

ZASTOSOWANIE METOD SZACOWANIA KOSZTÓW W FAZIE PROJEKTOWANIA

Barbara BARNUŚ, Ryszard KNOSALA

Streszczenie: W artykule przedstawiony został ogólny zarys metodologii technicznego przygotowania produkcji zorientowanej na minimalizację kosztów wytwarzania. Krótko przedstawione zostały metody szacowania kosztów w różnych fazach projektowania wyrobów. Szerzej przedstawiona została analityczna metoda szacowania kosztów wytwarzania oraz jej zastosowanie. Zaprezentowane zostały również wyniki badań z zastosowaniem wszystkich użytych metod szacowania kosztów.

Słowa kluczowe: szacowanie kosztów wytwarzania, metoda analityczna, techniczne przygotowanie produkcji.

1. Wprowadzenie

Konkurencyjny i wymagający rynek stawia przed przedsiębiorstwem trudne zadanie w zakresie zapewnienia odpowiedniej jakości wyrobu przy jednoczesnym obniżaniu kosztów wytwarzania. Aby sprostać oczekiwaniom rynku przedsiębiorstwa muszą od najwcześniejszych faz powstawania wyrobu analizować koszty. Istotne jest, aby przedsiębiorstwo miało możliwość szybkiego oszacowania kosztów w różnych fazach powstawania wyrobu.

Oszacowanie kosztów konieczne jest jeszcze przed przyjęciem zamówienia, aby sformułować odpowiedzi na wiele wpływających zapytań ofertowych, na które przedsiębiorstwa muszą odpowiadać szybko i stosunkowo dokładnie. Precyzyjne oszacowanie oferty daje możliwość zdobycia nowego zamówienia, przy jednoczesnym zapewnieniu przewidzianych zysków. Przeszacowanie oferty może spowodować rezygnację kontrahenta na rzecz konkurencji, natomiast niedoszacowanie może być przyczyną strat. Gdy zamówienie jest już przyjęte do realizacji w przedsiębiorstwie, nadal koszty muszą być szacowane w celu:

- wyboru najlepszych alternatywnych rozwiązań, na różnym poziomie szczegółowości projektu,
- monitorowania kosztów w trakcie przebiegu procesu produkcyjnego, aby analizować czy nie nastąpiły rozbieżności pomiędzy przewidywanym a rzeczywistym kosztem,
- kontroli dokładności szacowania kosztów – następuje wówczas powykonawcza kalkulacja kosztów, która przez porównanie pozwala ocenić poziom dokładności oszacowanych ofert.

Aby rozwiązać problem szacowania kosztów w fazie wczesnego stadium projektowania, a nawet już w momencie opracowywania koncepcji ważne jest, aby dostarczyć grupie projektantów odpowiednich narzędzi umożliwiających szacowanie kosztów na podstawie dostępnych im informacji. Ważne jest, aby te narzędzia działały szybko i sprawnie dostarczając informacji na temat finansowych konsekwencji podejmowanych decyzji i wybieranych szczegółowych rozwiązań technicznych.

Aby narzędzie wspomagające szacowanie kosztów dobrze pełniło swoje funkcje musi spełniać określone wymagania:

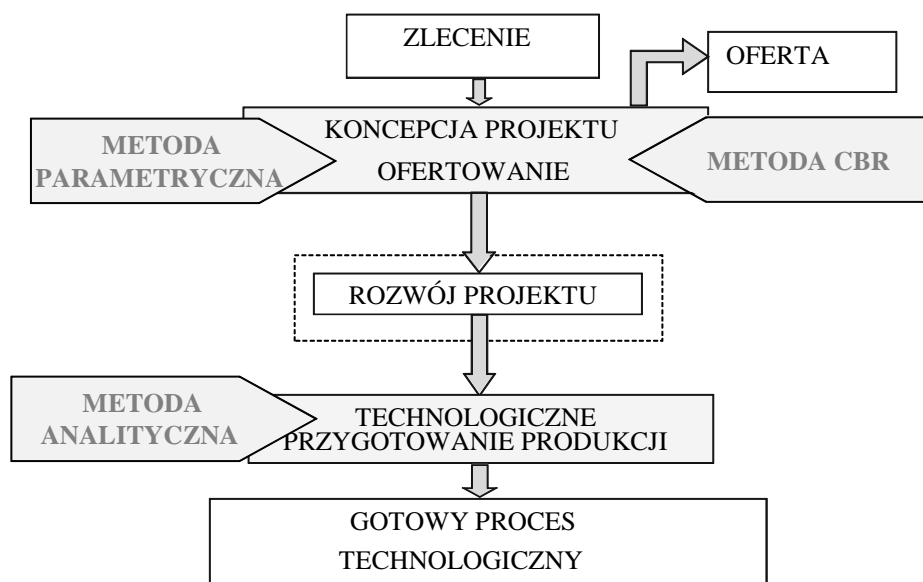
- Ważne jest, aby użytkownik (projektant) znał i rozumiał zasadę działania. Często może wystąpić opór w stosowaniu narzędzia ze strony projektantów, jeśli nie znają zasady działania i wykorzystanych metod, wówczas narzędzie działa jak czarna skrzynka a użytkownik nie ma pewności, co do wiarygodności otrzymanych wyników.
- Istotne jest, aby narzędzie generowało rozwiązania na podstawie informacji, jakimi w danym momencie dysponuje projektant. Nadmiar wymaganych danych koniecznych do generowania wyniku może być bardzo czasochłonne i zniechęcić użytkownika do wykorzystywania dostępnych narzędzi.
- Narzędzia szacowania kosztów muszą szybko generować wyniki, które powinny charakteryzować się małym błędem.
- Projektanci i konstruktorzy muszą być świadomi konieczności stosowania narzędzi szacowania kosztów i wpływu decyzji przez nich podejmowanych na wyniki ekonomiczne przedsięwzięcia.

