

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

WPLYW PROCESU ZAOPATRZENIA NA SZACOWANIE KOSZTÓW PRODUKCJI ELEMENTÓW MASZYN

Streszczenie. W niniejszym artykule przedstawiono metodę umożliwiającą dalszą optymalizację konstrukcji i przebiegu procesu produkcyjnego projektowanych elementów maszyn, według kryterium kosztowego uwzględniającego przyjęty plan potrzeb materiałowych i kosztów procesu zaopatrzenia. W metodzie tej analizuje się m.in. wpływ zmiany materiału na koszty, czas i strukturę procesów wytwarzania oraz na łączny czas realizacji zleceń produkcyjnych, z uwzględnieniem alternatywnych materiałów. Zaproponowane rozwiązania dostosowano do systemów produkcyjnych funkcjonujących w warunkach produkcji jednostkowej i małoseryjnej.

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

THE INFLUENCE OF THE SUPPLY PROCESS ON ESTIMATING PRODUCTION COSTS OF MACHINE ELEMENTS

Abstract. The article presents a method which allows for further optimization of construction and the course of the production process of designer machine elements according to the cost criterion, taking into consideration the assumed materials demand plan and costs of the supply process. The presented method analyses, among others, the influence of the change on costs, time and structure of manufacturing processes and on the total time of production orders realization, taking into account alternative materials. The proposed solutions were adapted to production systems operating in conditions of unit and small series production.

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

1. Wprowadzenie

Przedsiębiorstwa, chcąc zdobyć dominującą rolę na rynku czy też utrzymać swoją pozycję, zmuszone są do szybszego, tańszego i doskonalszego utożsamiania się z oczekiwaniami klientów oraz do dopasowania się do ich potrzeb¹. Potrzeba przyspieszenia wejścia na rynek nowego produktu, jak też poszukiwanie metod działania zmniejszających całkowite koszty produkcji, zmuszają przedsiębiorstwa o produkcji jednostkowej i małoseryjnej do zintegrowanego, równoczesnego procesu projektowania wyrobów i procesów niezbędnych do ich wytwarzania, który obejmie aktualne procesy produkcyjne, zaopatrzenia i organizacji produkcji, z uwzględnieniem wymagań klienta oraz jakości^{2,3}.

Na etapie projektowania występuje problem dotyczący szacowania kosztów w momencie, kiedy elementy nie są ostatecznie zaprojektowane. W takiej sytuacji konieczne jest zastosowanie szybkich, mniej lub bardziej precyzyjnych metod szacowania kosztów, co jest uzależnione od ilości dostępnych informacji, które pozwolą projektantowi na wybór jednego rozwiązania spośród wielu, na podstawie kryteriów ekonomicznych⁴. Poznanie wartości kosztów działań umożliwi obniżenie kosztów produkcji poprzez decyzje dotyczące zastosowania mniejszej ilości materiałów, wyeliminowania bądź skrócenia czasu trwania oraz zmniejszenia zużycia zasobów działań, które nie przynoszą wartości użytkowej produktom. Konieczne jest zwrócenie uwagi i wybór mniej kosztownych działań, a w szczególności wybór tańszych „składników konstrukcji” w fazie projektowania produktów⁵.

Obecnie, dobierając półfabrykat, projektanci (konstruktorzy i technolodzy) starają się, aby miał on kształt jak najbardziej zbliżony do gotowej części, a nawet z niektórymi powierzchniami wykonanymi na gotowo. W tej sytuacji bardzo często muszą dokonywać wyborów i kompromisów dotyczących projektowanych produktów, które prowadzą do wysokich kosztów wynikających z tworzenia różnorodności i dużej złożoności wyrobów, a późniejsza ich zmiana w fazie produkcji jest trudna i wymaga wyższych nakładów. Przy takim doborze półfabrykatu zmniejszają się koszty obróbki, ale równocześnie zwiększają się koszty pozyskania tego materiału. W tej sytuacji w analizie powinno się brać pod uwagę całkowite koszty produkcji. Przyczyną powyższego jest m.in. brak znajomości narzędzi do pomiaru

¹ Kramarz M.: Strategie adaptacyjne przedsiębiorstw flagowych sieci dystrybucji odroczonej produkcji. Dystrybucja wyrobów hutniczych. Politechnika Śląska, Gliwice 2012.

² Bendkowski J., Radziejowska G.: Logistyka zaopatrzenia w przedsiębiorstwie. Politechnika Śląska, Gliwice 2011.

³ Kuric I., Grozav S. (eds.): Mechanization and Automation Equipment for Processing. Publish House Alma Mater, Cluj Napoca 2015.

⁴ Plinta D., Więcek Dariusz: Szacowanie kosztów wytwarzania elementów maszyn z wykorzystaniem narzędzi wspomagających projektowanie procesów produkcyjnych. „Pomiary, Automatyka, Robotyka”, nr 2, 2011, s. 156-165.

⁵ Mičieta B., Wieczorek T., Matuszek J.: New aspects of manufacturing organizations' development. University of Žilina, 2011.

i właściwego rozliczania kosztów nowo projektowanych wyrobów. Do planowania potrzeb materiałowych wykorzystywane są tylko plany produkcji, sprzedaży wyrobów gotowych i źródła zakupu materiałów, bez obliczeń optymalizacyjnych⁶. Zastosowanie rachunku kosztów działań, a w jego ramach czynników kosztotwórczych, umożliwia znaczną redukcję kosztów na etapie projektowania procesów produkcyjnych⁷. Przeprowadzając symulację wpływu alternatywnych decyzji na etapie projektowania procesów produkcyjnych, można oszacować poziom kosztów własnych, zanim decyzje te zostaną podjęte, a zasoby potrzebne do ich realizacji nabyte⁸.

