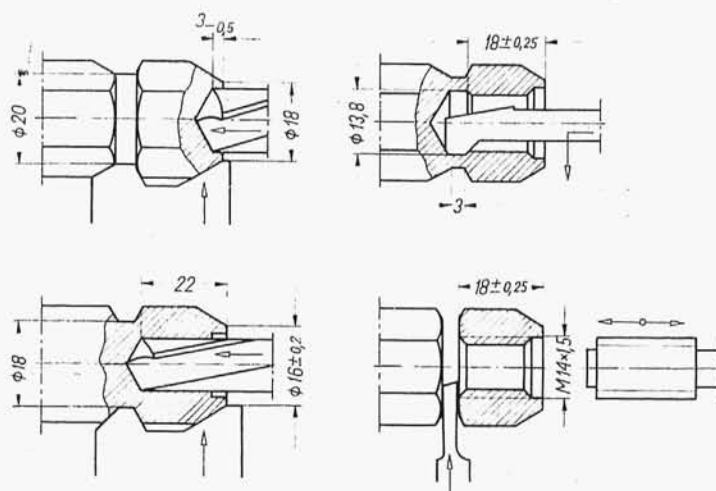


## 3. Przykład obliczeniowy

Nakrętka śruby przedniego koła samochodowego (szkic z wymiarami podany w nagłówku rys. A/40) ma być obrabiana na gotowo na wielowrzecionowym automacie tokarskim z prętów o przekroju sześciokątnym (klucz 22). Wstępne rozplanowanie zabiegów obróbczych dało w wyniku dwa warianty wykonania: wariant I na 4-wrzecionowym automacie tokarskim (rys. A/39) oraz wariant II na 6-wrzecionowym (rys. A/40 rubr. 3).

A



Rys. A/39. Plan obróbki nakrętki śruby przedniego koła na 4-wrzecionowym automacie tokarskim (wariant I)

Do dyspozycji są dwa automaty: automat 4-wrzecionowy AV48 Gildemeister i 6-wrzecionowy AS48 tejże firmy.

W obróbce nakrętek podwyższonej wysokości zazwyczaj limitującym zabiegiem pod względem ilości niezbędnych obrotów wrzeciona  $n_o$  jest gwintowanie, a pod względem prędkości obrotowej – przecinanie lub wcinanie kształtowe; przekrój sześciokątny pręta wyjściowego przesądza o tym, że właśnie zabieg wstępnego wcięcia kształtowego pod przecinanie będzie ograniczał prędkość obrotową wrzeciona.

Aby do dalszych szczegółowych obliczeń wybrać wariant korzystniejszy, trzeba przeprowadzić skróconą analizę dwóch zabiegów: gwintowania i wcinania kształtowego, posługując się wytycznymi w tabl. A-161.

Ilość obrotów  $n_o$  dla gwintowania gwintownikiem

Wg tabl. A-165 pkt. 1: dobieg i wybieg  $l_d + l_w = 3,3h = 3,3 \cdot 1,5 = 5$  mm;  $L = 15 + 5 = 20$  mm; z charakterystyki automatów odczytujemy:

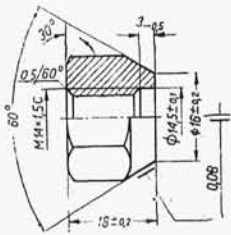
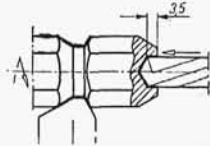
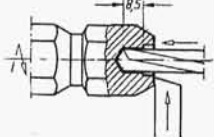
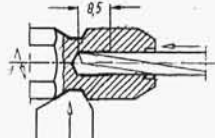
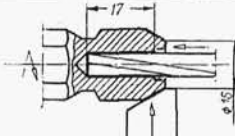
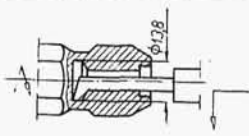
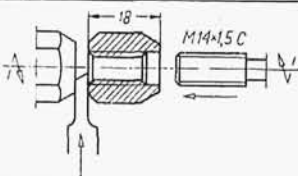
$$\text{dla AV 48} \quad q' = 0,133 (1:7,5) \quad \text{i} \quad q'' = 0,286 (1:3,5)$$

$$\text{dla AS 48} \quad q' = 0,143 (1:7) \quad \text{i} \quad q'' = 0,333 (1:3)$$

stąd:

w wariantcie I

$$n_o = \frac{20}{1,5 \cdot 0,133} + \frac{20}{1,5 \cdot 0,286} = 150 \text{ obrotów}$$