2. Metodologia technicznego przygotowania produkcji zorientowana na minimalizację kosztów wytwarzania

Celem zastosowania metodologii technicznego przygotowania produkcji (TPP) zorientowanego na minimalizację kosztów wytwarzania jest wspomaganie pracy projektanta w utworzeniu projektu wyrobu o najniższych kosztach, a jednocześnie spełniającego wymagania techniczne i jakościowe. Metodologia zakłada analizę kosztów wytwarzania od najwcześniejszych faz projektowania – opracowania koncepcyjnego, oraz w fazie technologicznego przygotowania produkcji. Metodologię technicznego przygotowania produkcji zorientowanego na minimalizację kosztów wytwarzania z dokładnym wyszczególnieniem faz TPP przedstawia rys. 1.

Prezentowane podejście zakłada analizę i minimalizację kosztów wytwarzania od samego początku procesu projektowania, czyli już w fazie koncepcyjnego przygotowania projektu (KPP). W tej fazie zasób informacji dotyczących projektowanego wyrobu jest jeszcze ograniczony. Jednakże, skutki nieracjonalnych decyzji podjętych w tej fazie mogą wpłynąć niekorzystnie na cały proces projektowania i wytwarzania. Dlatego już na tym etapie niezbędne jest analizowanie i przewidywanie kosztów wytwarzania dla poszczególnych wariantów koncepcji. Proponowana metodologia umożliwia przeprowadzenie szacowania kosztów w fazie KPP z zastosowaniem dwóch metod. Pierwsza z nich to parametryczne szacowanie kosztów polegające na utworzeniu funkcji matematycznej zawierającej charakterystyczne dla wyrobu parametry. Druga metoda szacowania kosztów na etapie projektu koncepcyjnego zakłada wykorzystanie podejścia CBR – Case Based Reasoning (podejście oparte na analizie przypadku).

W przedstawionej metodologii możliwy jest wybór metody szacowania kosztów wytwarzania w zależności od specyfiki problemu oraz od zakresu posiadanych informacji. W rezultacie zastosowania takiego podejścia na etapie projektu koncepcyjnego oszacowane zostają przewidywane koszty wytwarzania poszczególnych wariantów koncepcji. Wybrany zostaje wariant najbardziej optymalny ze względu na koszty wytwarzania. Dzięki analizie i szacowaniu kosztów projektów koncepcyjnych, możliwe jest zarówno sformułowanie odpowiedzi ofertowej, jak i dalsze rozwijanie i kosztowe optymalizowanie wybranego wariantu koncepcji.



Rys. 1. Szacowanie kosztów w procesie technicznego przygotowania produkcji

Przedstawiana metodologia TPP obejmuje również szacowanie kosztów w fazie technologicznego przygotowania produkcji. Jeśli projekt szczegółowy został już opracowany, dostępne są już wszelkie szczegółowe informacje z nim związane. Możliwe wówczas jest szacowanie kosztów wytwarzania charakteryzujące się wyższym stopniem dokładności otrzymanych wyników. Do szacowania kosztów w tej fazie zastosowano metodę analityczną.

