

Dorota WIĘCEK  
Akademia Techniczno-Humanistyczna w Bielsku-Białej  
Wydział Budowy Maszyn i Informatyki  
Katedra Inżynierii Produkcji  
dwiecek@ath.bielsko.pl

## WPŁYW CZYNNIKÓW KOSZTOWÓRCZYCH NA SZACOWANIE KOSZTÓW PRODUKCJI ELEMENTÓW MASZYN

**Streszczenie.** W artykule przedstawiono metody szacowania kosztów na etapie projektowania wyrobów i procesów produkcyjnych opierając się na czynnikach kosztotwórczych. Czynniki kosztotwórcze są zmiennymi funkcji określającej składowe koszty poszczególnych działań związanych z projektowanym procesem produkcyjnym elementów wyrobów. Zaproponowane rozwiązania określania kosztów bazują na przyjętym opisie cech projektowanego wyrobu, aktualnych stawkach parametrów kosztowych działań i są dostosowane do systemów produkcyjnych, funkcjonujących w warunkach produkcji jednostkowej i małoseryjnej.

**Słowa kluczowe:** projektowanie procesów produkcyjnych, szacowanie kosztów, rachunek kosztów działań

## THE INFLUENCE OF COSTS DRIVERS ON ESTIMATING PRODUCTION COSTS OF MACHINE ELEMENTS

**Abstract.** In the article methods of cost estimation at the stage of products and production processes designing, basing on cost drivers were described. Cost drivers are variables of functions defining costs of individual actions associated with the projected processes of production of products elements. Methods of cost defining, proposed in the article, based on the assumed features of projected product, actual values of cost parameters and are adjusted to small lot and piece production systems.

**Keywords:** supporting production process, estimation of cost, activity based costing

## 1. Wprowadzenie

Potrzeba przyspieszenia wejścia na rynek nowego produktu oraz poszukiwanie metod zmniejszających całkowite koszty zmuszają przedsiębiorstwa o produkcji jednostkowej i małoseryjnej do zintegrowanego, współbieżnego procesu projektowania wyrobów i procesów niezbędnych do ich wytwarzania wraz z identyfikacją ich kosztów. Proces ten powinien uwzględniać poprzednie i aktualne procesy produkcyjne, zaopatrzenia, organizacji produkcji, zachowując odpowiedni poziom jakości produktów<sup>1</sup>.

W wartości produktów coraz większe znaczenie ma udział kosztów bezpośrednich i pośrednich wykonania elementów maszyn, wynikający z podejmowanych działań związanych z pozyskiwaniem i przetwarzaniem informacji na etapie ich projektowania<sup>2</sup>. W związku z tym procesy projektowania i przetwarzania nowych produktów powinny być wsparte, jak tylko to jest możliwe, w miarę szybkim i dokładnym oszacowaniem całkowitych kosztów produkcji, w celu uniknięcia zbyt dużych nakładów finansowych podczas uruchomienia produkcji tych wyrobów. W fazie rozwoju produktu, w której powstają koncepcja i struktura funkcjonalna wyrobu, to projektanci mają decydujący wpływ na całkowitą kosztochłonność procesu przez odpowiedni dobór materiałów, technologii, struktury i parametrów procesów wytwarzania. W procesie tym im więcej jest informacji o wyrobie, tym mniejszy jest udział nieustalonych kosztów w całkowitych kosztach produktu. Wszelkie niedoskonałości w postaci strat mogą dotyczyć niedokładnego oszacowania kosztów na tym etapie, nieefektywnej organizacji produkcji oraz nietrafnego doboru systemu rachunku kosztów do potrzeb przedsiębiorstwa<sup>3</sup>. Znajomość narzędzi do pomiaru i właściwego rozliczania kosztów nowo projektowanych wyrobów przez zastosowanie rachunku kosztów działań, ze szczególnym zwróceniem uwagi na czynniki kosztotwórcze, pozwoli w miarę dokładnie oszacować koszty projektowanych wyrobów, a także dostarczyć projektantom wartościowych informacji o kosztach, umożliwiając znaczną redukcję całkowitych kosztów już na etapie projektowania procesów produkcyjnych.

Celem badań jest opracowanie metod szacowania kosztów projektowanych wyrobów na etapie konstrukcyjnego przygotowania produkcji, bazujących na odpowiednim doborze czynników kosztotwórczych powiązanych z rachunkiem kosztów działań, aby przy niewielkim nakładzie czasu, w zależności od informacji wynikających z zapisu konstrukcji, jak najlepiej oszacować koszt projektowanego wyrobu. Rozwiązanie ww. problemu w przedsiębiorstwach o produkcjach jednostkowej i małoseryjnej wymaga:

---

<sup>1</sup> Kuric I., Grozav S. (eds.): *Mechanization and Automation Equipment for Processing*. Publish House Alma Mater, Cluj Napoca 2015.

