

ASPEKT EKONOMICZNY PRAKTYCZNEGO WYBORU NARZĘDZI SKRAWAJĄCYCH

Andrzej KOZIARSKI¹, Andrzej STYCZYŃSKI²,

1. WPROWADZENIE

Publikacja jest kontynuacją autorskiego cyklu opracowań poświęconych racjonalnemu kształtowaniu *wyników ekonomicznych* wytwarzania przedmiotów metodami obróbki ubytkowej [1–4]. Intencją tej publikacji jest prezentacja postępowania zalecanego technologowi modernizującemu/układającemu wielozabiegowy proces technologiczny – znamienne dla wyrobów przemysłu maszynowego.

2. PREZENTACJA PROCEDURY POSTĘPOWANIA

Dla zwiększenia przejrzystości prezentacji posłużono się procesami technologicznymi służącymi wykonaniu przedmiotów będących korpusami frezów składanych. Procesy te rozpatrywano w wersji przed modernizacją oraz w wersji po modernizacji. Oba rozpatrywane procesy zróżnicowane są głównie realizacją *najbardziej pracochłonnej operacji* – „wykonanie kompletu gniazd”.

Skupiając uwagę na tej, dwuwariantowo zaistniałej, operacji pokazano jej zabiegi składowe – odpowiednio w tab. 1 oraz w tab. 2.

Istotne efekty modernizacji technologii zestawione są w tab. 3.

¹ Politechnika Łódzka, ul. S. Żeromskiego 116, 90-924 Łódź

² Pabianicka Fabryka Narzędzi PAFANA, ul. Warszawska 175, 95-200 Pabianice

Tabela 1. Zabiegi operacji wykonania kompletu gniazd przed modernizacją

Ilość sztuk w partii (seria) - I_{sz} [szt]	30
---	----

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Frezowa- nie zgrubne rowka	Frezowa- nie wykończe- niowe rowka	Nawierca- nie zwolnienia gniazda	Wiercenie zwolnienia gniazda	Frezowa- nie zgrubne gniazda	Frezowa- nie wykończe- niowe gniazda	Frezowa- nie kąta przyżoże- nia gniazda	Nawierca- nie otworu pod gwint	Wiercenie otworu pod gwint	Gwintowa- nie otworu
Czas przygotowawczo wykończeniowy operacji t_{bz} [min]	20									
Czas pomocniczy t_p [min]	0,635	0,417	0,147	0,151	0,244	0,336	0,45	0,198	0,388	0,109
Narzędzie	R510.25- 3203 APKT1604 PDTR FU25	Frez specjalny węglík FHM020Z 4020107P	Nawiertak NWRc L 2X125	Wiertło NWKa 5,4	Frez specjalny węglík FHM08Z4 0880P	Frez specjalny węglík NF-1910F	Frez specjalny węglík NF-1910K	Nawiertak NWRc L 2X125	WIERTŁO NWKb 3,4	FANAR 371-B M4 ISO2 HSS 800
Czas wymiany narzędzia (stępionych płytek) t_{zn} [min]	10	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Ilość ostrzy wymiennych w narzędziu	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Czas określania korekcji narzędzia t_{ok} [min]	5	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Czas wprowadzania korekcji narzędzia t_{wk} [min]	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Cena narzędzia nowego w zakupie/wykonaniu [zł/szt]	38,34	259,61	28,50	9,04	76,97	98,51	110,49	28,50	15,45	19,32
Liczba regeneracji	-	7	-	-	10	10	10	-	-	-
Koszt jednorazowej regeneracji TKW [zł]		116,03			51,14	47,37	44,29			
Rzeczywisty okres trwałości narzędzia [min]	396	132	66	54	64	119	131	53	207	107
Rzeczywisty okres trwałości jednego ostrza [min]	198	132	66	54	64	119	131	53	207	107