			<p>Material obrabiany stal A12 ciągn. <math>R_m = 50 \div 85 \text{ kg/mm}^2</math> 6 — kąt <math>22 \times 21,5</math></p>
			<p>Ilość przedmiotów z pręta: 130</p>
			<p>Obrabiarka: automat tok. 6—w. AS48 Gildemeister</p>
Nr pozycji	(Suport) Nr zabiegu	Szkic zabiegu	Treść zabiegu
I	2	3	4
I	W 1		Wiercić $\varnothing 14 \pm 0,1 \times 3 \pm 0,5$
	P 2		Wcinać kształtowo wstępnie na $\varnothing 21$
II	W 3		Wiercić $\varnothing 12 \times 8,5$
	P 4		Planować czoło na wymiar 18
III	W 5		Wiercić $\varnothing 11,8 \times 8,5$
	P 6		Wcinać kształtowo wykańcz. na $\varnothing 18$
IV	W 7		Rozwiercić $\varnothing 12,25 \times 15$
	P 8		Wcinać kształtowo wykańcz. stożk. $\varnothing 16$
V	W 9		Wytaczać w otworze rowek $\varnothing 13,8 \times 3$
	—		
VI	W 10		Gwintować M14x1.5
	P 11		Obcinać na dług. $18 \pm 0,25$

Rys. A/40. Karta obliczeniowa czasu obróbki na 6-wrzecionowym automacie tokarskim AS 48 Gildemeister dla nakrętki śruby przedniego koła (wariant II)

KARTA OBLICZENIOWA CZASU obróbki na wielowrzecionowym automacie tokarskim										Norma obsługi $N_a : 4$		Czas sztuki $t_j$				Czas przygot. $t_{pz}$ min				$\times 1,25$ $\times 1,0$  300 s							
Przedmiot: nakrętka śruby przedniego koła Rys. 20-310-1040-2										Ilość narzędzi $i_N : 11$		Trwałość podstawowa $T_m$ 300 min		$t_a$		a)		$t_{pz}$									
														$t_{pm}$		b)		$t_{pz}$									
														obl.		c)		$t_{pz}$									
												ustaw. 16 s				237 s											
												0,267 min				237 s											
												$t_{pn}$		0,017 min		Koła zmianowe											
												$t_{an}(18\%)$		0,048 min		wrzeczono		A		48		suporty		a		55	
												$t_{at}(3\%)$		0,008 min				B		48				b		40	
												$t_j$		0,34 min				C		—				c		67	
																		D		—				d		28	
Tablica wyjściowych		Wymiary wyjściowe					Ilość obrotów na zabieg	Wskaznik zmiany predkości	Ilość obrotów obliczeniowa	Udział w cyklu	Trwałość czas. skraw. minut	Szybkość m/min	Współcz. poprawk.	Okresowa szybkość m/min	Predkość obrotowa obr/min	Wskaznik zmiany predkości	$K_s$	Trwałość narzędzia min	Norma wymiany narzędzia ( $N_T$ ), szt.								
Nr	D	L	g/B	L	p	$n_w$														q	$n_a$	u	T	$v_{120}$	$K_f$	$v_r$	n
5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23									
A-164 2b	14	3		10	0,2 0,1	50 100	—	50 100	0,33 0,66	90 180	26 41	1,05 0,9	27 37	610 840	1,19	3	900	3000 3300									
A-162 5	25	2	17	3,5	0,1 0,025 0,025	35 140	—	35 140	0,22 0,93	60 300	34 68	1,2 0,75	41 51	520 650 707	0,92	0,65	195	750 700									
A-164 2a	12	8,5		10,5	0,2 0,1	52,5 105	—	52,5 105	0,35 0,7	90 300	23,5 38	1,05 0,85	24,5 32,5	600 860	1,21	3	900	3000 3300									
A-162 2	18	1,5	0,5	3,0	0,15	20	—	20	0,14	45	60	1,15	69	1200			3000	11250 11000									
A-164 2a	12	8,5		10,5	0,2 0,1	52,5 105	—	52,5 105	0,35 0,7	90 300	23,5 38	1,05 0,85	24,5 32,5	600 860	1,21	3	900	3000 3300									
A-162 5	25	1,5	17	2,5	0,1 0,02	25 125		25 125	0,17 0,85	45 300	40 90	1,3 1,0	52 90	660 1150	1,63	10	3000	11250 11000									
A-164 5	12	15		17	0,35 0,25	49 68		49 68	0,33 0,45	90 120	23,5 29	1,1 1,0	26 29	690 770	1,09	1,35	400	1500 1500									
A-162 5	18	1	10	2	0,05 0,02	40 100		40 100	0,27 0,67	90 180	48 72	1,05 0,9	50,5 65	900 1150	1,63	10	3000	11250 11000									
A-163 3	14	0,9	5	2	0,04 0,02	50 100		50 100	0,33 0,67	90 180	52 72	1,05 0,9	55 65	1250 1460	2	10	3000	11250 11000									
A-165 1	14	15		20	1,5	13,3	0,193 0,333	140	1,0	—	(8)		(8) 4,6	(180) 1250 (103) 707													
A-162 4	18	2	3	5	0,12 0,10	12 50		42 50	0,28 0,33	90 90	45 48	1,1 1,1	50 53	880 940	1,33	5	1500	5250 5600									