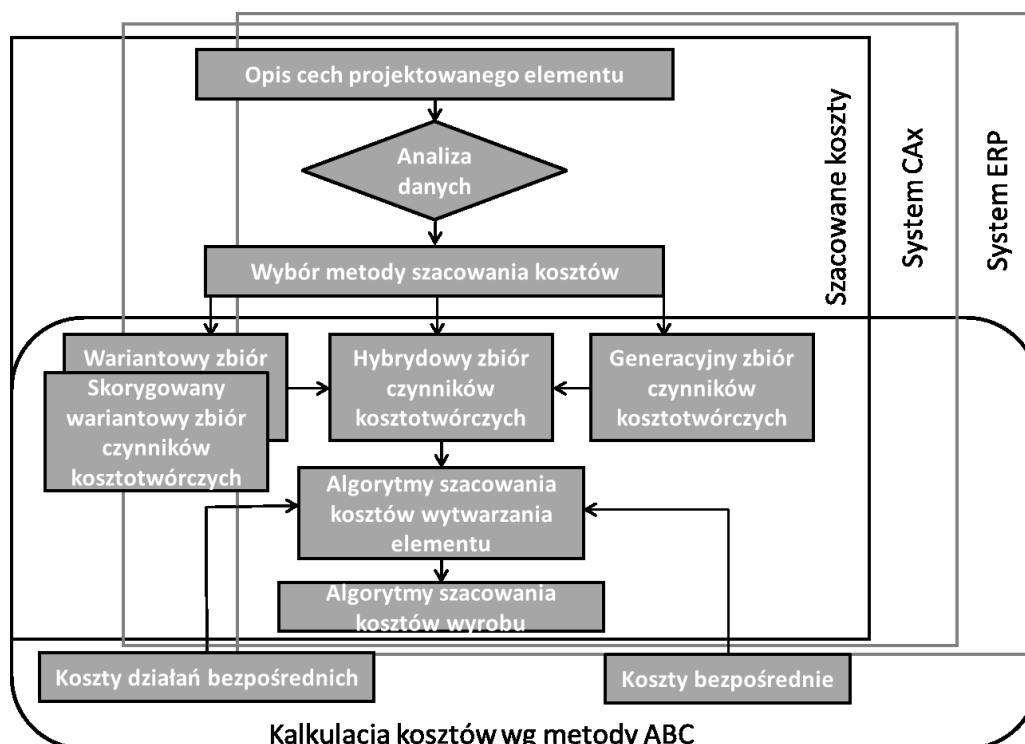
<sup>2</sup> Kaplan R., Cooper R.: *Zarządzanie kosztami i efektywnością*. Oficyna Ekonomiczna, Kraków 2000.

<sup>3</sup> Mičieta B., Wieczorek T., Matuszek J.: *New aspects of manufacturing organizations' development*. University of Žilina, 2011.

- przyjęcia odpowiedniego opisu cech projektowanych elementów bazując na metodzie obiektów elementarnych, który obejmuje cechy konstrukcyjne, wytwarzania i organizacyjne,
- określenia kosztów działań dla przykładowego systemu produkcyjnego z dokładnością odpowiadającą opisowi cech projektowanych elementów,
- opracowania zbioru czynników kosztotwórczych w zależności od przyjętej metody szacowania kosztów,
- określenia wielkości czynników kosztotwórczych na podstawie otrzymanych wartości z przyjętego opisu cech projektowanych elementów,
- zaprojektowania modelu kalkulacji kosztów uwzględniającego dostępne zbiory czynników kosztotwórczych.

## 2. Proponowane metody szacowania kosztów elementów maszyn

W przypadku produkcji jednostkowej i małoseryjnej w celu dokładnego oraz szybkiego oszacowania całkowitych kosztów produkcji na etapie procesów projektowania i przetwarzania nowych produktów, w zależności od informacji o projektowanym wyrobie, zaproponowano model postępowania, który zobrazowano na rys. 1.



Rys. 1. Model szacowania kosztów elementów maszyn

Źródło: Opracowanie własne.

Punktem wyjścia jest odpowiednie zastosowanie rachunku kosztów działań uwzględniającego tyle podstaw rozliczania, ile zostanie wyodrębnionych rodzajów działań. Z tym, że koszty działań powinny być odpowiednio rozliczone na każdym poziomie struktury wyrobu (zespoły, podzespoły, elementy, czy też obiekty elementarne), oraz rachunek ten powinien pokazywać różnice w kosztach dla różnych koncepcji projektów z uszczegółowieniem zabiegów kolejnych operacji technologicznych. Z opisanych w literaturze metod określania kosztów można skorzystać w sytuacji, kiedy wszystkie charakterystyczne cechy produktu są znane, a zaprojektowany proces wytwarzania jest zbliżony do produktów wcześniej wytwarzanych, co powoduje ograniczone zastosowanie tych metod, z punktu widzenia dokładności uzyskiwanych wyników. Metody te również opierają się na stałych danych kosztowych, które w sytuacji ciągłych zmian struktury ponoszonych nakładów przez przedsiębiorstwo powodują, że oszacowane na ich podstawie koszty znacznie odbiegają od faktycznie ponoszonych kosztów na ich produkcję. Problem szacowania kosztów na etapie projektowania wyrobu występuje w momencie, kiedy elementy nie są ostatecznie zaprojektowane lub znacznie odbiegają od wyrobów wcześniej wytwarzanych, co jest charakterystyczne i częste przy produkcji jednostkowej i produkcji małoseryjnej. Metody, które bazują na niepełnym zbiorze informacji potrzebnych do określania całkowitych kosztów produkcji projektowanego wyrobu nazywane są metodami szacowania kosztów.

