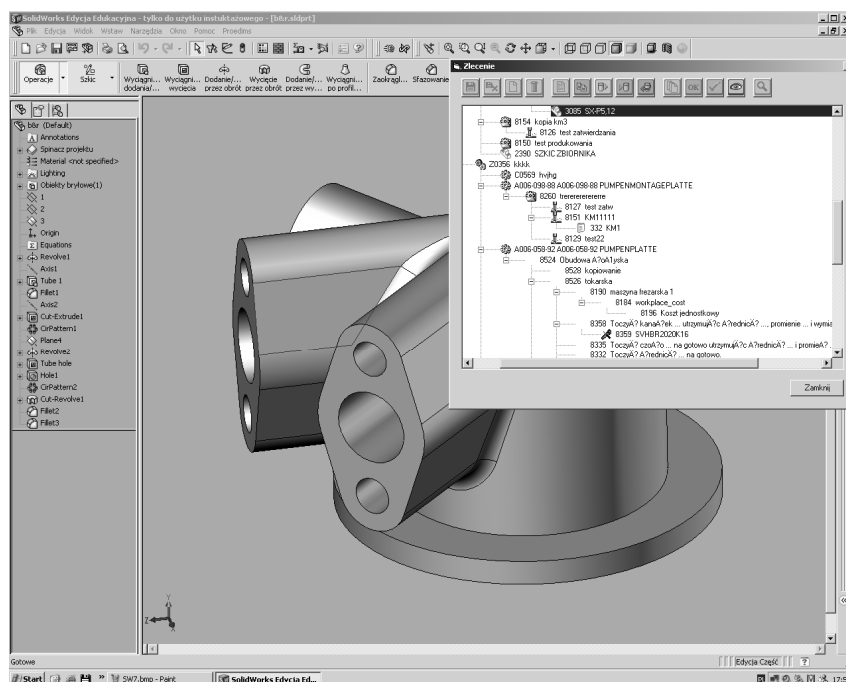
Naturalnym i powszechnym środowiskiem pracy dla konstruktorów i projektantów są systemy CAD. Aby nie odrywać konstruktora/projektanta od jego podstawowego narzędzia pracy, system PROEDIMS oferuje wydajne rozwiązanie integrujące go z systemami CAD poprzez udostępnienie wybranych funkcji systemu PROEDIMS bezpośrednio w systemie CAD.

Rozwiązanie to umożliwia bezpośrednie powiązanie prac projektowych z procesem biznesowym - wytwarzanie produktu, a co za tym idzie monitorowanie rzeczywistego zaawansowania prac projektowych oraz mierzenie wydajności i kosztów pracy w obszarze projektowania – rozwoju produktu.

Równie istotną cechą tego rozwiązania jest możliwość monitorowania kosztów przyszłego produktu już od najwcześniejszych faz projektowych, co możliwe jest poprzez bezpośredni dostęp do danych magazynowych przedsiębiorstwa.

Wybrane funkcje modułu INTEGRACJA CAD:

- monitorowanie prac,
- zarządzanie pracami projektowymi i rysunkami CAD oraz inną dokumentacją techniczną,
- zarządzanie numeracją projektów i dokumentów,
- wersjonowanie opracowanej dokumentacji,
- mapowanie atrybutów rysunkowych,
- zarządzanie cyklem życia rysunków i modeli,
- zarządzanie dostępem i archiwizację dokumentacji ,
- zarządzanie zmianami inżynierskimi oraz
- analizowanie kosztów i konsekwencji wprowadzania zmian.