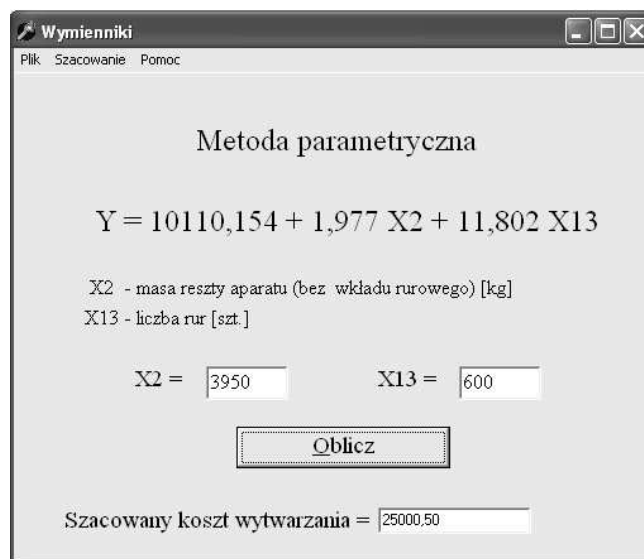
3. Szacowanie kosztów w fazie konstrukcyjnego przygotowania produkcji

W fazie wczesnego projektowania brak jest szczegółowych danych o projektowanym wyrobie, dlatego oszacowanie kosztów jest trudne i wiąże się z dużą niedokładnością. Aby zapewnić wystarczającą precyzję oszacowań konieczne jest zastosowanie odpowiednio dobranych i dopasowanych metod szacowania kosztów. W przedstawionej metodologii istnieje możliwość wyboru spośród dwóch metod, w zależności od zasobów informacji, jakie posiadamy o projektowanym wyrobie. Jedną z metod szacowania kosztów na tym etapie jest metoda parametryczna. Do analizy i budowy modeli parametrycznych zostały użyte dane historyczne zawierające całkowity koszt wytwarzania oraz charakterystyczne parametry wyrobu. W procesie estymacji modelu parametrycznego kosztów wytwarzania wyrobu, jakim jest płaszczowo-rurowy wymiennik ciepła, zastosowano klasyczną metodę najmniejszych kwadratów (KMNK). Szerzej proces opracowywania metody parametrycznej opisany został w pracy [3]. W rezultacie otrzymany został model liniowy z dwoma parametrami wyrobu, postaci wyrażonej wzorem 1.

$$\hat{Y} = 10110,154 + 1,977X_2 + 11,802X_{13} \quad (1)$$

gdzie: X_2 – masa reszty aparatu [kg],
 X_{13} – liczba rur [szt.].

Opracowany model został zweryfikowany i oceniony na podstawie różnych testów, które wypadły pozytywnie i wskazały na wysoki poziom dopasowania modelu do danych empirycznych. Ze względu na dużą przydatność opracowanego modelu możliwe stało się jego wykorzystanie do estymacji kosztu wytwarzania w fazie opracowywania koncepcji. Aby umożliwić szybkie i sprawne zastosowanie opracowanej metody, zaimplementowana została w aplikacji komputerowej, która umożliwia szybkie i bezproblemowe jej użycie. Przykładowy zrzut ekranu przedstawia rys. 2.



Rys. 2. Implementacja metody parametrycznej w szacowaniu kosztów wytwarzania

Oprócz metody parametrycznej w fazie konstrukcyjnego przygotowania produkcji istnieje możliwość zastosowania również metody szacowania kosztów wytwarzania opartej na podejściu Case Based Reasoning (CBR). Dokładny opis opracowania tej metody przedstawiony został w pracy [4]. W metodzie tej istnieje możliwość oszacowania parametrów na podstawie od dwóch do siedmiu parametrów, spośród:

- masa wymiennika pustego [kg],
- masa reszty aparatu [kg],
- powierzchnia wymiany ciepła [m²],
- masa rur [kg],
- pojemność wkładu rurowego [m³],
- pojemność przestrzeni międzyrurowej [m³],
- liczba rur [szt.].

Następnie wyszukiwany jest z bazy wszystkich realizowanych projektów przypadek najbardziej podobny. Aby mógł on być użyty do oszacowania kosztów wytwarzania, dla wszystkich projektów z bazy oraz dla nowego projektu obliczana jest miara rozwoju,