W zależności od ilości dostępnych informacji o projektowanym wyrobie można skorzystać z zaproponowanych szybkich, mniej lub bardziej precyzyjnych metod szacowania kosztów, a mając określone poszczególne składniki kosztów pozwolą projektantowi na wybór właściwego rozwiązania, na podstawie kryteriów ekonomicznych.

Podstawą szacowania kosztów elementów maszyn jest przyjęcie (tab. 1) odpowiedniego opisu cech projektowanych elementów, który oprócz informacji o cechach konstrukcyjnych, w celach pełniejszego oszacowania kosztów, będzie dodatkowo rozbudowany o opis cech materiałowych, organizacyjnych oraz związanych z procesem wytwarzania. Opis ten opiera się na założeniach podanych w literaturze<sup>4</sup>. Na podstawie analizy podobieństwa cech projektowanego elementu i elementu już produkowanego można przeszukać istniejącą bazę procesów wytwarzania w celu wyszukania marszruty procesu wcześniej zaprojektowanych elementów podobnych, które są najbliższe nowemu elementowi. W zależności od informacji wygenerowanych na różnych etapach projektowania procesu produkcyjnego, wspomaganego przez system CAx (komputerowo wspomagane ...), lub informacji przechowywanych w bazach danych, tok postępowania uzależniono od możliwości określenia zbioru czynników kosztotwórczych.

---

<sup>4</sup> Więcek Dariusz: Implementation of artificial intelligence in estimating prime costs of producing machine elements. "Advances in Manufacturing Science and Technology", Vol. 37, No. 1, 2013.

Tabela 1

## Podział cech opisujących elementy maszyn

Element projektowany	Konstrukcyjne obiekty elementarne – w bezpośredni sposób tworzą postać konstrukcyjną (proste powierzchnie: faza, podcięcie, lub złożone: gwint, wieniec zębaty)	Konstrukcyjne cechy opisujące projektowane elementy	Cechy geometryczne (określają strukturę zewnętrzną): <ul style="list-style-type: none"> <li>• typ kształtu (tarcze, wałki, tuleje...)</li> <li>• kształty zewnętrzne (elementy cylindryczne, powierzchnie płaskie, stożkowe...)</li> <li>• dodatkowe kształty zewnętrzne (rowki wpustowe, gwinty, podcięcia...)</li> <li>• kształty wewnętrzne (otwory, nakielki, wielowypusty...)</li> <li>• dodatkowe kształty wewnętrzne (powierzchnie płaskie, gwinty, zęby...)</li> <li>• ...</li> </ul>
	Cechy opisujące projektowane elementy		Cechy materiału wyjściowego do produkcji (określają tworzywo, jego własności wewnętrzne, postać materiału wyjściowego): <ul style="list-style-type: none"> <li>• półfabrykat (pręty, rury, odlewy...)</li> <li>• tworzywo (stal, żeliwo, materiały niemetalowe)</li> <li>• obróbki cieplna i cieplno-chemiczna (wyżarzać, odpuszczać, hartować...)</li> <li>• ....</li> </ul>
		Cechy wytwarzania opisujące elementy	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wariant procesu wytwarzania (proces tarczy bez obróbki cieplnej, z ulepszaniem cieplnym, z nawęglaniem i hartowaniem...)</li> <li>• ...</li> </ul>
		Cechy organizacyjne opisujące elementy	<ul style="list-style-type: none"> <li>• seryjność produkcji (jednostkowa, seryjna, wielkoseryjna)</li> <li>• organizacja procesu wytwarzania</li> <li>• ...</li> </ul>

Źródło: Opracowano na podstawie: Więcek Dariusz: Sformalizowany opis elementów maszyn, [w:] Matuszek J. (red.): Metody i techniki zarządzania w inżynierii produkcji. ATH, Bielsko-Biała 2009.

Konieczne zatem jest ustalenie takich parametrów procesu wytwarzania, dla poszczególnych poziomów struktury wyrobu (obiektów elementarnych, elementów, podzespołów, zespołów i wyrobu), które jednoznacznie determinują wartość zmiennych określających składniki kosztów wraz ze sposobem ich obliczania. Koszty te określane są na podstawie wartości czynników kosztotwórczych, które w zależności od informacji o projektowanym elemencie ustalane są zgodnie z różnymi algorytmami:

- określania wariantowego zbioru czynników kosztotwórczych,
- określania skorygowanego wariantowego zbioru czynników kosztotwórczych,
- określania generacyjnego zbioru czynników kosztotwórczych,
- określania hybrydowego zbioru czynników kosztotwórczych.