Tabela 1. Zabiegi operacji wykonania kompletu gniazd przed modernizacją procesu (ciąg dalszy)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Frezowa- nie zgrubne rowka	Frezowa- nie wykończe- niowe rowka	Nawierca- nie zwolnienia gniazda	Wiercenie zwolnienia gniazda	Frezowa- nie zgrubne gniazda	Frezowa- nie wykończ- eniowe gniazda	Frezowa- nie kąta przyłoże- nia gniazda	Nawierca- nie otworu pod gwint	Wiercenie otworu pod gwint	Gwintowa- nie otworu
Normatywny wskaźnik czasu uzupełniającego k_u [%]	10%									
Czas główny jednego zabiegu $t_{g(i)}$ [min]	15,730	5,850	1,470	1,500	3,550	5,300	4,870	1,180	4,600	1,980
Czas główny dla partii wyrobów t_g [min]	471,900	175,500	44,100	45,000	106,500	159,000	146,100	35,400	138,000	59,400
Liczba przedmiotów wykonywana w okresie trwałości ($l_{szT} = T_o/t_s$) [szt]	28	25	50	40	20	25	30	50	50	60
Czas wykonania zabiegu $t_{(i)}$ [min/szt]	18,748	7,202	1,933	2,009	4,558	6,508	6,109	1,670	5,641	2,426
Czas wykonania operacji $t_{(i)}$ [min/szt]	56,802									
Czas wykonania operacji $t_{(i)}$ partii [min/partię]	1 704									
Współczynnik wielowarsztatowości – λ_L	1									
Koszt pracy centrum obróbkowego (bez narzędzi) - K_m - [zł/h]	65,91									
Stawka godzinowa operatora (z ZUS i obciążeniami) - K_{Lm} [zł/h]	22,00									
Koszty narzędzia odniesione do jednego okresu trwałości - K_N [zł]	76,68	133,98	28,50	9,04	53,49	52,02	50,31	28,50	15,45	19,32
Koszt maszynowy zabiegu - $K_{m(i)}$ [zł/szt]	20,59	7,91	2,12	2,21	5,01	7,15	6,71	1,83	6,20	2,67
Koszt pracownika w zabiegu - $K_{L(i)}$ [zł/szt]	6,87	2,64	0,71	0,74	1,67	2,39	2,24	0,61	2,07	0,89
Koszt narzędziowy zabiegu - $K_{N(i)}$ [zł/szt]	2,74	5,36	0,57	0,23	2,67	2,08	1,68	0,57	0,31	0,32
RAZEM - Techniczny koszt wytworzenia zabiegu - $K_{TKW(i)}$ [zł/szt]	30,21	15,91	3,40	3,17	9,35	11,62	10,63	3,02	8,57	3,88
RAZEM - Techniczny koszt wytworzenia operacji - $K_{TKW(i)}$ [zł/szt]	99,75									

Tabela 2. Zabiegi operacji wykonania kompletu gniazd po modernizacji procesu

Ilość sztuk w partii (seria) - l_{sz} [szt]		30									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
	Frezowanie zgrubne rowka	Frezowanie wykończeniowe rowka	Nawiercanie zwolnienia gniazda	Wiercenie zwolnienia gniazda	Frezowanie zgrubne gniazda	Frezowanie wykończeniowe gniazda	Frezowanie kąta przyłożenia gniazda	Nawiercanie otworu pod gwint	Wiercenie otworu pod gwint	Gwintowanie otworu	
Czas przygotowawczo wykończeniowy operacji t_{pz} [min]	20										
Czas pomocniczy t_p [min]	0,635	0,417	0,147	0,150	0,244	0,336	0,450	0,118	0,388	0,109	
Narzędzie	R516.22-3232; SDKT09T 308SR-S7M-BP30B	Frez specjalny węgiel FHM020Z 4020107P	Nawiertak NWRc L 2X125	Wiertło NWKa 5,4	Mitsubishi VFMHD08 00A080	Mitsubishi VFMHD06 00A070	Frez specjalny węgiel NF-1910K	Nawiertak NWRc L 2X125	Wiertło NWKb 3,4	FANAR 371-B M4 ISO2 HSS 800	
Czas wymiany narzędzia (stępionych płytek) t_m [min]	10	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
Ilość ostrzy wymiennych w narzędziu	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Czas określania korekcy narzędzia t_{ok} [min]	5	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
Czas wprowadzania korekcy narzędzia t_{wk} [min]	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Cena narzędzia nowego w zakupie/wykonaniu [zł/szt]	35,05	259,62	28,50	10,54	265,50	204,75	110,49	28,50	15,45	19,32	
Liczba regeneracji	-	7	-	-	5	5	10	-	-	-	
Koszt jednorazowej regeneracji T_{KW} [zł]		116,03			50,65	41,18	44,29				
Rzeczywisty okres trwałości narzędzia [min]	160	94	66	54	132	151	81	53	175	59	
Rzeczywisty okres trwałości jednego ostrza [min]	40	94	66	54	132	151	81	53	175	59	