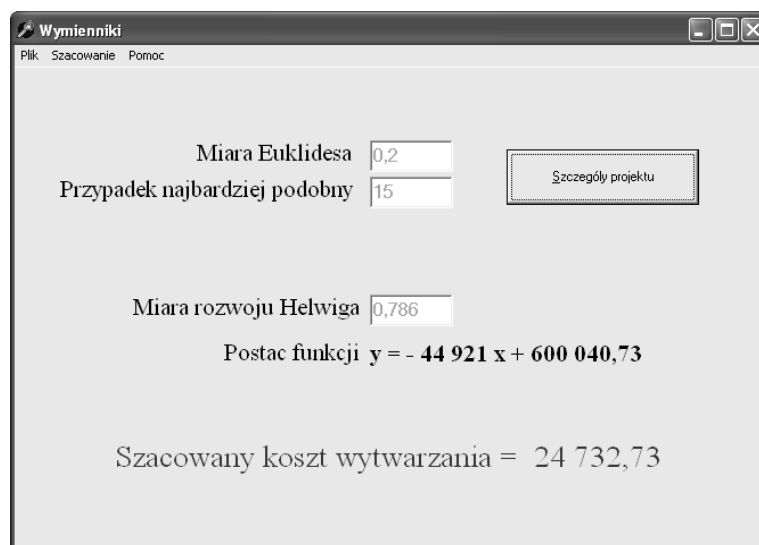
a następnie przy użyciu dynamicznej funkcji liniowej oszacowany zostaje koszt wytwarzania dla nowego projektu. Dynamiczna funkcja liniowa przy każdym użyciu może przyjąć inną postać. Zgodnie z założeniem metody CBR, każdy przypadek musi być zachowany w bazie danych i opracowana metoda, a na jej podstawie aplikacja posiada taką funkcję. Umożliwia to coraz szerszą i dokładniejszą analizę. Zrzuty opracowanej aplikacji (rys. 3 i 4) przedstawiają etap wyboru liczby parametrów i określenia wartości dla nowego projektu oraz wynik działania aplikacji, czyli oszacowany koszt wraz z przedstawieniem postaci dynamicznej funkcji liniowej.

The screenshot shows a software window titled "Wymienniki" with a menu bar containing "Plik", "Szacowanie", and "Pomoc". The main area is divided into two columns of parameter lists. The left column, titled "Wybierz parametry do analizy", contains a list of parameters: "masa wymiennika pustego [kg]", "masa reszty aparatu [kg]", "powierzchnia wymiany ciepła [m2]", "masa rur [kg]", "pojemność wkładu rurowego [m3]", "pojemność przestrzeni międzyrurowej [m3]", and "liczba rur [szt.]". The parameter "pojemność przestrzeni międzyrurowej [m3]" is currently selected. A right-pointing arrow button ">>" is positioned between the two lists. The right column contains the same list of parameters. Below these lists are five input fields with labels: "masa wymiennika pustego [kg]" (value: 8000), "masa reszty aparatu [kg]" (value: 3950), "powierzchnia wymiany ciepła [m2]" (value: 230), "masa rur [kg]", and "pojemność wkładu rurowego [m3]". A button labeled "Oblicz koszt" is located at the bottom right of the window.

Rys. 3. Okno wprowadzania danych dla metody CBR

Mając wyszukany przypadek najbardziej podobny do nowego problemu, możemy przeglądać wszystkie dane o przypadku z bazy (klawisz „szczegóły projektu” na rys. 4). Wśród danych tych może być również wiedza typu „design rationale”, czyli wiedza projektantów wynikająca z ich doświadczenia. Do zbioru informacji o przypadku mogą być dołączone dodatkowe opisy szczególnych sytuacji projektowych, podejmowanych decyzjach i ich skutkach (zarówno negatywnych jak i pozytywnych), które pomogą w rozwiązaniu nowego problemu.

Opracowana aplikacja bazuje na danych zgromadzonych w pliku programu Microsoft Excel, dzięki czemu projektant ma swobodny dostęp do edycji danych o projekcie. Zarówno przy metodzie parametrycznej, jak i CBR wszystkie dane musiały zostać standaryzowane ze względu na to, iż parametry wyrobu wyrażone były w różnych jednostkach.



Rys. 4. Implementacja metody CBR

4. Szacowanie kosztów w fazie technologicznego przygotowania produkcji

W fazie technologicznego przygotowania produkcji projekt konstrukcyjny jest już gotowy i następuje przygotowanie procesów technologicznych, dlatego możliwe jest zastosowanie metody analitycznej na tym etapie. Wspomaganie szacowania kosztów w fazie technologicznego przygotowania produkcji funkcjonuje w dwóch obszarach. Pierwszy to wspomaganie szacowania pracochłonności wykonania wyrobu z zastosowaniem metody analitycznej, która niezbędna jest do określenia między innymi bezpośrednich kosztów przerobu. Drugi obszar to kalkulacja kosztów wytwarzania z wykorzystaniem metody doliczeniowej.