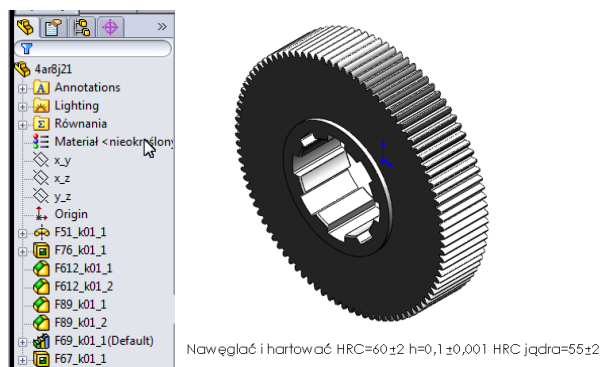
Im więcej jest informacji o projektowanym elemencie, tym rośnie dopasowanie wartości czynników kosztotwórczych do ich rzeczywistych wartości, które będą określone w trakcie wytwarzania tego elementu. Na ich podstawie i aktualnych stawek kosztów działań, określonych w danym okresie obrachunkowym, obliczane są szacowane koszty projektowanych elementów, które w zależności od metody generowania wartości zbioru czynników

kosztotwórczych nazywane są kosztami wariantowymi, skorygowanymi kosztami wariantowymi, kosztami generacyjnymi i kosztami hybrydowymi.

### 3. Określanie wariantowego zbioru czynników kosztotwórczych

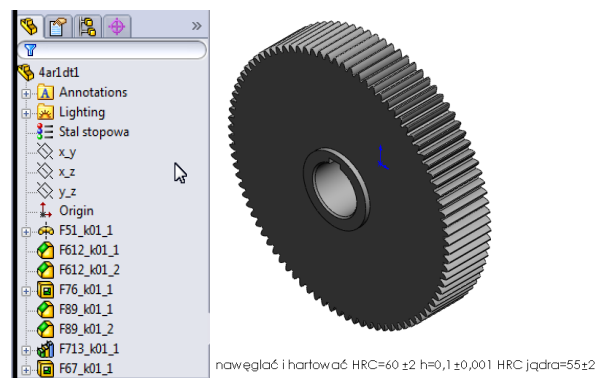
Metoda wariantowego szacowania kosztów opiera się na sformalizowanym opisie projektowanego elementu, dotyczącym ww. cech, na metodach automatyzacji projektowania procesów technologicznych (tzw. projektowanie wariantowe), które wykorzystują metody technologii grupowej, oraz na modelu określania kosztów produkcji wg rachunku kosztów działań. Szacowany koszt wariantowy projektowanego elementu określany jest na podstawie wariantowego zbioru czynników kosztotwórczych, opisanych dla elementu wzorcowego, który z punktu widzenia wartości parametrów cech opisujących projektowany element jest najbardziej do niego podobny. Początkowo z bazy elementów wzorcowych wybierane są te elementy, które z punktu widzenia występowania wspólnych cech, które je opisują, są najbliższe elementowi projektowanemu. Przykład generowanych automatycznie w trakcie tworzenia zapisu konstrukcji zebranych informacji związanych z opisem cech projektowanego elementu w postaci wektora (FP) przedstawiono w części a) na rys. 2, natomiast w części b) – przykład jednego z elementów wzorcowych wraz jego wektorem (FP).

2.a)



$$FP^{op} = \begin{bmatrix} F161_{k01} & F162_{k01} & F163_{k01} & F164_{k01} & F165_{k01} & F166_{k01} & F167_{k01} & F168_{k01} & F169_{k01} & F170_{k01} & F171_{k01} & F172_{k01} & F173_{k01} & F174_{k01} & F175_{k01} \\ F176_{k01} & F177_{k01} & F178_{k01} & F179_{k01} & F180_{k01} & F181_{k01} & F182_{k01} & F183_{k01} & F184_{k01} & F185_{k01} & F186_{k01} & F187_{k01} & F188_{k01} & F189_{k01} & F190_{k01} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ F193_{k01} & F194_{k01} & F195_{k01} & F196_{k01} & F197_{k01} & F198_{k01} & F199_{k01} & F200_{k01} & F201_{k01} & F202_{k01} & F203_{k01} & F204_{k01} & F205_{k01} & F206_{k01} & F207_{k01} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ F213_{k01} & F214_{k01} & F215_{k01} & F216_{k01} & F217_{k01} & F218_{k01} & F219_{k01} & F220_{k01} & F221_{k01} & F222_{k01} & F223_{k01} & F224_{k01} & F225_{k01} & F226_{k01} & F227_{k01} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ F233_{k01} & F234_{k01} & F235_{k01} & F236_{k01} & F237_{k01} & F238_{k01} & F239_{k01} & F240_{k01} & F241_{k01} & F242_{k01} & F243_{k01} & F244_{k01} & F245_{k01} & F246_{k01} & F247_{k01} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ F253_{k01} & F254_{k01} & F255_{k01} & F256_{k01} & F257_{k01} & F258_{k01} & F259_{k01} & F260_{k01} & F261_{k01} & F262_{k01} & F263_{k01} & F264_{k01} & F265_{k01} & F266_{k01} & F267_{k01} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ F273_{k01} & F274_{k01} & F275_{k01} & F276_{k01} & F277_{k01} & F278_{k01} & F279_{k01} & F280_{k01} & F281_{k01} & F282_{k01} & F283_{k01} & F284_{k01} & F285_{k01} & F286_{k01} & F287_{k01} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ F293_{k01} & F294_{k01} & F295_{k01} & F296_{k01} & F297_{k01} & F298_{k01} & F299_{k01} & F300_{k01} & F301_{k01} & F302_{k01} & F303_{k01} & F304_{k01} & F305_{k01} & F306_{k01} & F307_{k01} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \end{bmatrix}$$