Celem niniejszych badań jest opracowanie metody, która po wstępnym oszacowaniu kosztów projektowanego wyrobu i przyjęciu jego zamówienia, pozwoli na dalszą optymalizację konstrukcji i przebiegu procesu produkcyjnego tego wyrobu, według kryterium kosztowego, z uwzględnieniem przyjętego planu potrzeb materiałowych. Rozwiązanie tego problemu wymaga:

- określenia kosztów działań dla przykładowego systemu produkcyjnego;
- wstępnego oszacowania kosztów projektowanego elementu, z uwzględnieniem w analizie kilku elementów wzorcowych, jak najbliższych względem elementu projektowanego;
- skorzystania ze wstępnego planu potrzeb materiałowych, wynikającego z przyjętych zleceń wytwarzania na dany okres, z uwzględnieniem stanów magazynowych;
- skorzystania z baz danych określających możliwość zastąpienia przyjętego półfabrykatu półfabrykatami alternatywnymi;
- analizy wpływu zmiany materiału na koszty wytwarzania, czas wytwarzania i struktury procesów wytwarzania;
- określania łącznego czasu realizacji zleceń produkcyjnych, z uwzględnieniem alternatywnych materiałów.

Po wstępnym zaprojektowaniu wyrobu oszacowania oszczędności kosztowych można doszukać się w znacznym zmniejszeniu asortymentu zamawianych materiałów, uwzględniając gatunek, postać, stan i wielkość materiału, wykorzystując materiały alternatywne. W przypadku produkcji jednostkowej i małoseryjnej nadmierna różnorodność i rozrost asortymentów materiału⁹ zwiększają koszty związane z zamawianiem, transportem, przyjęciem dostawy,

⁶ 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, p. 19-27.

⁷ Kaplan R., Cooper R.: Zarządzanie kosztami i efektywnością. Oficyna Ekonomiczna, Kraków 2000.

⁸ Haluška M., Gregor M., Więcek D.: Cycle times evaluation of generated manufacturing configurations. TRANSCOM Proceedings 2015: 11th European Conference of Young Researchers and Scientists. University of Žilina, 2015, p. 107-112.

⁹ Murphy P.R. Jr., Wood D.F.: Nowoczesna logistyka. Onepress, 2011.

zamrożeniem środków pieniężnych i utrzymywaniem nadmiernej ilości różnych materiałów, m.in. z powodu sprzedaży materiałów w typowych wymiarach¹⁰.

Z drugiej strony stosowanie materiałów alternatywnych należy poprzedzić analizą wpływu takiej zmiany na koszty i czas wytwarzania oraz strukturę procesów wytwarzania. W tej sytuacji należy optymalnie zredukować asortyment zamawianych materiałów w danym okresie, co pomoże maksymalnie obniżyć koszty.

Stosowanie materiałów alternatywnych nie narusza własności użytkowych produktu. Dobry materiał związany jest z odpowiednim procesem technologicznym, nadającym wymagany kształt i inne cechy geometryczne, w tym tolerancje wymiarowe poszczególnych elementów i wymaganą strukturę materiału, zapewniającą oczekiwane własności mechaniczne, fizyczne i chemiczne produktów¹¹.

2. Proponowana metoda redukcji kosztów na etapie projektowania procesów produkcyjnych, z uwzględnieniem procesu zaopatrzenia materiałowego

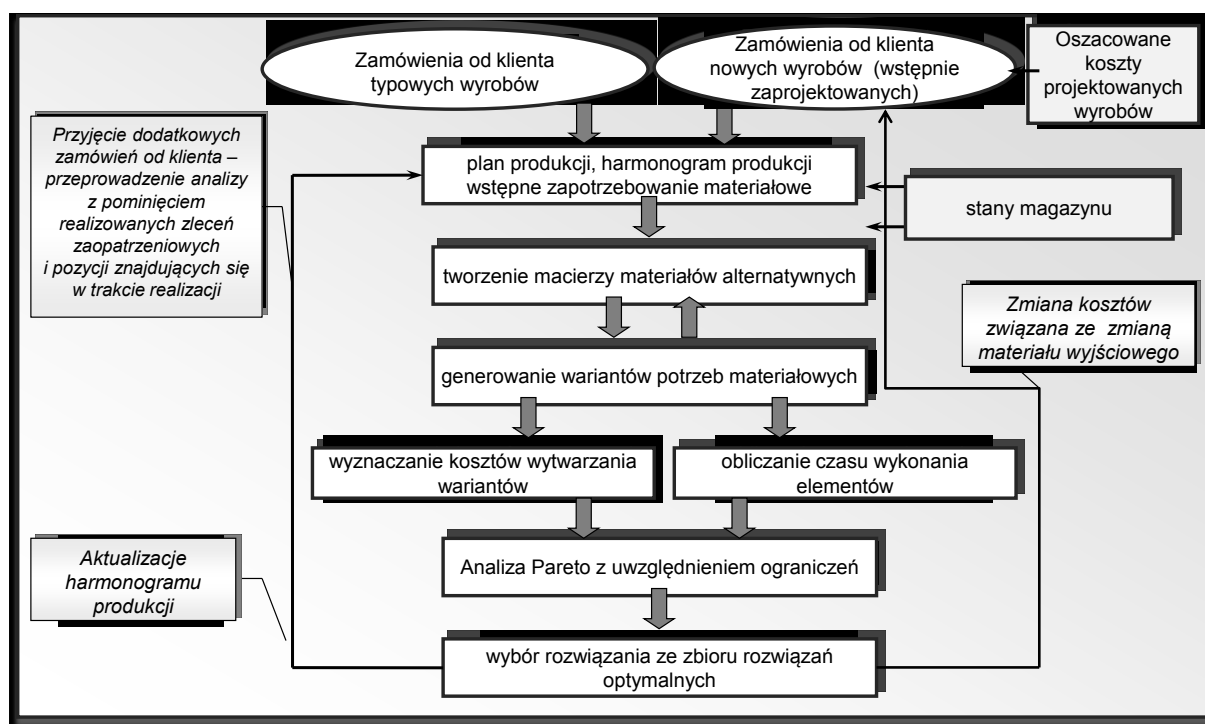
W przypadku produkcji jednostkowej i małoseryjnej planowanie zakupów surowców i materiałów powinno dotyczyć przyjętych zamówień od klienta, obejmujących m.in. zaprojektowane wyroby, wstępnie oszacowane w odpowiedzi na zapytanie ofertowe, czyli według znanego planu produkcji, który tworzony jest na bieżąco, w zależności od napływających zamówień.