w wariancie II

$$n_o = \frac{20}{1,5 \cdot 0,143} + \frac{20}{1,5 \cdot 0,333} = 140 \text{ obrotów}$$

### Prędkość obrotowa dla wcinania kształtowego

#### Wariant I

Przy wstępnym wcinaniu kształtowym wg tabl. A-162 pkt. 5 droga  $L = \frac{25-18}{2} + 1,5 = 5 \text{ mm}$ ; starając się w pełni wykorzystać czas cyklu wybieramy możliwie najmniejszy posuw tak, by ilość obrotów  $n_g$  nie była większa od  $n_o = 150$ : przy  $p = 0,04 \text{ mm/obr}$  dla wcinania  $n_g = \frac{5}{0,04} = 125 \text{ obrotów}$ , czyli udział  $u = \frac{125}{150} = 0,83$ . W tabl. A-176 dla  $p = 0,04$  i stali automatowej, przy uwzględnieniu uwagi 2), wypada  $v_{120} = 65 \cdot 0,85 = 55 \text{ m/min}$ . Przyjmując wg tabl. A-161 pkt. 7 dla  $i_N = 7$  narzędzi, normy obsługi  $N_o = 4$  automaty i średniego zróżnicowania obciążeń narzędzi wypada przyjąć podstawową trwałość  $T_m = 300 \text{ min}$ . W takim razie zalecana trwałość dla tego noża będzie  $T = 300 \text{ min}$ . (przyjęto  $u = 1$ , bo dla tego narzędzia  $u = 0,83 > 0,7$ ). Okresowa szybkość skrawania przy  $K_T = 0,75$  będzie  $v_{300} = 0,75 \cdot 55 = 42 \text{ m/min}$ , stąd prędkość obrotowa  $n = 318 \frac{42}{25} = 535 \text{ obr/min}$ .

Jeśli przyjąć  $n_w = 1,1 \cdot 535 = 590 \text{ obr/min}$ , to  $t_g = \frac{150}{590} \cdot 60 = 15,3 \text{ s}$ .

Dodając 1 s na zmianę kierunków obrotów przy gwintowaniu i 1,3 s na przełączenie bębna obrotowego wypada  $t_m = t_g + t_{pm} = 15,3 + 2,3 = 17,6 \text{ s}$ . Niestety automat AV48 Gildemeister przy najbliższym  $n_w = 560 \text{ obr/min}$  ma ustawialne czasy cyklu maszynowego  $t_{cm} = 8,8 \text{ s} - 24 \text{ s} - 79 \text{ s}$ . Należałoby więc wybrać czas maszynowy  $t_m = 24 \text{ s}$  i wg tego rozplanować całą operację.

Wadą wariantu I jest przede wszystkim konieczność wcinania kształtowego szerokim nożem o dość złożonym kształcie; brak również splanowania czoła na wymiar  $18 \pm 0,25$ : nie należy liczyć na to, że błędy w poosiowym ustawieniu się pręta nie przekroczą tolerancji  $0,5 \text{ mm}$ ; poza tym pod gwint o klasie pasowania C nie wystarczy wiercenie otworu z pełnego na długości ok. 23, wiertło może zejść z osi mimo nawiercenia wstępnego  $\varnothing 14,5$ . Poza tym powierzchnia stożkowa nakrętki jest stolerowana co do współosiowości, nie jest więc pożądane łączenie toczenia wykańczającego tej powierzchni z wcinaniem tym samym nożem innej części kształtowej, nie mającej żadnego znaczenia funkcjonalnego. Dlatego rozważono wariant II.