Tabela 2. Zabiegi operacji wykonania kompletu gniazd po modernizacji procesu (ciąg dalszy)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Frezowa- nie zgrubne rowka	Frezowa- nie wykończe- niowe rowka	Nawierca- nie zwolnienia gniazda	Wiercenie zwolnienia gniazda	Frezowa- nie zgrubne gniazda	Frezowa- nie wykończe- niowe gniazda	Frezowa- nie kąta przyłoże- nia gniazda	Nawierca- nie otworu pod gwint	Wiercenie otworu pod gwint	Gwintowa- nie otworu
Normatywny wskaźnik czasu uzupełniającego k_n [%]	10%									
Czas główny jednego zabiegu $t_{g(i)}$ [min]	6,350	4,170	1,470	1,500	2,440	3,360	4,500	1,180	3,880	1,090
Czas główny dla partii wyrobów t_g [min]	190,500	125,100	44,100	45,000	73,200	100,800	135,000	35,400	116,400	32,700
Liczba przedmiotów wykonywana w okresie trwałości ($l_{szt} = T_o/t_s$), [szt]	28	25	50	40	60	50	20	50	50	60
Czas wykonania zabiegu $t_{(i)}$ [min/szt]	8,469	5,310	1,911	1,980	3,062	4,198	5,775	1,560	4,827	1,429
Czas wykonania operacji $t_{(i)}$ [min/szt]	39,190									
Czas wykonania operacji $t_{(i)}$ partii [min/partię]	1175,700									
Współczynnik wielowarsztatowości - λ_L	1									
Koszt pracy centrum obróbkowego (bez narzędzi) - K_m - [zł/godz]	65,91									
Stawka godzinowa operatora (z ZUS i obciążeniami) - $K_{L,m}$ [zł/godz]	22,00									
Koszty narzędzia odniesione do jednego okresu trwałości - K_N [zł]	140,20	133,98	28,50	10,54	86,46	68,44	50,31	28,50	15,45	19,32
Koszt maszynowy zabiegu - $K_{m(i)}$ [zł/szt]	9,30	5,83	2,10	2,18	3,36	4,61	6,34	1,71	5,30	1,57
Koszt pracownika w zabiegu - $K_{L(i)}$ [zł/szt]	3,11	1,95	0,70	0,73	1,12	1,54	2,12	0,57	1,77	0,52
Koszt narzędziowy zabiegu - $K_{N(i)}$ [zł/szt]	5,01	5,36	0,57	0,26	1,44	1,37	2,52	0,57	0,31	0,32
RAZEM - Techniczny Koszt Wytworzenia zabiegu - $K_{TKW(i)}$ [zł/szt]	17,42	13,14	3,37	3,16	5,93	7,52	10,98	2,86	7,38	2,42
RAZEM - Techniczny Koszt Wytworzenia operacji - $K_{TKW(i)}$ [zł/szt]	74,16									

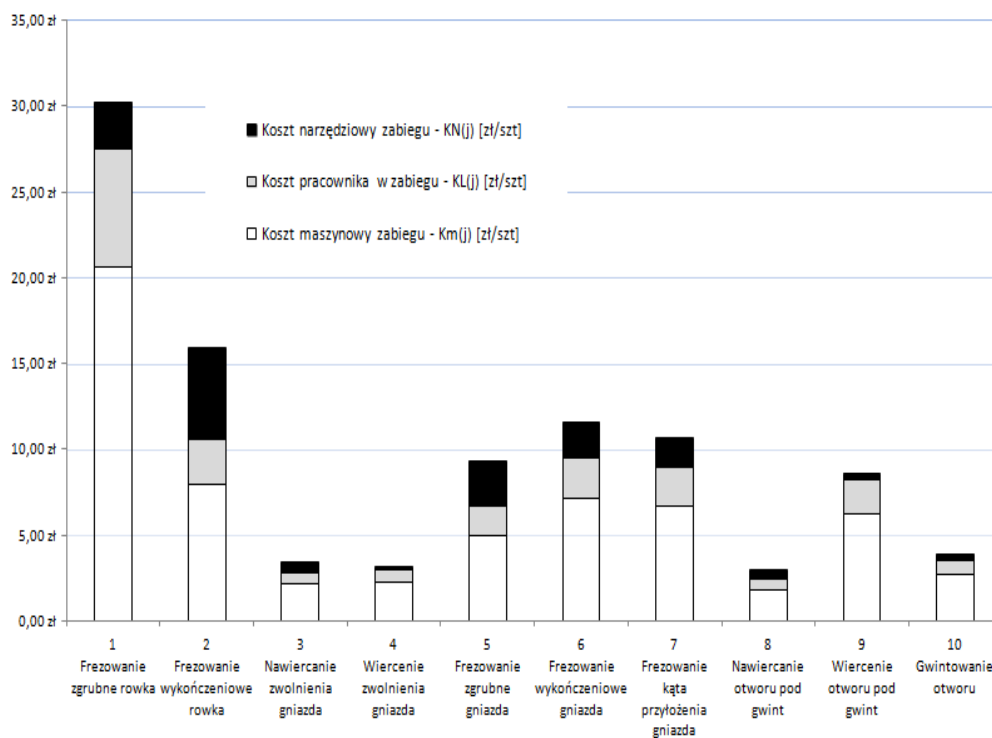
Tabela 3. Syntetyczne zestawienie istotnych efektów modernizacji procesu technologicznego w operacji „wykonać komplet gniazd”