Na podstawie rachunku kosztów można określić koszty działań związanych z procesem zaopatrzenia materiałowego i na ich podstawie podejmować właściwe decyzje dotyczące planowania potrzeb materiałowych i sterowania zapasami pod kątem ponoszenia jak najmniejszych kosztów.

Korzystając z informacji dotyczących zleceń wytwarzania na dany okres, a w szczególności z zapotrzebowania materiałowego dla wytwarzanych elementów, możliwych zamienników materiałowych oraz stanów magazynowych i danych z systemu rachunku kosztów działań dotyczących kosztów zastosowania materiałów alternatywnych, można wygenerować wszystkie warianty potrzeb materiałowych z uwzględnieniem materiałów alternatywnych, co pokazuje rysunek 1.

¹⁰ Bendkowski J.: Logistyka Produkcji procesowo zorientowanych heterogenicznych systemów produkcyjnych. W kierunku nowego paradygmatu. Zeszyty Naukowe, s. Organizacja i Zarządzanie, z. 70. Politechnika Śląska, Gliwice 2014.

¹¹ Dobrzański L.A.: Znaczenie materiałów we współczesnym projektowaniu inżynierskim maszyn i ich elementów, [w:] Jędrzejewski J. (red.): Maszyny XXI wieku i środowisko ich wytwarzania. Agenda Wydawnicza Wrocławskiej Rady FSNT NOT, Wrocław 2001.



Rys. 1. Model określania potrzeb materiałowych
Źródło: Opracowanie własne.

W pierwszej kolejności należy uporządkować zbiór potrzeb materiałowych od największego wymiaru do najmniejszego. W przypadku powtórzenia tego samego wymiaru dla różnych gatunków i postaci należy przyjąć taki materiał, którego zapotrzebowanie ilościowe jest większe, a w przypadku zbliżonej ilości taki, który ma większe możliwości zastąpienia innych materiałów. Po uporządkowaniu poszczególnych materiałów można przystąpić do generacji wariantów potrzeb materiałowych, która przebiega stopniowo, począwszy od największego wymiaru.

Przykładem niech będzie dana macierz kwadratowa, binarna B , określająca możliwość zastąpienia półfabrykatu h_y półfabrykatami alternatywnymi ze zbioru $H = \{h_y\}_{y=1,\dots,Y}$, będącego zbiorem półfabrykatów jednego typu, różniących się gatunkami, postaciami i wymiarami, ustalonym na podstawie zapotrzebowania na te półfabrykaty, wynikającego z zamówień od klientów.

Każdy rodzaj półfabrykatu określony jest na podstawie następujących cech:

$$h_y = [g_y, o_y, q_y]_{y=1,\dots,Y}$$

gdzie:

g_y – gatunek tworzywa,

o_y – postać półfabrykatu,

q_y – wymiar główny półfabrykatu (np. w przypadku prętów okrągłych jest to średnica).

$$B = |b_{wy}|_{w,y=1,\dots,Y}$$

gdzie:

$$b_{wy} = \begin{cases} 1, \text{ if } q_y \leq q_w \wedge [Gm_y \neq Gm_w \Rightarrow \forall e_l^{h_y} \exists h_w (f^{h_w} \in F_{e_l}^{h_y})] \\ \quad \wedge [o_y \neq o_w \Rightarrow \forall e_l^{h_y} \exists h_w (f^{h_w} \in F_{e_l}^{h_y})] \\ \quad \wedge [\tau_y \neq \tau_w \Rightarrow \forall e_l^{h_y} \exists h_w (f^{h_w} \in F_{e_l}^{h_y})] \\ 0, \text{ w przeciwnym wypadku} \end{cases}$$

oraz

Gm – grupa materiałowa,

f^{h_w} – proces technologiczny wynikający z materiału alternatywnego h_w ,

$F_{e_l}^{h_y}$ – zbiór alternatywnych procesów technologicznych dla $e_l^{h_y}$ elementów wytwarzanych z materiału h_y ,

τ – typ półfabrykatu, np. odkuwka, odlew.