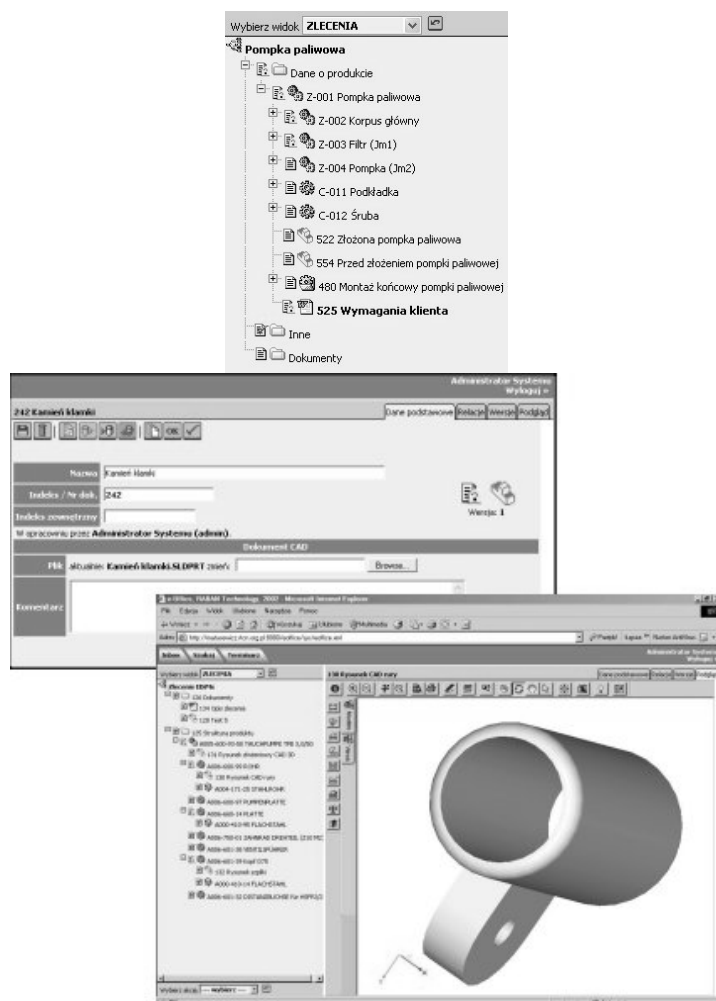


Rys. 4. Przykładowe zlecenie dostępne z poziomu systemu CAD

Projektowanie technologiczne odbywa się na zasadzie podobieństwa wyrobów. Można korzystać z procesów, które były opracowane w ramach wcześniejszych projektów lub z bazy procesów wzorcowych. Wzorce zawierają tylko podstawowe informacje i wymagają uszczegółowienia w ramach konkretnego zlecenia.

Poniżej wymieniono podstawowe funkcje systemu:

- możliwość powiązania operacji ze stanowiskiem pracy, narzędziami i oprzyrządowaniem oraz pracownikami niezbędnymi do wykonania danej operacji. zarządzanie wariantami i opcjami procesów oraz operacji technologicznych,
- uniwersalny klasyfikator procesów oraz operacji, który zawiera wzorce dokumentów,
- wspomaganie normowania czasowego i materiałowego,
- emisja kompletnej dokumentacji technologicznej z przewodnikami technologicznymi, kartami operacji i zabiegów oraz odpowiednimi szkicami.
- możliwość wielokierunkowego wiązania ze sobą produktów i procesów technologicznych, tzn. jeden produkt może mieć powiązanych ze sobą wiele procesów technologicznych, np. procesy alternatywne oraz jeden proces może być powiązany z wieloma produktami – produkty technologicznie podobne.
- szybka weryfikacja parametrów ekonomicznych opracowanego procesu. Z każdym stanowiskiem lub operacją powiązane są parametry ekonomiczno-finansowe, np. grupa zaszeregowania, które pozwalają na wstępne kalkulowanie i szacowanie kosztów wytworzenia produktu lub kosztów wprowadzenia zmian do produkcji.



Rys. 5. Przykładowy zbiór danych opisujący produkt i jego strukturę i technologię

Zarządzanie stanowiskami pracy i narzędziami. Do sprawnego wspomagania projektowania technologicznego niezbędna jest funkcjonalność w zakresie efektywnego utrzymywania sprawności technicznej narzędzi, maszyn i urządzeń. Poniżej wymieniono podstawowe funkcje z tego obszaru:

- możliwość przechowywania informacji odnośnie eksploatacji narzędzi, maszyn i urządzeń w zakresie lokalizacji, parametrów technicznych i danych opisowych (dokumentacji, rysunków) itp. Wybrane funkcje związane z ewidencją stanowisk pracy i narzędzi: dane eksploatacyjne oraz technologiczne, historia zmian, generowanie powiązań między obiektami (np. obrabiarka oprzyrządowanie i inne), historia eksploatacji, planowanie wyłączeń, planowanie dostępności, nadawanie statusów, związane z kalkulacją kosztów utrzymania: robocizna własna, robocizna obca, materiały, usługi zewnętrzne, graficzne przedstawienie modelu hali: statusy, lokalizacje, marszruty technologiczne, kalendarze stanowisk pracy.
- generator raportów informujący o całej historii danego obiektu: czasie życia,

awaryjności, czasie wyłączenia z ruchu, historii remontów i zmian oraz aspektów ekonomicznych.