2.b)



$$FP^* = \begin{bmatrix} F161_{k01} & F162_{k01} & F163_{k01} & F164_{k01} & F165_{k01} & F166_{k01} & F167_{k01} & F168_{k01} & F169_{k01} & F170_{k01} & F171_{k01} & F172_{k01} & F173_{k01} & F174_{k01} & F175_{k01} \\ F176_{k01} & F177_{k01} & F178_{k01} & F179_{k01} & F180_{k01} & F181_{k01} & F182_{k01} & F183_{k01} & F184_{k01} & F185_{k01} & F186_{k01} & F187_{k01} & F188_{k01} & F189_{k01} & F190_{k01} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ F193_{k01} & F194_{k01} & F195_{k01} & F196_{k01} & F197_{k01} & F198_{k01} & F199_{k01} & F200_{k01} & F201_{k01} & F202_{k01} & F203_{k01} & F204_{k01} & F205_{k01} & F206_{k01} & F207_{k01} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ F213_{k01} & F214_{k01} & F215_{k01} & F216_{k01} & F217_{k01} & F218_{k01} & F219_{k01} & F220_{k01} & F221_{k01} & F222_{k01} & F223_{k01} & F224_{k01} & F225_{k01} & F226_{k01} & F227_{k01} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ F233_{k01} & F234_{k01} & F235_{k01} & F236_{k01} & F237_{k01} & F238_{k01} & F239_{k01} & F240_{k01} & F241_{k01} & F242_{k01} & F243_{k01} & F244_{k01} & F245_{k01} & F246_{k01} & F247_{k01} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ F253_{k01} & F254_{k01} & F255_{k01} & F256_{k01} & F257_{k01} & F258_{k01} & F259_{k01} & F260_{k01} & F261_{k01} & F262_{k01} & F263_{k01} & F264_{k01} & F265_{k01} & F266_{k01} & F267_{k01} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ F273_{k01} & F274_{k01} & F275_{k01} & F276_{k01} & F277_{k01} & F278_{k01} & F279_{k01} & F280_{k01} & F281_{k01} & F282_{k01} & F283_{k01} & F284_{k01} & F285_{k01} & F286_{k01} & F287_{k01} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ F293_{k01} & F294_{k01} & F295_{k01} & F296_{k01} & F297_{k01} & F298_{k01} & F299_{k01} & F300_{k01} & F301_{k01} & F302_{k01} & F303_{k01} & F304_{k01} & F305_{k01} & F306_{k01} & F307_{k01} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \end{bmatrix}$$

Rys. 2. Opis cech nowego (a) i wcześniej projektowanego (b) elementu maszyn  
Źródło: Opracowanie własne.

Na podstawie przyjętej miary podobieństwa, która jest sumą iloczynu wspólnej cechy o wartości binarnej 1 i przyjętej wagi dla danej cechy określającej wpływ wartości parametrów, które ją opisują na rzeczywiste koszty produkcji są wybierane te elementy, które mają największą miarę, czyli charakteryzują się największym podobieństwem z elementem projektowanym. Takich elementów może być kilka lub kilkanaście. W kolejnym kroku dla wspólnych cech projektowanego i wzorcowego elementów należy zestawić pary cech wspólnych wraz z parametrami i wartościami opisującymi podane cechy, np. dla cechy F713\_k01 (kształty wewnętrzne/wewnętrzny rowek wpustowy) powiązane z nią parametry i wartości to: szerokość rowka – 18 mm, długość – 38 mm, głębokość – 4,4 mm, chropowatość – 2,5. Dla tak zestawionych par określana jest miara podobieństwa na podstawie metryki Canberra, która jest sumą wartości bezwzględnej ilorazu różnicy wartości cechy elementu projektowanego i wzorcowego do sumy tych wartości. Element, dla którego odległość wg metryki Canberra jest najmniejsza wskazuje, że jest on najbliższy względem elementu projektowanego.