	1 Frezowanie zgrubne rowka		2 Frezowanie wykończeniowe rowka		5 Frezowanie zgrubne gniazda		6 Frezowanie wykończeniowe gniazda		10 Gwintowanie otworu	
	Przed modernizacją	Po modernizacji	Przed modernizacją	Po modernizacji	Przed modernizacją	Po modernizacji	Przed modernizacją	Po modernizacji	Przed modernizacją	Po modernizacji
Rzeczywisty okres trwałości jednego ostrza [min]	198	40	132	94	64	132	119	151	107	59
Czas główny jednego zabiegu $t_{g(j)}$ [min]	15,730	6,350	5,850	4,170	3,550	2,440	5,300	3,360	1,980	1,090
Liczba przedmiotów wykonywana w okresie trwałości ($I_{szT} = T_o/t_s$) [szt]	28	28	25	25	20	60	25	50	60	60
Czas wykonania zabiegu $t_{(j)}$ [min/szt]	18,748	8,469	7,202	5,310	4,558	3,062	6,508	4,198	2,426	1,429
Koszt maszynowy zabiegu - $K_{m(j)}$ [zł/szt]	20,59	9,30	7,91	5,83	5,01	3,36	7,15	4,61	2,67	1,57
Koszt pracownika w zabiegu - $K_{L(j)}$ [zł/szt]	6,87	3,11	2,64	1,95	1,67	1,12	2,39	1,54	0,89	0,52
Koszt narzędziowy zabiegu - $K_{W(j)}$ [zł/szt]	2,74	5,01	5,36	5,36	2,67	1,44	2,08	1,37	0,32	0,32
RAZEM - Techniczny koszt wytworzenia zabiegu - $K_{TKW(j)}$ [zł/szt]	30,21	17,42	15,91	13,14	9,35	5,93	11,62	7,52	3,88	2,42

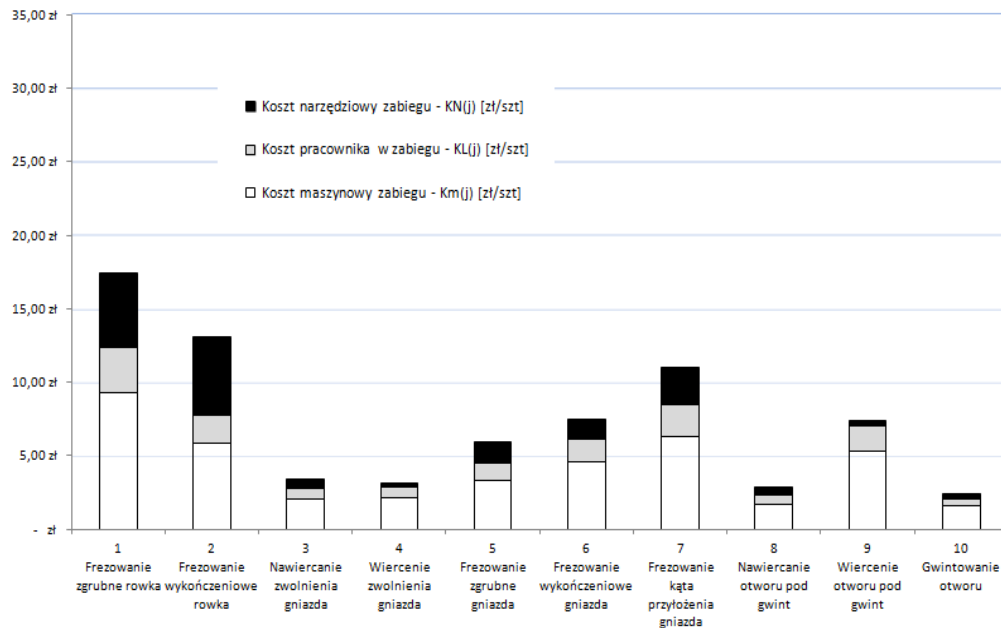
Analiza danych zamieszczonych w tabelach pozwala zauważyć, że w zmodernizowanym procesie:

- zmniejszenie w zabiegu *czasu głównego* skróciło, zgodnie z oczekiwaniami, okres trwałości narzędzia, ale zaskutkowało znaczącym obniżeniem technicznego kosztu wytworzenia odpowiedniego zabiegu (np. zabiegi nr 1, 2, 9, 10),
- trafne zastąpienie „taniego” narzędzia jego innym, „droższym”, ale trwalszym odpowiednikiem także znacząco obniżyło techniczne koszty wytworzenia zabiegu (np. zabiegi nr 5 i 6),
- ujawniła się zasadność obniżenia czasu wprowadzania *korekcy położenia* narzędzia (udoskonalenie organizacyjne), tu aż o 50 % (z dwóch minut do jednej minuty we wszystkich dziesięciu zabiegach).

Dla większej przejrzystości efektów przedstawionej tu modernizacji, na rys. 1 oraz 2 pokazano relacje trzech składowych technicznego kosztu wytworzenia w każdym z rozpatrywanych zabiegów.

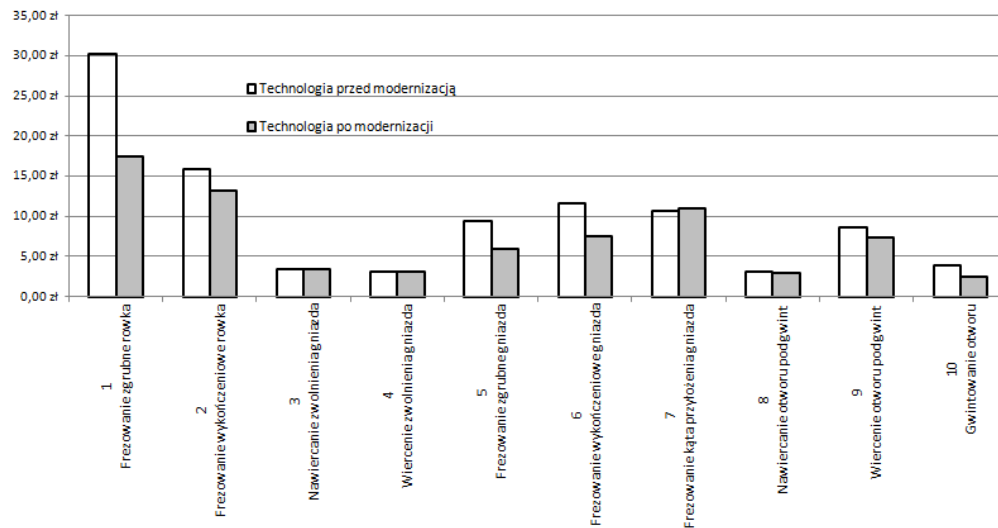


Rys. 1. Techniczny koszt wytworzenia operacji przed modernizacją



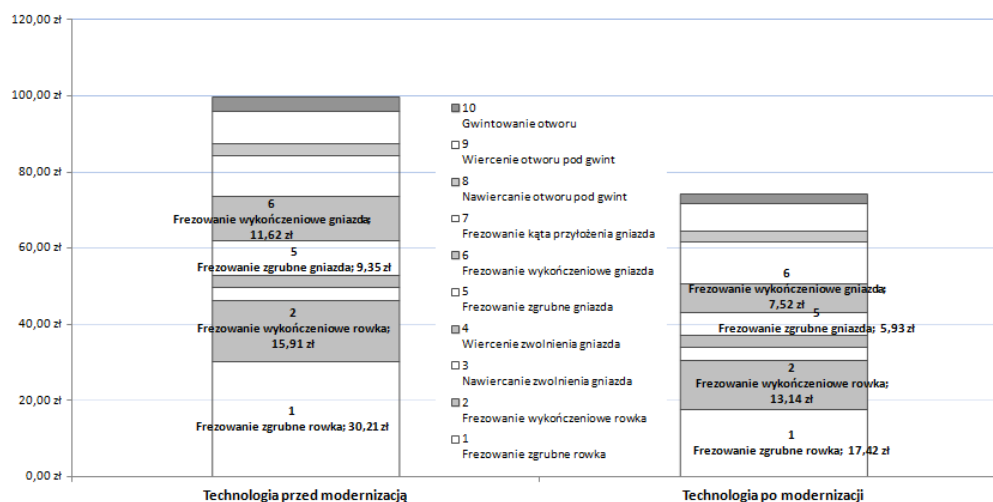
Rys. 2. Techniczny koszt wytworzenia operacji po modernizacji

Warto zauważyć, że decydujący udział w kosztach operacji ma koszt maszynogodzinny, ale „koszt narzędziowy” stanowi także istotny udział (tu około 20 %).