Przez h_y oznaczono półfabrykat występujący we wstępnym planie zapotrzebowania, przez h_w półfabrykat alternatywny również występujący w planie, gdzie $y, w = 1, \dots, Y$. Generowanie przypadków i ich analizę przeprowadza się stopniowo, według kolejności od materiału o największym wymiarze h_1 do najmniejszego wymiaru h_Y (ostatniego półfabrykatu). Do każdego półfabrykatu, dobierając następnik występujący w macierzy, tworzone są dwa rozwiązania. Pierwsze rozwiązanie daje możliwość zastąpienia następnika h_{y+1} poprzednikiem h_y , dzięki czemu nastąpi zredukowanie zapotrzebowania o półfabrykat h_{y+1} . Zamiast tego półfabrykatu zwiększy się zapotrzebowanie na półfabrykat poprzedni h_y . Natomiast w drugim rozwiązaniu zapotrzebowanie na półfabrykat h_y i h_{y+1} pozostanie bez zmian. Czynność ta zostanie powtórzona przy każdym następniku, aż do przeanalizowania wszystkich półfabrykatów. W ten sposób wygenerowane będą wszystkie warianty związane z zastępowaniem półfabrykatów na różnych stopniach tworzenia rozwiązań, gdzie:

$[x_{iy}]$ – jest to macierz opisująca wygenerowane warianty dla $i = 1, 2$ i $y = 1, \dots, Y$,

wiersz $i = 1$ – określa półfabrykaty wynikające ze wstępnego zapotrzebowania,

wiersz $i = 2$ – określa nowe potrzeby półfabrykatów dla danego wariantu, z uwzględnieniem materiałów alternatywnych.

W dalszej kolejności, po wygenerowaniu wszystkich wariantów dla danego zapotrzebowania materiałowego, należy każdy wariant porównać z macierzą binarną B . Pozwala to uwzględnić możliwość zastosowania materiałów alternatywnych, która do tej pory nie była brana pod uwagę.

Następnie, po wygenerowaniu wszystkich możliwych wariantów, należy obliczyć łączne koszty dotyczące poszczególnych rozwiązań, składające się z kosztów: materiałów bezpo-

średnich, robocizny bezpośredniej, działań wytwarzania oraz działań procesu zaopatrzenia materiałowego.

W doborze pozycji materiałowych kryteriami optymalizacji w zapotrzebowaniu materiałowym są:

- koszty wytworzenia zleceń produkcyjnych, czyli łączny koszt dotyczący wszystkich analizowanych zleceń, na podstawie których opracowano plan potrzeb materiałowych,
- łączny czas realizacji zleceń produkcyjnych.

Celem optymalizacji jest uzyskanie minimalnego łącznego kosztu wytworzenia elementów, dotyczącego poszczególnych pozycji materiałowych, ujętych w danym wariantcie potrzeb materiałowych. Ograniczeniami w optymalizacji są:

- czas realizacji wykonania elementów $T_w \leq T_{gr}$, gdzie T_w to całkowity czas wykonania poszczególnych elementów, a T_{gr} to termin wykonania zleceń,
- łączny koszt wykonania zleceń o wartości nie większej od łącznego kosztu wstępnego zapotrzebowania materiałowego,
- dostępność materiałów oraz parametry jakościowe.

3. Przykład redukcji kosztów na etapie projektowania procesów produkcyjnych

Dla przykładowego przedsiębiorstwa o jednostkowej i małoseryjnej produkcji opracowano analizę zapotrzebowania na pręty stalowe, które są jednym z podstawowych rodzajów półfabrykatów, wchodzących w skład produkowanych wyrobów. W tabeli 1, na podstawie harmonogramu produkcji, zestawiono wstępne zapotrzebowanie, składające się z sześciu prętów stalowych. W tabeli 2 pokazano utworzoną macierz binarną dla danego zapotrzebowania.

Tabela 1

Wstępne zapotrzebowanie

ANALIZA WSTĘP ZAPOTRZ : Kwerenda wybierająca				
	Data zapotrz	Indeks	Nazwa	Waga brutto
▶	26 marca 2016	0455001130000018	Pręt okrągły 1H18N9T D=140mm walcowany	14,52 kg
	27 marca 2016	0455001200000005	Pręt okrągły 3H13 D=110mm walcowany	4,48 kg
	27 marca 2016	0455001270000012	Pręt okrągły 55 D=55mm walcowany	0,56 kg
	25 marca 2016	0455001270000004	Pręt okrągły 55 D=50mm walcowany	0,31 kg
	27 marca 2016	0455001270000010	Pręt okrągły 55 D=35mm walcowany	0,17 kg
	25 marca 2016	0455001000000009	Pręt okrągły 18HGT D=30mm walcowany	0,88 kg

Rekord: 1 z 6

Tabela 2

Macierz binarna określająca możliwość zastąpienia półfabrykatu półfabrykatami alternatywnymi

Zamienniki \ Półfabrykaty	Pręt okrągły 18HGT D=30mm walcowany	Pręt okrągły 1H18N9T D=140mm walcowany	Pręt okrągły 3H13 D=110mm walcowany	Pręt okrągły 55 D=35mm walcowany	Pręt okrągły 55 D=50mm walcowany	Pręt okrągły 55 D=55mm walcowany
Pręt okrągły 18HGT D=30mm walcowany	1	0	0	0	0	0
Pręt okrągły 1H18N9T D=140mm walcowany	0	1	1	0	0	0
Pręt okrągły 3H13 D=110mm walcowany	0	0	1	0	0	0
Pręt okrągły 55 D=35mm walcowany	0	0	0	1	0	0
Pręt okrągły 55 D=50mm walcowany	0	0	0	1	1	0
Pręt okrągły 55 D=55mm walcowany	0	0	0	1	1	1

Ze względu na dużą liczbę wygenerowanych wariantów (32 warianty) w podanym przykładzie ograniczono się tylko do zestawienia skorygowanych wariantów o powyższą macierz binarną, co widać w tabeli 3. Pozostałe warianty zostały odrzucone ze względu na ich powtarzalność. W pierwszej kolumnie tabeli 3 podano numer wariantu, w drugiej kolumnie półfabrykaty występujące we wstępnym zapotrzebowaniu, a w ostatniej – półfabrykaty alternatywne występujące w podanym zapotrzebowaniu.