Następnie na podstawie podobieństwa cech następuje przeszukiwanie istniejącej bazy systemu CAPP procesów wytwarzania w celu wyszukania marszruty procesu technologicznego dla wcześniej projektowanego elementu, a dokładnie zbioru informacji o: procesach technologicznych w różnych wariantach, półfabrykacie – kształcie, wymiarach, rodzaju materiałów, normatywach czasu obróbki, narzędziach, przyrządach, środkach produkcji, organizacji stanowisk produkcji itd. Każdy z elementów tego zbioru ma przypisane wartości, które charakteryzują parametry procesu przetwarzania elementu wzorcowego. Na podstawie tych wartości i zbioru czynników kosztotwórczych, wymaganych w wariantowym modelu rachunku kosztów (tab. 2) określono wariantowy zbiór czynników kosztotwórczych dla projektowanego elementu.

Tabela 2

Zbiór czynników kosztotwórczych dla wariantowego modelu rachunku kosztów

Nazwa	Symbol
czas jednostkowy	$t_j$ op <sub>n</sub>
czas przygotowawczo-zakończeniowy	tpz op <sub>n</sub>
grupa zaszergowania pracy	gr prac <sub>n</sub>
indeks pozycji magazynowej	id mag
norma zużycia materiału	MN
nr normy półfabrykatu	nr pol
stanowisko produkcyjne	id stan <sub>n</sub>
typ dokumentacji (typowa, modyfikowana, nowa)	t dok
typ produktu (wyrób gotowy, półprodukt)	t prod
wielkość serii	n ser

Źródło: Opracowanie własne.

Na podstawie otrzymanego wariantowego zbioru czynników kosztotwórczych i ich wartości oraz na podstawie aktualnych stawek kosztów działań można oszacować koszt wariantowy projektowanego elementu. Metoda ta pozwala w miarę szybko i przy mniejszej pracochłonności określić planowany koszt nowego wyrobu, co wiąże się z ograniczoną dokładnością uzyskiwanych wyników.

### Skorygowany wariantowy zbiór wartości czynników kosztotwórczych

Kolejna metoda szacowania kosztów, oparta na koszcie wariantowym, która lepiej przybliży szacunkowy koszt do kosztów rzeczywistych projektowanego elementu, polega na skorygowaniu wariantowych wielkości czynników kosztotwórczych cech opisujących element wzorcowy do cech opisujących element projektowany. Najczęściej korygowanymi wartościami wariantowych czynników kosztotwórczych są parametry cech opisujące element projektowany związane z tworzywem, półfabrykatem, gabarytami oraz z cechami organizacyjnymi (tab. 3). Kosztami, które ulegną zmianie na podstawie korekty wartości czynników kosztotwórczych są:

- koszty materiałów bezpośrednich, które mogą zmienić się w wyniku przyjętego innego gatunku tworzywa ( $g\_two$ ), innego półfabrykatu ( $nr\_pol$ ), różnic gabarytów elementu projektowanego do wariantowego ( $x\_brut$ ,  $z\_brut$ ), co ma wpływ na zmianę normy zużycia materiału (MN), zmianę pozycji magazynowej ( $id\_mag$ ) i związanej z nią zmianę ceny jednostkowej materiału, a co za tym idzie na zmianę wymiaru głównego materiału wyjściowego ( $d\_pol$ ) – przykład skorygowanych wartości przedstawiono w tab. 3,

Tabela 3

Skorygowane wariantowe koszty materiałów bezpośrednich

<b><i>Id elementu projektowanego</i></b>	<b><i>x_brut</i></b>	<b><i>z_brut</i></b>	<b><i>g_two</i></b>	<b><i>nr_pol</i></b>	<b><i>dpol</i></b>	<b><i>ro_two</i></b>	<b><i>MN</i></b>	<b><i>cena</i></b>	<b><i>Kmb</i></b>	<b><i>KMAG</i></b>
4AR8J2	179,36	50,8	18HGT	H-93200	180	7,85	10,2555	4,2	43,0734	16,7212

Źródło: Opracowanie własne.

- koszty działań procesu zaopatrzenia wynikające ze zmiany pozycji magazynowej ( $id\_mag$ ),
- koszty robocizny bezpośredniej, powstałe z powodu różnej wielkości normy zużycia czasu, wynikającej ze zmiany parametrów skrawalnościowych pomiędzy tworzywem elementów wariantowego i projektowanego, na który wpływ mają zmiana czasu jednostkowego ( $tj\_op_n$ ), przygotowawczo-zakończeniowego ( $tpz\_op_n$ ), zmiana grupy zaszeregowania pracownika ( $gr\_prac_n$ ) oraz zmiana wielkości serii produkcyjnej ( $n\_ser$ ),
- koszty działań procesu przetwarzania, na które wpływ ma zmiana normy zużycia czasu ( $tj\_op_n$ ,  $tpz\_op_n$ ) i serii produkcyjnej ( $n\_ser$ ).