Na każdym etapie przygotowania i realizacji zleceń i projektów generowanych jest wiele różnego rodzaju danych o charakterze finansowym, które przekładają się na koszty przedsięwzięcia. Terminy i koszty są dwoma podstawowymi parametrami decydującymi o efektywności realizowanego przedsięwzięcia. PROEDIMS pozwala na budowanie dowolnych, nieograniczonych struktur projektów, pozwalając na swobodne stosowanie i wygodne wykorzystywanie systemu do prowadzenia nawet najbardziej skomplikowanych projektów. Planowanie terminów może być realizowane na kilku płaszczyznach, tzn. w kontekście całego projektu, poszczególnych zaleceń lub zadań. Wbudowane mechanizmy wizualizujące oraz nadzorujące zapewniają pełną wiedzę i kontrolę nad terminami i zaawansowaniem poszczególnych prac. Stosowane tutaj mogą być nowoczesne metody informowania jak email czy sms.



Rys. 6. Monitorowanie kosztów w systemie Proedims

Równie istotnym parametrem oceny efektywności, poza terminowością realizacji prac, jest budżetowanie i kontroling finansowy przedsięwzięcia. Każde działanie realizowane w systemie PROEDIMS jest wykonywane w ramach projektów lub zleceń. Im bardziej rozbudowana jest struktura projektu, tym dokładniej prowadzona jest ewidencja i analiza miejsc powstawania kosztów przedsięwzięcia przez system. Rejestrowane koszty pozwalają na każdym etapie projektowania, produkcji, czy realizacji usługi natychmiast określić bieżącą materiałochłonność przedsięwzięcia oraz pracochłonność wynikającą z zarejestrowanych czasów pracy pracowników umysłowych lub czasu trwania operacji technologicznych dla pracowników produkcyjnych. W ten sposób można monitorować pracochłonność zarówno prac związanych z rozwojem dokumentacji lub obsługi klienta czy prac administracyjnych jak i prac na hali produkcyjnej lub przedsiębiorstw kooperujących. Tak zebrane informacje w dowolnej chwili mogą być porównywane z zakładanymi kosztami szacowanymi w oparciu o dokumentację konstrukcyjną produktu lub dokumentację technologiczną po normowaniu czasowym i materiałowym. Dodatkowy interfejs do komunikacji z systemem finansowo-księgowym pozwala na pełen kontroling przedsięwzięcia uwzględniający dodatkowe składniki finansowe, jak: dane kadrowo-płacowe, koszty wydziałowe i ogólne oraz inne specyficzne dla przedsiębiorstwa składniki.

4. Przekazanie danych TPP do modułów realizujących panowanie i harmonogramowanie produkcji

Wynikiem realizacji prac z wykorzystaniem opisanych wyżej funkcji i mechanizmów jest kompletny zbiór informacji opisujących produkt i projekt w którym jest on rozwijany. Część zgromadzonych danych i informacji wykorzystywana jest w kolejnych etapach realizacji zlecenia – w planowaniu i harmonogramowaniu produkcji. Na zakres danych przesyłanych do współpracujących systemów składają się:

- dane zlecenia produkcyjnego

Fragment struktury XML produkcji:

```
<produkcja>
  <zlecenie>
    <id data_type="integer">12345</id>
    <status data_type="text">rozpoczęte</status>
    <priorytet data_type="integer">1</priorytet>...
    <operacja>
      <id data_type="integer">23423</id>
      <nazwa_operacji data_type="text">wiercenie</nazwa_operacji>
      <id_operacji_planowanej data_type="integer">12345</id_operacji_planowanej>
      <id_kolejnej_operacji data_type="integer">0</id_kolejnej_operacji>
      <data_rejestracji data_type="date">2010-04-10</data_rejestracji>...
    </operacja>
  </zlecenie>...
</produkcja >
```

- proces technologiczny i operacje technologiczne

Fragment struktury XML planowania:

```
<planowanie>
  <zlecenie>
    <id data_type="integer">12345</id>
    <status data_type="text">rozpoczęte</status>
    <priorytet data_type="integer">1</priorytet>...
    <operacja>
      <id data_type="integer">23423</id>
      <nazwa_operacji data_type="text">wiercenie</nazwa_operacji>
      <id_kolejnej_operacji data_type="integer">0</id_kolejnej_operacji>
      <data_rejestracji data_type="date">2010-04-10</data_rejestracji>...
    </operacja>
  </zlecenie>...
</planowanie>
```

- stanowiska pracy z kalendarzami ich dostępności.