Stosując materiał alternatywny, należy się zastanowić, w jakim stopniu przeprowadzona zamiana wpłynie na całkowite koszty wytwarzania.

Tabela 3

Skorygowane warianty zastosowania materiałów alternatywnych – fragment

Wariant	Półfabrykat	Półfabrykat alter	Wariant	Półfabrykat	Półfabrykat alter
0	0455001130000018	0455001130000018	11	0455001130000018	0455001130000018
	0455001200000005	0455001200000005		0455001200000005	0455001130000018
	0455001270000012	0455001270000012		0455001270000012	0455001270000012
	0455001270000004	0455001270000004		0455001270000004	0455001270000004
	0455001270000010	0455001270000010		0455001270000010	0455001270000010
	0455001000000009	0455001000000009		0455001000000009	0455001000000009
1	0455001130000018	0455001130000018	13	0455001130000018	0455001130000018
	0455001200000005	0455001130000018		0455001200000005	0455001130000018
	0455001270000012	0455001270000012		0455001270000012	0455001270000012
	0455001270000004	0455001270000012		0455001270000004	0455001270000012
	0455001270000010	0455001270000012		0455001270000010	0455001270000012
	0455001000000009	0455001000000009		0455001000000009	0455001000000009
5	24

Zastosowanie materiałów alternatywnych spowoduje:

- Zwiększenie kosztu materiału bezpośredniego, na który wpływ ma większa norma materiałowa i który równocześnie może być pomniejszony w związku z uzyskaniem niższej ceny jednostkowej materiału, wynikającej np. z uzyskania rabatów ilościowych, z braku dodatkowych kosztów atestów i kosztów cięcia czy z zakupu standardowego materiału, a nie specjalnego, sporadycznie zamawianego przez odbiorców, co widać w tabeli 4. Dla wybranego wariantu zastosowania materiałów alternatywnych zestawiono pozycje: normy materiałowe półfabrykatu przed zamianą (*NMy*) i po

zamianie (NMw); ceny półfabrykatów c_y i c_w ; wyliczone koszty materiałów bezpośrednich $KMBy$ i $KMBw$; różnice w kosztach materiałów bezpośrednich oznaczone $DeltaKMB$.

Tabela 4

Koszty materiałów bezpośrednich

KI	PÓLFABR_ZAPOT	PÓLFABR_ALTER	NMy [kg]	Cy [zł/kg]	KMBy	NMw [kg]	Cw [zł/kg]	KMBw	Delta KMB
▶	Pręt okrągły 1H18N9T D=140mm walcowany	Pręt okrągły 1H18N9T D=140mm walcowany	14,52 kg	9,90	143,75 zł	14,52	9,90	143,75 zł	0,00 zł
1	Pręt okrągły 3H13 D=110mm walcowany	Pręt okrągły 1H18N9T D=140mm walcowany	4,48 kg	7,80	34,91 zł	5,70	9,90	56,40 zł	21,48 zł
1	Pręt okrągły 55 D=55mm walcowany	Pręt okrągły 55 D=55mm walcowany	0,56 kg	0,51	0,28 zł	0,56	0,51	0,28 zł	0,00 zł
1	Pręt okrągły 55 D=50mm walcowany	Pręt okrągły 55 D=55mm walcowany	0,31 kg	0,55	0,17 zł	0,34	0,51	0,17 zł	0,00 zł
1	Pręt okrągły 55 D=35mm walcowany	Pręt okrągły 55 D=55mm walcowany	0,17 kg	1,21	0,20 zł	0,26	0,51	0,13 zł	-0,07 zł
1	Pręt okrągły 18HGT D=30mm walcowany	Pręt okrągły 18HGT D=30mm walcowany	0,88 kg	2,15	1,89 zł	0,88	2,15	1,89 zł	0,00 zł

Rekord: 1 z 6

- Zwiększenie kosztów robocizny bezpośredniej i kosztów działań związanych z obróbką pokazują tabele 5-7. W tabeli 5 dla jednego z analizowanych półfabrykatów, wchodzącego w skład elementu zestawionego w kolumnie $ID_ELEMENT$, podano: operacje technologiczne (cięcia $SCPOO$ i toczenia $STTWZ$); normy czasu maszynowego i normy czasu pracownika przed zamianą – $NTMy$ i $NTPy$; oraz po zamianie – $NTMw$ i $NTPw$; koszt maszynogodziny Kmh ; stawki płac Stp ; wyliczone koszty działań dla wyszczególnionych operacji $KACTy$, $KACTw$; koszty robocizny bezpośredniej $KRBy$, $KRBw$; różnicę wyżej wymienionych kosztów oznaczoną $Delta KP$. W kolejnej tabeli 6 zestawiono dodatkowe koszty toczenia wynikające z zamiany materiału na materiał o większej średnicy ($D KP = D KRB + D K Activ WYT$). W tabeli 7 zestawiono wyliczone różnice dotyczące kosztów robocizny bezpośredniej, kosztów działań związanych z operacjami (ozn. $Delta KP$ jako suma z $Delta KP$ z tab.5) oraz kosztów dodatkowych operacji, wynikających z zamiany poszczególnych materiałów (ozn. $D KP TOCZ$ z tabeli 6).