#### 4. Określanie generacyjnego zbioru czynników kosztotwórczych

Koszt generacyjny wyznaczany jest na podstawie wartości czynników kosztotwórczych (tab. 4) wyłącznie związanych z wartościami parametrów cech opisujących projektowany element. W związku z tym wymagane jest, aby wszystkie cechy opisujące element były jednoznacznie określone. Generowanie czynników kosztotwórczych podzielono na kilka poziomów, zgodnych z poziomami agregacji kosztów:

- na czynniki poziomu cech opisujących element, w celu uzyskania wartości parametrów konstrukcyjnych zgodnie z założeniami konstruktora oraz ustalonego wariantu procesu wytwarzania. Czynniki te dotyczą zbioru wymaganych zabiegów technologicznych ( $tg\_zab_m$ ,  $tp\_zab_m$ ) związanych z kosztami robocizny bezpośredniej oraz subdziałaniami procesu przetwarzania. Podstawowym narzędziem na tym poziomie jest przyjęty dedykowany system ekspertowy, w którym wyodrębniono bazę wiedzy technologicznej. Wiedza ta dotyczy informacji o zbiorach zabiegów technologicznych dla danej cechy, osiągnięcia założonych wartości parametrów w przyjętym wariantcie procesu wytwarzania, informacji o stanowisku produkcyjnym ( $id\_stan_m$ ) oraz grupy zaszeregowania pracowników ( $gr\_prac_m$ ) dla zadanego zabiegu technologicznego;
- na czynniki dotyczące wielkości gabarytowych ( $x\_pol$ ,  $y\_pol$ ,  $z\_pol$ ), cech tworzywowych ( $g\_two$ ,  $ro\_two$ ), doboru półfabrykatu ( $nr\_pol$ ,  $dpol$ ) elementu projektowanego, które pozwalają na określenie bezpośrednich kosztów materiałowych,

Tabela 4

Zbiór czynników kosztotwórczych dla generacyjnego modelu rachunku kosztów

Nazwa	Symbol
wymiar gabarytowy materiału wyjściowego -x	x_pol
wymiar gabarytowy materiału wyjściowego -y	y_pol
wymiar gabarytowy materiału wyjściowego -z	z_pol
gatunek tworzywa	g_two
wymiar główny materiału wyjściowego	dpol
gęstość tworzywa	ro_two
czas główny związany z zabiegiem	tg_zab <sub>m</sub>
czas pomocniczy związany z zabiegiem	tp_zab <sub>m</sub>
grupa zaszeregowania pracy związana z zabiegiem	gr_prac <sub>m</sub>
stanowisko produkcyjne związane z zabiegiem	id_stan <sub>m</sub>
<b>+ wariantowy zbiór czynników kosztotwórczych</b>	...

Źródło: Opracowanie własne.

- na czynniki określające wykonanie operacji technologicznych na poziomie agregacji kosztów dotyczącym elementów wpływających na koszty robocizny bezpośredniej i działań procesu przetwarzania. Przyjęcie ramowego procesu technologicznego odbywa się przy wykorzystaniu systemu doradczego, który na podstawie określonych cech projektowanego elementu proponuje dany wariant procesu technologicznego z normatywami czasu pracy dla danej operacji ( $tj\_op_n$ ,  $tpz\_op_n$ ,  $n\_ser$ ,  $gr\_prac_o$ ,  $id\_sta_o$ ),

- na czynniki określające koszty działań procesów zaopatrzenia, które uzależnione są od typu półfabrykatu (nr\_pol, MN), koszty działań planowania od wielkości serii produkcyjnej (n\_ser) i innych kosztów na podstawie rodzaju projektowanej dokumentacji (t\_dok), informacji, czy element będzie podlegał odsprzedaży czy będzie elementem składowym wyrobu (t\_prod) itp.

Mając ustalone wartości dla wymaganego zbioru czynników kosztotwórczych oraz aktualne stawki kosztów subdziałań i działań za pomocą odpowiednich algorytmów można ustalić koszty generacyjne projektowanego elementu.

## 5. Określanie hybrydowego zbioru czynników kosztotwórczych

Podejście hybrydowe ma zastosowanie w sytuacji, kiedy zbiór cech opisujących projektowany element nie został w pełni ustalony. W tym przypadku niemożliwe jest zastosowanie wyłącznie generacyjnego podejścia do tworzenia czynników kosztotwórczych, ponieważ ustalone szacunkowe koszty na niepełnym zbiorze znacznie odbiegałyby od kosztów rzeczywistych. W podejściu hybrydowym wykorzystuje się zasady wyboru wariantowego zbioru czynników kosztotwórczych i tworzenia generacyjnego zbioru wartości czynników kosztotwórczych (tab. 5).

Tabela 5

Przykładowy koszt hybrydowy projektowanego elementu

Koszty	Skorygowany koszt wariantowy (PLN)	Koszt generacyjny elementu wzorcowego – dla jednoznacznie opisanych cech (PLN)	Koszt generacyjny projektowanego elementu – dla cech jednoznacznie opisanych (PLN)	Koszt hybrydowy projektowanego elementu (PLN)
Krb	83,20	72,98	69,34	79,56 (83,20-72,98+69,34)
Kdzp	125,67	110,96	104,27	118,98 (125,67-110,96+104,27)
Kmb	43,07			43,07
Kzam	11,12			11,12
Kmag	16,72			16,72
Kpl	0,69			0,69
Kdok	17,16			17,16
<b>Łącznie</b>	<b>297,63</b>	<b>zmniejszenie o 183,94</b>	<b>zwiększenie o 173,61</b>	<b>287,30</b>

Źródło: Opracowanie własne.