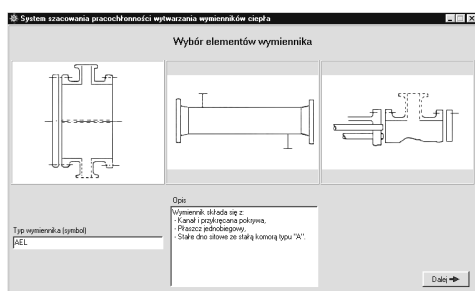
Metoda analityczna pozwala oszacować koszt produktu przy dekompozycji na poszczególne zadania i części (materiały). Wówczas poszczególne koszty tych elementarnych działań są szacowane. Generalnie metoda ta daje precyzyjne wyniki, niemniej jednak, potrzebny jest szczegółowo opisany produkt i informacja o procesie wytwarzania. [1]

Metoda ta wykorzystując harmonogramy i indywidualne badania, określa czasy, które są istotne dla wytwarzania. Przez pomnożenie czasów z poszczególną stawką godzinową otrzymamy koszty wytwarzania. [2]

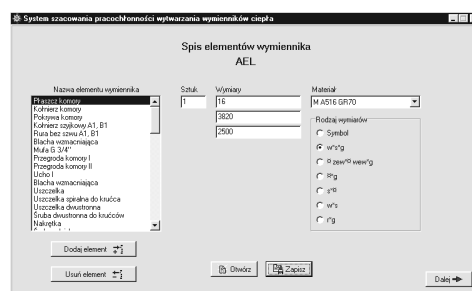
Metoda analityczna krytykowana jest za dużą czasochłonność w jej stosowaniu. Jednakże przy stosowaniu tej metody w fazie technologicznego przygotowania produkcji, gdzie opracowywane są procesy technologiczne, może ona być bez większych problemów zastosowana i generować dobre rozwiązania.

W module szacowania pracochłonności pierwszym krokiem jest określenie struktury samego wymiennika (rys. 5). Wymiennik jest opisany za pomocą trzech symboli literowych charakteryzujących trzy główne elementy wymiennika – głowicę stacjonarną przednią, płaszcz i rodzaj przepływów oraz głowicę tylną, która może być głowicą ruchomą. Systematyka pojęć opisowych zaczerpnięta została z norm Stowarzyszenia Producentów Wymienników Rurowych TEMA. Kolejny etap to wybór i zdefiniowanie

poszczególnych elementów składowych całego wyrobu (rys. 6). W programie automatycznie wyszczególnione są standardowe elementy, istnieje też możliwość dodawania innych elementów oraz usuwania tych, które nie są użyte w danym projekcie. Dla każdego elementu użytkownik określa ich liczbę, wymiary, rodzaj materiału.