Tabela 5

Koszty robocizny bezpośredniej i koszty działań

ID_ELEMENT	KOD_OPER	LP	kv.	NTmy [h]	NTmw [h]	Kmh [zł/min]	KACTy	KACTw	NTpy	NTpw	Stp [zł/h]	KRBy	KRBw	Delta KP
▶ 0875110001800004	SCPO0	10	1,26	0,54	0,75	0,3863	12,52 zł	17,27 zł	0,42	0,55	9,00	3,79 zł	4,99 zł	5,96 zł
0875110001800004	STTW2	20	1,26	1,26	1,52	0,3643	27,54 zł	33,23 zł	0,91	1,08	9,00	8,19 zł	9,71 zł	7,20 zł

Rekord: 1 z 2

Tabela 6

Koszty dodatkowych operacji

ANALIZA K DOT TOCZ : Kwerenda wybierająca					
	PÓLFABRYK	PÓLFABRYK ALTER	D KRB	D KP	D K Activ WYT
	Pręt okrągły 1H18N9T D=140mm walcowany	Pręt okrągły 1H18N9T D=140mm walcowany	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł
▶	Pręt okrągły 3H13 D=110mm walcowany	Pręt okrągły 1H18N9T D=140mm walcowany	13,26 zł	58,71 zł	45,45 zł
	Pręt okrągły 55 D=55mm walcowany	Pręt okrągły 55 D=55mm walcowany	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł
	Pręt okrągły 55 D=50mm walcowany	Pręt okrągły 55 D=55mm walcowany	4,68 zł	19,11 zł	14,43 zł
	Pręt okrągły 55 D=35mm walcowany	Pręt okrągły 55 D=55mm walcowany	4,68 zł	19,11 zł	14,43 zł
	Pręt okrągły 18HGT D=30mm walcowany	Pręt okrągły 18HGT D=30mm walcowany	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł

Rekord: 2 z 6

Tabela 7

Różnice w kosztach dotyczące działań wytwarzania

ANALIZA KP : Kwerenda wybierająca				
	PÓLFABR_ZAPOT	PÓLFABR ALTER	Delta KP	D KP TOCZ
	Pręt okrągły 1H18N9T D=140mm walcowany	Pręt okrągły 1H18N9T D=140mm walcowany	0,00 zł	0,00 zł
▶	Pręt okrągły 3H13 D=110mm walcowany	Pręt okrągły 1H18N9T D=140mm walcowany	13,16 zł	58,71 zł
	Pręt okrągły 55 D=55mm walcowany	Pręt okrągły 55 D=55mm walcowany	0,00 zł	0,00 zł
	Pręt okrągły 55 D=50mm walcowany	Pręt okrągły 55 D=55mm walcowany	0,35 zł	19,11 zł
	Pręt okrągły 55 D=35mm walcowany	Pręt okrągły 55 D=55mm walcowany	1,49 zł	19,11 zł
	Pręt okrągły 18HGT D=30mm walcowany	Pręt okrągły 18HGT D=30mm walcowany	0,00 zł	0,00 zł

Rekord: 2 z 6

- Zmniejszenie ogólnych kosztów zamawiania, transportu i przyjęcia materiału, na które wpływ ma zmniejszenie asortymentu zamawianych materiałów, mniejsza liczba dostawców, komasacja potrzeb materiałowych. Zmniejszenie ogólnych kosztów magazynowania i kosztów zamrożenia środków pieniężnych wynikających z mniejszej liczby pozycji magazynowych i z utrzymywania mniejszego zapasu bezpieczeństwa, co pokazuje tabela 8, gdzie *KActivGM* to łączne koszty tych działań, a *Delta GM* to łączna różnica kosztów (różnica kosztów *GM* i sumy kosztów *KMB* i *KP*).

Tabela 8

Koszty działań gospodarki materiałowej oraz różnice w łącznych kosztach produkcji

ANALIZA KOSZT GM : Kwerenda wybierająca						
	PÓLFABRYK	PÓLFABR ALTER	Delta Kmb:	Delta KP	K GM	Delta GM
+	Pręt okrągły 1H18N9T D=140mm walcowany	Pręt okrągły 1H18N9T D=140mm walcowany	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł
▶	Pręt okrągły 3H13 D=110mm walcowany	Pręt okrągły 1H18N9T D=140mm walcowany	21,48 zł	71,87 zł	231,89 zł	-138,54 zł
	Działanie	K Activ GM TOTAL	Klucz	mianownik	WSP Activ	K Activ GM IN
▶	Magazynowanie stali	7 790,12 zł	Liczba pozycji mag ubiegły rok	218,00	218,0000	35,73 zł
	Przyjęcie stali	9 312,53 zł	Liczba pozycji na PZ (stale)	153,50	153,5000	60,67 zł
	Transport zewnętrzny stali	18 120,25 zł	Liczba pozycji na PZ (stale)	153,50	153,5000	118,05 zł
	Zamówienie stali	2 677,78 zł	Liczba pozycji na PZ (stale)	153,50	153,5000	17,44 zł
+	Pręt okrągły 55 D=55mm walcowany	Pręt okrągły 55 D=55mm walcowany	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł
▶	Pręt okrągły 55 D=50mm walcowany	Pręt okrągły 55 D=55mm walcowany	0,00 zł	19,46 zł	89,23 zł	-69,77 zł
	Działanie	K Activ GM TOTAL	Klucz	mianownik	WSP Activ	K Activ GM IN
	Magazynowanie stali	7 790,12 zł	Liczba pozycji mag ubiegły rok	218,00	218,0000	35,73 zł
	Przyjęcie stali	9 312,53 zł	Liczba pozycji na PZ (stale)	153,50	562,8333	16,55 zł
	Transport zewnętrzny stali	18 120,25 zł	Liczba pozycji na PZ (stale)	153,50	562,8333	32,19 zł
	Zamówienie stali	2 677,78 zł	Liczba pozycji na PZ (stale)	153,50	562,8333	4,76 zł
+	Pręt okrągły 55 D=35mm walcowany	Pręt okrągły 55 D=55mm walcowany	-0,07 zł	20,60 zł	203,87 zł	-183,34 zł
+	Pręt okrągły 18HGT D=30mm walcowany	Pręt okrągły 18HGT D=30mm walcowany	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł

Rekord: 1 z 4

Rysunek 2 jest podsumowaniem powyższych tabel.

Dialog wydruk

id: 1 opis:

Wprowadź datę początkową: marzec 2016

Pn	Wt	Śr	Cz	Pt	So	Ni
25	26	27	28	1	2	3
4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17
18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30	31
1	2	3	4	5	6	7

zapotrzebowanie wstępne

IND_SUR	NAZWA	WAGA BRUTTO:
045500110000002	Pręt okrągły 17HNM D=220mm kuty	251,81 kg
0455001010000014	Pręt okrągły 18H2N2 D=220mm kuty	19,97 kg
0455001220000010	Pręt okrągły 40HM D=150mm walcowany	75,06 kg
0455001000000021	Pręt okrągły 18HGT D=150mm walcowany	5,98 kg
0455001220000044	Pręt okrągły 40HM D=140mm walcowany	77,80 kg
0455001220000009	Pręt okrągły 40HM D=120mm walcowany	78,85 kg
0455001270000008	Pręt okrągły 55 D=90mm walcowany	6,49 kg

Rekord: 1 z 13

Wprowadź datę końcową: marzec 2016

Pn	Wt	Śr	Cz	Pt	So	Ni
25	26	27	28	1	2	3
4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17
18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30	31
1	2	3	4	5	6	7

zapotrzebowanie proponowane

WAR	IND_SUR	NAZWA	WAGA BRUTTO:
1	0455001100000002	Pręt okrągły 17HNM D=220mm kuty	271,78 kg
1	0455001220000010	Pręt okrągły 40HM D=150mm walcowany	75,06 kg
1	0455001000000021	Pręt okrągły 18HGT D=150mm walcowany	5,98 kg
1	0455001220000044	Pręt okrągły 40HM D=140mm walcowany	169,80 kg
1	0455001270000008	Pręt okrągły 55 D=90mm walcowany	6,49 kg
1	0455201130000002	Pręt okrągły 1H18N3T D=80mm walcowany ak	125,09 kg

Rekord: 1 z 9

Korzyść:

-2 203,89 zł

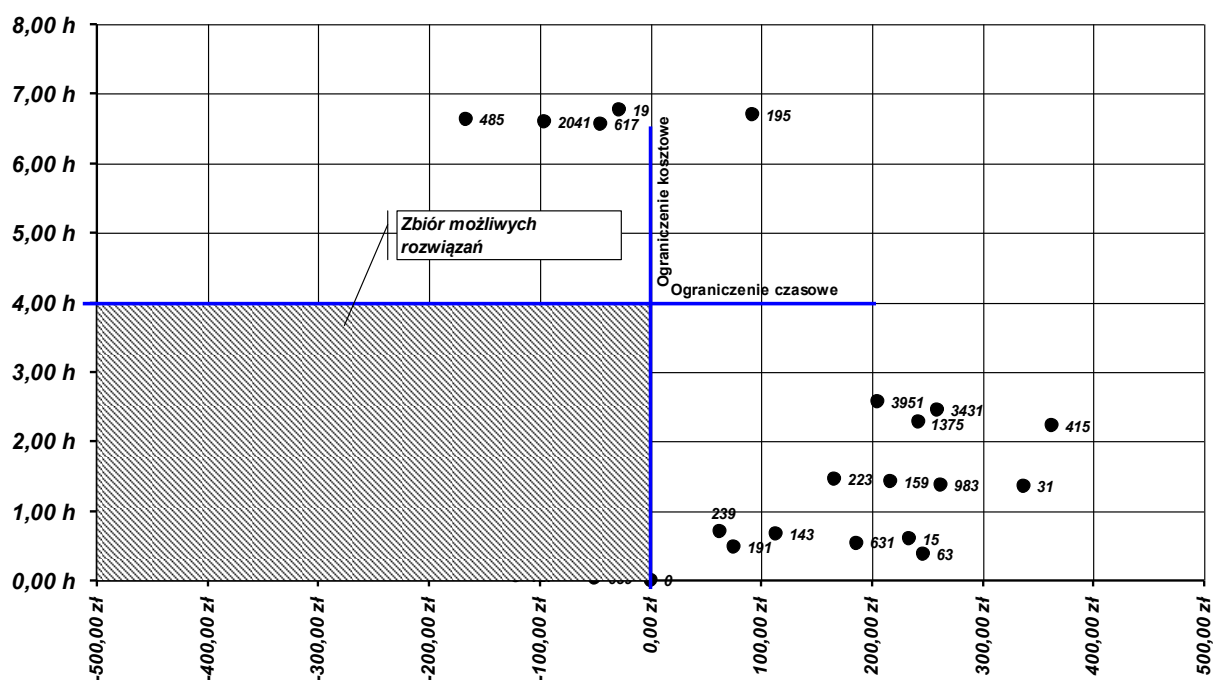
Oblicz **Pokaż rozwiązanie** **STOP**

Rekord: 1 z 3

Rys. 2. Wybrane rozwiązanie z wyliczoną różnicą w kosztach
Źródło: Opracowanie własne.