Koszt hybrydowy jest szacunkowym kosztem, dla którego istotnymi składnikami są generacyjne zbiory wartości czynników kosztotwórczych, zbudowane na podstawie wartości parametrów jednoznacznie określonych dla cech opisujących projektowany element, i generacyjne wartości parametrów dla analogicznych cech, które opisują element wariantowy. Zatem wartość kosztu hybrydowego jest wartością skorygowanego kosztu wariantowego

pomniejszonego o wartość kosztów generacyjnych ustalonych dla elementu wariantowego, a powiększona o wartość kosztów generacyjnych, określonych dla elementu projektowanego. Pomniejszenie i powiększenie kosztu dotyczy tylko zabiegów dla jednoznacznie określonych cech, czyli kosztów robocizny bezpośredniej (Krb) i kosztów działań przetwarzania (Kdzp). Pozostałe koszty, tj. koszty materiałów bezpośrednich (Kmb), koszty przyjęcia zamówienia (Kzam), koszty magazynowania materiałów (Kmag), koszty planowania (Kpl), opracowania dokumentacji (Kdok), ustalone są wg skorygowanego kosztu wariantowego. Połączenie tych dwóch metod pozwala uniknąć niedoboru informacji w przypadku metody generacyjnej oraz uzależnia dokładność szacowania kosztów od podobieństwa z najbliższym elementem w przypadku metody wariantowej.

## 6. Podsumowanie

Poszczególne składniki kosztów uzależnione są od zmiennych, które określa się jako czynniki kosztotwórcze, zatem można powiedzieć, że wartość danego składnika kosztu jest funkcją określonego zbioru czynników kosztotwórczych, związanego z określonym składnikiem kosztu. Ustalone na podstawie wariantowego, generacyjnego i hybrydowego podejścia zbiory czynników kosztotwórczych pozwalają na określenie różnych kosztów szacunkowych dla projektowanego elementu. Koszty te, w zależności od fazy tworzenia dokumentacji produkcyjnego dla danego elementu, czyli ilości informacji o cechach projektowanego elementu, charakteryzują się większą lub mniejszą dokładnością szacowania kosztów. Bazowanie w zaproponowanej metodzie na wymaganych zbiorach czynników kosztotwórczych oraz na odpowiednim określaniu wartości tych czynników pozwala (w sposób adekwatny do danego okresu, na podstawie odpowiednich algorytmów) oszacować koszty jak najbardziej zbliżone do rzeczywistych przez zastosowanie bieżących stawek obowiązujących w danym okresie (nie bierze się pod uwagę kosztów działań minionych okresów).

Czynniki kosztotwórcze pozwalają zrozumieć, co ma wpływ na koszt konkretnego działania lub bezpośredniego i w jaki sposób można zminimalizować zasoby zużyte do wykonania tego działania lub do wytworzenia danego elementu. Znajomość tych czynników pozwala uzyskiwać lepsze rezultaty w zakresie redukcji kosztów oraz dostarcza projektantom wartościowych informacji o kosztach (bezpośrednich i pośrednich) w momencie, gdy mają oni największą możliwość wpływu na nie.

Zaproponowane metody wymagają pełnego wdrożenia rachunku kosztów działań, funkcjonowania systemu CAPP z aktualną bazą możliwości technologicznych systemu produkcyjnego oraz bazą przyjętych cech opisujących projektowane elementy na podstawie dokumentacji konstrukcyjnej.

## Bibliografia

1. Dohn K., Gumiński A., Zoleński W.: Assumptions for the creation of a system for supporting knowledge management in an enterprise of mechanical engineering industry, [in:] Management information systems in XIII. Business intelligence and knowledge. Wuls Press, Warsaw 2011.
2. Kaplan R., Cooper R.: Zarządzanie kosztami i efektywnością. Oficyna Ekonomiczna, Kraków 2000.
3. Kramarz M.: The nature and types of Network relations In distribution of metallurgical products. LOGFORUM, 2010.
4. Kuric I., Grozav S. (eds.): Mechanization and Automation Equipment for Processing. Publish House Alma Mater, ClujNapoca 2015.
5. Mičieta B., Wieczorek T., Matuszek J.: New aspects of manufacturing organizations' development. University of Žilina, 2011.
6. Więcek Dariusz: Implementation of artificial intelligence in estimating prime costs of producing machine elements. "Advances in Manufacturing Science and Technology", Vol. 37, No. 1, 2013.
7. Więcek Dariusz: Sformalizowany opis elementów maszyn, [w:] Matuszek J. (red.): Metody i techniki zarządzania w inżynierii produkcji. ATH, Bielsko-Biała 2009.