Rys. 3. Porównanie technicznego kosztu wytworzenia zabiegów przed modernizacją i po modernizacji procesu technologicznego dla operacji „wykonania kompletu gniazd”

Natomiast na rys. 3 i rys. 4 pokazano korzystną relację kosztu zabiegów, widoczną przed i po modernizacji procesu technologicznego.



Rys. 4. Porównanie Technicznego Kosztu Wytworzenia operacji „wykonania kompletu gniazd” z rozbiem na zabiegi przed modernizacją i po modernizacji procesu technologicznego

3. PODSUMOWANIE

Przedstawione opracowanie potwierdza pogląd, że obok zasadnego doboru *praco-chłonności zabiegów/operacji* rozpatrywanego procesu technologicznego, właściwych narzędzi i parametrów skrawania, istotnym jest w tych doborach *minimalizowanie* technicznego kosztu wytworzenia.

Dla poprawnego określenia tego istotnego czynnika niezbędna jest jednak znajomość:

- kosztów godziny pracy stanowiska obróbkowego, obciążonego w określonym czasie t_g realizacją rozpatrywanego zabiegu/operacji;
- godzinowej stawki operatora obrabiarki (wraz z obciążeniami pochodnymi – np. ZUS);
- kosztów narzędzi użytych w rozpatrywanej operacji (z uwzględnieniem ich trwałości i kosztów regeneracji).

W warunkach *produkcji powtarzalnej* udział kosztów narzędziowych w analizowanej operacji można określić w następstwie obserwacji i wynikowych obliczeń dotyczących wcześniejszych serii produkcyjnych.

W analizie kosztów *nowej produkcji*, dla przybliżenia udziału w niej kosztów narzędziowych, można wykorzystać doświadczenie eksploatacyjne – wcześniej zdobyte podczas wykonywania porównywalnych zabiegów/operacji.

Dla *wstępnej oceny* możliwości zmniejszenia technicznego kosztu wytworzenia warto także posłużyć się metodami uproszczonych obliczeń, pokazujących *różnicę ponoszonych kosztów* – uzyskiwanych po dokonanych zmianach stanowiska obróbkowego [3] lub zastosowanych narzędzi [2].

4. WNIOSKI

1. Posłużenie się odpowiednim programem komputerowym (np. program dostępny na www.pafana.pl), opartym o prezentowaną tu metodykę, pozwala technologowi ujawnić i porównać generowane techniczne koszty wytworzenia operacji przed i po modernizacji technologii.
2. Powyższe postępowanie może także posłużyć do oceny wariantów nowopowstających procesów technologicznych.
3. Opracowania potwierdza fakt istotności wyodrębnienia kosztów narzędziowych w badaniach analitycznych technicznego kosztu wytworzenia.

LITERATURA

- [1] KOŁODZIEJ W., STYCZYŃSKI A., WRÓBLEWSKI J., *Ocena efektywności obróbki frezami składanymi*, w: *Obróbka Skrawaniem T. 4, Współczesne problemy*. Kruszyński B. (red.). Politechnika Łódzka 2010, 41–54.
- [2] KOZIARSKI A., KOZIARSKI T., *Niedoceniane uwarunkowania ekonomiczne w procesie technologicznym*, w: *Obróbka Skrawaniem T. 4, Współczesne problemy*. Kruszyński B. (red.). Politechnika Łódzka 2010, 111–120.
- [3] KOZIARSKI A., STYCZYŃSKI A., *Aspekt ekonomiczny wyboru narzędzi skrawających*, w: *Obróbka Skrawaniem T. 5, Nauka a przemysł*. Grzesik W. (red.). Politechnika Opolska, 2011, 510–516.
- [4] KOZIARSKI A. i Zespół: Projekt Badawczy nr 4T07DO3328 finansowany przez MNiSW, Raport końcowy, Łódź, 2008.