Opracowany algorytm, redukujący potrzeby materiałowe, zastosowano dla harmonogramu produkcji z dwóch tygodni. Na rysunku 2 przedstawiono wstępne zapotrzebowanie na pręty stalowe dla badanego okresu, wynikające z rozwinięć konstrukcyjnych oraz ostateczne zredukowane potrzeby materiałowe dotyczące tego okresu (asortyment zmniejszył się o 4 pozycje), wraz z obliczoną różnicą w łącznych kosztach wytwarzania, wynoszącą 2 203,89 zł.

W kolejnym kroku analizuje się wygenerowane warianty, w celu porównania ich ze sobą i wyboru spośród możliwych rozwiązań tego wariantu, dla którego łączny koszt i czas jest najmniejszy i który tworzy ostateczny plan potrzeb materiałowych, co pokazuje rysunek 3.



Rys. 3. Wybór rozwiązania wg przyjętych kryteriów
 Źródło: Opracowanie własne.

4. Podsumowanie

Rozwiązaniem powyższych problemów w tego typu przedsiębiorstwach jest wprowadzenie materiałów alternatywnych, występujących w zapotrzebowaniu w dużej ilości, w miejsce materiałów występujących rzadko i w niewielkiej ilości. Osoby odpowiedzialne za zapotrzebowanie materiałowe w przedsiębiorstwach zamawiających szeroki asortyment materiałów, czasami niewiele różniący się, w bardzo małych ilościach i w dość krótkich odstępach czasu, nie zastanawiają się nad możliwością zmniejszenia asortymentu zamawianych materiałów, kupując go w większych ilościach. Takie rozwiązanie pozwoliłoby na zakup materiałów, u mniejszej liczby dostawców, uzyskanie rabatów ilościowych w związku ze zwiększeniem zakupów u jednego dostawcy, zmniejszenie kosztów zakupu związanych z wydawaniem atestów, cięciem materiału czy kupowaniem w typowych wymiarach oraz umożliwiłoby obniżenie kosztów transportu (mniejsza liczba dostawców, komasacja potrzeb materiałowych) i przyjęcia dostaw. Z kolei minimalizacja liczby gatunków, postaci i wymiarów zamawianych materiałów przyczyniłaby się do obniżenia kosztów magazynowania dzięki redukcji powierzchni magazynu, na którą składa się powierzchnia składowania zajmowana przez magazynowany materiał oraz powierzchnia przeznaczona na cele komunikacyjne, z wewnętrznymi przejściami i przejazdami w magazynie.

Redukcja asortymentu zamawianych materiałów do produkcji według gatunków, typów i wymiarów we wczesnych fazach realizacji produkcji może prowadzić w trakcie realizacji procesu produkcyjnego do istotnych oszczędności, bez utraty walorów eksploatacyjnych produktów.

Dzięki zaproponowanym rozwiązaniom istnieje możliwość informowania projektantów o ponoszeniu wysokich kosztów materiałowych i wytwarzania (czyli kosztów zamawiania – duża liczba dostawców), utrzymywania nadmiernej ilości rozmaitych materiałów i kosztów związanych z różnorodnością procesów wytwarzania.

Bibliografia

1. Bendkowski J.: Logistyka Produkcji procesowo zorientowanych heterogenicznych systemów produkcyjnych. W kierunku nowego paradygmatu. Zeszyty Naukowe, s. Organizacja i Zarządzanie, z. 70. Politechnika Śląska, Gliwice 2014.
2. Bendkowski J., Radziejowska G.: Logistyka zaopatrzenia w przedsiębiorstwie. Politechnika Śląska, Gliwice 2011.
3. Dobrzański L.A.: Znaczenie materiałów we współczesnym projektowaniu inżynierskim maszyn i ich elementów, [w:] Jędrzejewski J. (red.): Maszyny XXI wieku i środowisko ich wytwarzania. Agenda Wydawnicza Wrocławskiej Rady FSNT NOT, Wrocław 2001.
4. 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.
5. Haluška M., Gregor M., Więcek D.: Cycle times evaluation of generated manufacturing configurations. TRANSCOM Proceedings 2015: 11th European Conference of Young Researchers and Scientists. University of Žilina, 2015.
6. Kaplan R., Cooper R.: Zarządzanie kosztami i efektywnością. Oficyna Ekonomiczna, Kraków 2000.
7. Kramarz M.: Strategie adaptacyjne przedsiębiorstw flagowych sieci dystrybucji odroczonej produkcją. Dystrybucja wyrobów hutniczych. Politechnika Śląska, Gliwice 2012.
8. Kuric I., Grozav S. (eds.): Mechanization and Automation Equipment for Processing. Publish House Alma Mater, Cluj Napoca 2015.
9. Mičieta B., Wieczorek T., Matuszek J.: New aspects of manufacturing organizations' development. University of Žilina, 2011.
10. Murphy P.R. Jr., Wood D.F.: Nowoczesna logistyka. Helion, Gliwice 2011.
11. Plinta D., Więcek Dariusz: Szacowanie kosztów wytwarzania elementów maszyn z wykorzystaniem narzędzi wspomagających projektowanie procesów produkcyjnych. „Pomiary, Automatyka, Robotyka”, nr 2, 2011.