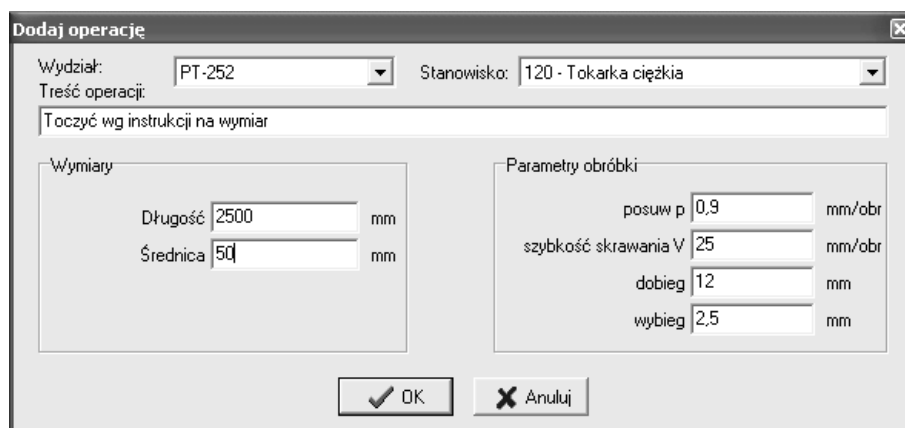


Rys. 5. Określenie struktury

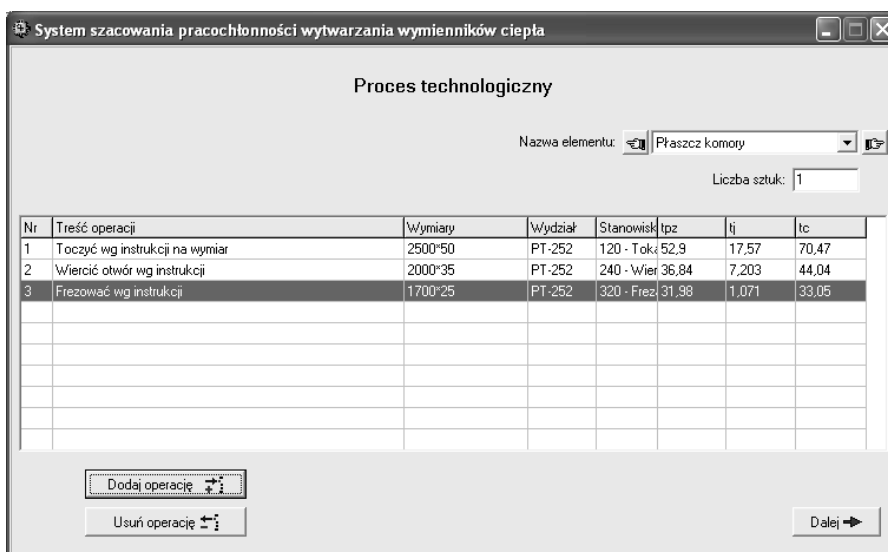


Rys. 6. Zdefiniowanie elementów

Następnie dla każdego elementu opracowany zostaje proces technologiczny. Projektant określa parametry obróbki dla każdej operacji (jak na rys. 7), natomiast wszelkie normatywy technologiczne dotyczące czasów są zawarte w programie, który automatycznie oblicza czasy poszczególnych operacji. W ten sposób opracowany zostaje proces technologiczny wraz z poszczególnymi czasami t_j , t_{pz} i t_c . Po zdefiniowaniu wszystkich operacji otrzymujemy gotowy proces technologiczny (przykładowy proces jednego z elementów przedstawiony jest na rys. 8).

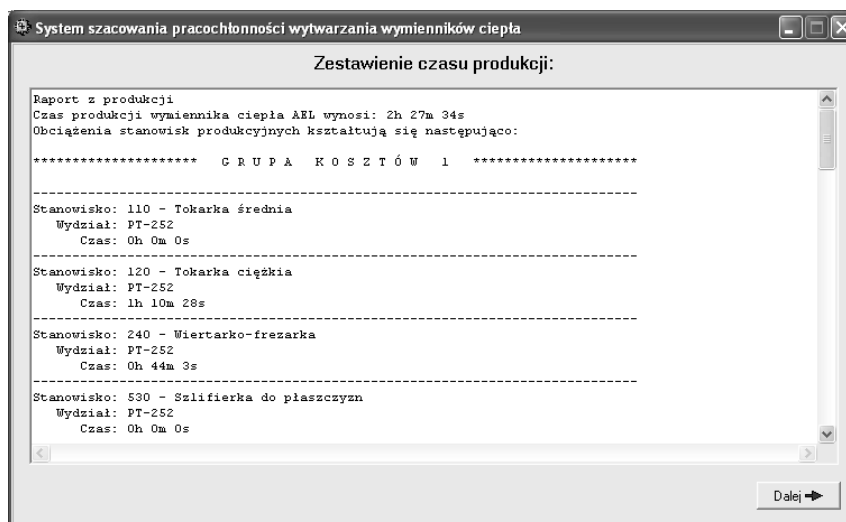


Rys. 7. Okno wprowadzenia parametrów operacji technologicznej



Rys. 8. Proces technologiczny jednego z elementów wymiennika

W analogiczny sposób definiuje się procesy technologiczne pozostałych elementów, jak i procesu montażu. Końcowym wynikiem działania programu jest raport przedstawiający czas zajętości poszczególnych stanowisk oraz sumaryczny czas wytwarzania z podziałem na grupy kosztowe. Przykładowe zestawienie czasu wytwarzania przedstawia rys. 9. Wszystkie stanowiska w przedsiębiorstwie zostały podzielone na grupy o tych samych stawkach maszynogodziny. Koszty stanowiskowe stanowią podstawę do wyznaczenia bezpośrednich kosztów przerobu oraz jako klucz podziałowy dla pośrednich kosztów przerobu.



Rys. 9. Raport czasu pracy na poszczególnych stanowiskach
Gdy oszacowana została pracochłonność wykonania całego wyrobu, można

przejsć do kolejnego etapu, czyli przeprowadzenia kalkulacji kosztów wytwarzania. Po przeanalizowaniu różnych metod kalkulacji kosztów, jako najodpowiedniejsza do różnorodnej produkcji realizowanej na wielu stanowiskach o zróżnicowanych wartościach, zastosowana została metoda doliczeniowa zleceniowa wg miejsc powstawania kosztów. W metodzie tej koszty bezpośrednie w postaci materiałów i robocizny odnoszone są na właściwe przedmioty kalkulacji na podstawie dokumentów źródłowych, natomiast koszty pośrednie doliczane są na podstawie określonych kluczy podziałowych w oparciu o Zakładowy Arkusz Rozliczeniowy (ZAR) przedstawiony na rys. 10. Kalkulacja kosztu własnego przykładowego wyrobu w oparciu o ZAR przedstawiony został w tabeli 1.