Fragment struktury XML zasobów:

```
<zasoby>
  <zasob>
    <id data_type="integer">22222</id>
    <symbol data_type="text">OP-909</symbol>
    <koszt_jednostkowy data_type="numeric" precision="2">55.00</koszt_jednostkowy>
    <waluta data_type="text">PLN</waluta>
    <kalendarze>
      <pozytywne>
        <cykliczne>
          <kalendarz>
            <typ data_type="integer">1</typ>
            <dzien_tygodnia data_type="integer">2</dzien_tygodnia>
            <godzina_rozpozecia data_type="time">06:00:00</godzina_rozpozecia>
```

```

    <godzina_zakonczenia data_type="time">14:00:00</godzina_zakonczenia>
    <wspolczynnik_wydajnosci data_type="integer">100</wspolczynnik_wydajnosci>
    <wspolczynnik_kosztow data_type="integer">100</wspolczynnik_kosztow>
  </kalendarz>...
</cykliczne>
<jednorazowe>...</jednorazowe>
</pozytywne>
<negatywne>...</negatywne>
</kalendarze>
</zasob>
</zasoby>

```

5. Wnioski

Funkcjonalność systemu PROEDIMS efektywnie wspiera pracowników w obszarze rozwoju produktu i organizacji prac, nawet w rozproszonym środowisku biznesowym. Zastosowane otwarte modele i struktury danych umożliwiają na łatwą i pełną współpracę z innymi dedykowanymi systemami w przedsiębiorstwach produkcyjnych. W opisanym wyżej rozwiązaniu mamy przykład współpracy systemu PROEDIMS z zaawansowanymi systemami do harmonogramowania produkcji zarówno powtarzalnej jak i jednostkowej. System zapewnia równie pełną integrację ze środowiskiem CAD/CAM oraz ERP/SCM, umożliwiając implementację o niespotykanej funkcjonalności użytkowej i pełnej elastyczności we wdrożeniu jak i pełnej adaptacyjności do potrzeb użytkownika. Rozwiązanie to jest w trakcie rozwoju zarówno w zakresie funkcji związanych z realizacją opisanego wyżej projektu jak i w związku z realizacją oczekiwań użytkowników.

Literatura

1. Cholewa M., Czajka J., Konopa A.: "Koncepcja modelu procesu wymiany danych między systemami do przygotowania produkcji oraz do planowania produkcji". Automatykacja procesów dyskretnych : teoria i zastosowania. T. 2 / pod red. Andrzeja Świerniaka i Jolanty Krystek. Gliwice : Wydawnictwo Pracowni Komputerowej Jacka Skalmierskiego, 2010. s. 25-33.
2. Skołod B., Krenczyk D., Kalinowski K., Grabowik C.: "Wymiana danych w systemach sterowania przepływem produkcji SWZ i KBRs". Automatykacja procesów dyskretnych : teoria i zastosowania. T. 2 / pod red. Andrzeja Świerniaka i Jolanty Krystek. Gliwice : Wydawnictwo Pracowni Komputerowej Jacka Skalmierskiego, 2010.

Dr inż. Adam KONOPA
 Dr inż. Jacek CZAJKA
 Dr inż. Mariusz CHOLEWA
 Centrum Zaawansowanych Systemów Produkcyjnych
 Instytut Technologii Maszyn i Automatykacji
 Politechnika Wroclawska
 50-371 Wroclaw, ul. Łukasiewicza 5
 tel.: (0-71) 320 31 37
 e-mail: jacek.czajka@pwr.wroc.pl
 adam.konopa@pwr.wroc.pl
 mariusz.cholewa@pwr.wroc.pl

Projekt ten jest finansowany w ramach grantu badawczo-rozwojowego NCBiR nr N R03 0073 06/2009