Tab. 1. Kalkulacja kosztu własnego wraz z narzutami z zastosowaniem ZAR

Koszty	Narzuty	Koszt jednostkowy
Bezpośrednie koszty materiałowe		9 302,21
Pośrednie koszty materiałowe	$N_{kmp} = \frac{18685}{175300} = 0,1066$	991,62
Bezpośrednie koszty przerobu – wydział obróbki 1		893,20
Pośrednie koszty przerobu – wydział obróbki 1	$N_{kpp-O1} = \frac{219539,34}{147812,50} = 1,4853$	1 326,67
Bezpośrednie koszty przerobu – wydział obróbki 2		1 031,19
Pośrednie koszty przerobu – wydział obróbki 2	$N_{kpp-O2} = \frac{290930,08}{207809,20} = 1,4$	1 443,67
Bezpośrednie koszty przerobu – wydział malarni		789,80
Pośrednie koszty przerobu – wydział malarni	$N_{kpp-M} = \frac{78635,75}{60025,10} = 1,31$	1 034,64
Bezpośrednie koszty przerobu – montaż		1 958,10
Pośrednie koszty przerobu – montaż	$N_{kpp} = \frac{117893,83}{87352,78} = 1,3496$	2 642,65
Koszty pośrednie		7 439,24
Koszt wytworzenia		21 413,74
Pośrednie koszty sprzedaży	$N_{krp} = \frac{18685,00}{1409983,58} = 0,0133$	284,80
Pośrednie koszty administracji	$N_{krp} = \frac{31328,00}{1409983,58} = 0,0223$	477,53
Pośrednie koszty zarządu	$N_{krp} = \frac{29420,00}{1409983,58} = 0,021$	449,69
Koszt własny		22 625,76

Koszty rodzajowe	Stanowiska kosztowe		Główne produkcyjne		Pomocnicze produkcyjne								Gospod. materiał.		Sprzedaz	Administracja			Dyrektor naczelny i pozostałe
	Obróbka	Montaż	1	2	Dział Plan. i Ster. Produkcją	Dział Techniczny	Dyrektor ds. Prod.	Dział Utr. Ruchu	Dział Narzędz.	Dział Kontr. jakości	Biuro Inżynierskie	Dział Zakupów	Dział Real. Dostaw	Dział Sprzedaży	Dział Org. i Zarz.	Dział Spr. Prac. i Adm.	Dział Finansowy		
Wynagrodzenia	147250	33500			9370	8760	5150	9740	8250	8120	31264	8230	5200	5180	6120	9450	8450	16	24800
Zużycie materiałów	78000	17300			830	1770	375	3950	1210	837	5327	920	586	620	1280	1950	1240		2100
Energia	128400	14120			60	73	68	350	120	60	180	68	40	42	55	75	60		60
Amortyzacja	67500	21230			831	927	323	1205	800	660	886	1520	980	460	510	750	650		1740
Usługi obce	8250							1500				680			280				
Pozostałe koszty					312	825	418	2310	178	1284	3126	281	180	443	113	150	195		720
Suma kosztów	429400	86150			11403	12355	6334	19055	10558	10961	40783	11699	6986	6745	8358	12375	10595		29420
Dz. Plan. i Ster. Prod.	7986	3417																	
Dział techniczny	9132,6	3222,4																	
Dyr. ds. Produkcji	3961,47	2372,53																	
Dział Utr. Ruchu	12426,5	6628,5																	
Dział Narzędziowy	6927	3631																	
Dział Kont. Jakości	7324,6	3636,4																	
Biuro Inżynierskie	31947	8836																	
Posr. koszty prer.	509105,2	117893,8																	
Robocizna bezp.	368646,8	87352,78																	
Koszt mat. bezp.		18563,2																	
Posr. koszty mat.		18685																	
Koszt wytworzenia		1120246,78																	
Koszty zbytu		6745																	
Koszty administracji		31328																	
Koszty dyr. naczelny i pozostałe		29420																	

Rys. 10. Zakładowy Arkusz Rozliczeniowy

Określone w ten sposób koszty wytwarzania charakteryzują się znacznie większym stopniem dokładności niż oszacowane wartości w fazie opracowywania koncepcji wyrobu. Zastosowanie metody analitycznej na etapie projektu szczegółowego wykorzystywane jest do sprawdzenia dokładności oszacowanych kosztów wytwarzania w fazie koncepcyjnego przygotowania projektu i oceny zastosowanych na tym etapie metod.

4. Weryfikacja i wnioski

W celu weryfikacji metod szacowania kosztów porównane zostały wyniki otrzymane w fazie opracowywania koncepcji wyrobu z wynikami oszacowania w chwili, gdy gotowy już jest projekt konstrukcyjny – w fazie technologicznego przygotowania produkcji. Przy metodzie CBR oszacowanie kosztu nastąpiło na podstawie wszystkich możliwych parametrów wyrobu, co daje nam możliwie najdokładniejsze szacowanie przy użyciu tej metody. Na podstawie porównania oceniona została dokładność i przydatność metod zastosowanych na etapie wczesnego projektowania. Otrzymane wyniki wraz z błędami oszacowań przedstawione zostały w tabeli 2.

Tab. 2. Oszacowane koszty wytwarzania z zastosowaniem różnych metod

	Metoda parametryczna		Metoda CBR		Metoda analityczna
	koszt	błąd	koszt	błąd	
Project 1	25 000,50	10,50%	24 732,73	9,31%	22 625,76
Project 2	26 477,25	13,76%	24 962,66	7,25%	23 274,63
Project 3	28 956,30	10,28%	29 342,23	9,09%	32 274,86
Project 4	34 567,98	14,51%	33 632,87	11,41%	30 187,90
Project 5	39 875,00	13,08%	41 230,77	10,13%	45 876,30
Project 6	21 282,12	15,17%	22 476,50	10,41%	25 087,44

Na podstawie przeprowadzonej weryfikacji, zostały sformułowane następujące wnioski:

- Zarówno metoda parametryczna, jak i metoda CBR dają dobre wyniki oszacowań, których błędy kształtują się poniżej poziomu 20%, co jest górną ogólnie przyjętą granicą dla wartości szacowanych.
- Metoda parametryczna umożliwia szybkie oszacowanie na podstawie dwóch parametrów technicznych.
- Wadą metody parametrycznej jest niezmiennosc funkcji liniowej, która została opracowana dla zbioru danych z przeszłości. Aby minimalizować skutki tej wady należałoby powtarzać analizę i budowę funkcji liniowej dla zaktualizowanych danych.
- Metoda CBR daje dokładniejsze oszacowania (mniejsze błędy szacowanych wartości).
- Metoda CBR umożliwia szacowanie kosztów wytwarzania na podstawie od dwóch do siedmiu parametrów technicznych opisujących projekt, w zależności od tego, jakimi informacjami dysponujemy.
- Metoda CBR ze względu na dynamiczną funkcję dopasowania, która uwzględnia nowe przypadki w bazie, daje za każdym kolejnym użyciem lepsze oszacowania. Dodatkowo umożliwia przeglądanie danych o projekcie z przeszłości, charakteryzującym się największym podobieństwem do bieżącego projektu.
- Szacowanie kosztów na podstawie dwóch parametrów wyrobu daje podobne oszacowania (obarczone zbliżonym błędem) przy użyciu metody parametrycznej

i CBR.

- Metoda analityczna umożliwia dokładne oszacowanie czasów wytwarzania, co jest podstawą wyznaczenia kosztów własnych wyrobów. Stosowana jest w fazie technologicznego przygotowania produkcji, gdy znane są już wszystkie informacje o projekcie, dlatego umożliwia dokładniejszą analizę wyrobu.
- Skróceniu ulega czas sporządzania kosztorysu projektu, co znacznie przyspiesza sformułowanie odpowiedzi na zapytanie ofertowe.

Ze względu na powyższe wnioski, można stwierdzić przydatność zaprezentowanych metod w szacowaniu kosztów wytwarzania na etapie projektowania. W fazie opracowywania koncepcji wyrobu w analizie porównawczej obu metod, korzystniej wypada CBR ze względu na dostępność projektów archiwalnych wraz z całą charakterystyką projektowo-wykonawczą oraz zmienność funkcji szacowania kosztu dopasowanej do aktualizowanej na bieżąco bazy. Zastosowanie metodologii umożliwia zwiększenie kontroli nad kosztami w trakcie procesu wytwarzania.

Literatura

1. Farineau T., Rabenasolo B., Castelain J. M., Meyer Y., Duverlie P.: Use of Parametric Models in an Economic Evaluation Step During the Design Phase. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* (2001) 17, pp. 79-86.
2. Eversheim W., Gupta Ch., Kümpfer R.: Methods and Tools for Cost Estimation in Mechanical Manufacturing. *Production Engineering Vol. I/2* (1994), pp. 201-204.
3. Barnuś B., Knosala R.: Analiza porównawcza metod szacowania kosztów wytwarzania w fazie projektowania wyrobu. *Komputerowo Zintegrowane Zarządzanie* (pod red. R. Knosali). Tom I. Oficyna Wydawnicza Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, Opole, 2007, ss. 38-48.
4. Barnuś B., Knosala R.: Zastosowanie metody Case Based Reasoning do szacowania kosztów wytwarzania w fazie projektowania. *Komputerowo Zintegrowane Zarządzanie* (pod red. R. Knosali). Tom I. Oficyna Wydawnicza Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, Opole, 2008, ss. 34-43.

Mgr inż. Barbara BARNUŚ
Prof. dr hab. inż. Ryszard KNOSALA
Instytut Inżynierii Produkcji
Politechnika Opolska
45-370 Opole, ul. Ozimska 75
tel./fax.: (0-77) 453 64 58
e-mail: b.barnus@po.opole.pl
r.knosala@po.opole.pl