#### Wariant II

Wcinanie kształtowe przeprowadza się nożem o uproszczonym kształcie, który uzyskuje się z połączenia profilu stożka poprzedzającego przedmiotu z profilem części tylnej obrabianego na danej pozycji przedmiotu. Tutaj droga wcinania będzie nieco mniejsza:  $L = \frac{25-21}{2} + 1,5 = 3,5$ . W wyniku tego przy limitującym  $n_o = 150 \text{ obrotów}$

można wybrać posuw  $p = 0,025 \text{ mm/obr.}$ , co daje ilość obrotów  $n_g = \frac{3,5}{0,025} = 140$ , a więc udział  $u = \frac{140}{150} = 0,93 \approx 1$  (pełne obciążenie). Wg tabl. A-176 otrzymujemy – podobnie jak przy poprzednim postępowaniu –  $v_{120} = 0,85 \cdot 80 =$

= 68 m/min. Przy podstawowej trwałości  $T_m = 300$  min (wg tabl. A-161 pkt. 7 dla  $i_N = 11$  narzędzi przy zróżnicowaniu obciążenia narzędzi przewidywanego wskutek wprowadzenia większej ich ilości) szybkość  $v_{300} = 0,75 \cdot 68 = 51$  m/min, stąd prędkość obrotowa  $n = 318 \frac{51}{25} = 650$  obr/min. Jeśli teraz przyjmujemy  $n_w \leq 1,1 \cdot 650 = 715$  obr/min, to czas główny  $t_g$  wg najdłużej trwającego zabiegu gwintowania będzie

$$t_g = \frac{140}{715} 60 = 11,7 \quad \text{s}$$

Szacowany czas cyklu maszynowego z uwzględnieniem czasu pomocniczego maszynowego  $t_{cm} = 2,3$  s (jak poprzednio będzie)  $t_{cm} = 11,7 + 2,3 = 14,0$  s. W charakterystyce automatu AS48 znajdujemy dla najbliższej prędkości obrotowej  $n_w = 707$  obr/min możliwe czasy cyklu maszynowego  $t_{cm}$  16 s–49 s–160 s. Oczywiście w danym przypadku wybieramy nastawialny czas cyklu  $t_{cm} = 16$  s.

Z analizy wstępnej dwóch wariantów obróbki lepszym wariantem okazał się wariant II (rys. A/40) nie tylko dlatego, że charakteryzuje się krótszym czasem obróbki (16 s w porównaniu z 24 s), ale także dlatego, że reprezentuje jakościowo lepsze rozwiązanie technologiczne: proste narzędzia do wcinania, współosiowa część stożkowa jest obrabiana na gotowo oddzielnie, a nie w połączeniu z rozwiercaniem otworu pod gwint rozwiertakiem zdzierakiem, co zapewnia lepszą współosiowość obu powierzchni; tolerowana długość nakrętki nie jest pozostawiana losowemu ułożeniu się pręta w momencie zacisku.

We wstępnej analizie nie przeprowadzono obliczeń prędkości obrotowych  $n$  dla zabiegu gwintowania, gdyż wskaźnik dużych zmian prędkości obrotowych  $q' = 0,133$  (1 : 7,5) czy  $q' = 0,143$  (1 : 7) na wymienionych automatach firmy Gilde-meister z reguły wyklucza, by gwintowanie było zabiegiem limitującym prędkość obrotową wrzeciona  $n_w$ . Tego rodzaju obliczenia należałoby przeprowadzać, gdyby wskaźnik  $q'$  był większy od 0,25.

Pozostaje jeszcze sprawa ograniczeń, jakie stawiają automaty wielowrzecionowe przez przypisywanie określonym prędkościom obrotowym  $n_w$  z góry ograniczonego szeregu możliwych wartości czasu cyklu maszynowego  $t_{cm}$ . Otóż automaty te mają dość zróżnicowaną pod tym względem charakterystykę. Np. automat 4-wrzecionowy DAM 4×25 (NRD) dla wariantu I obróbki, przy najbliższym stopniu prędkości  $n_w = 560$  obr/min daje możliwość ustawienia pożądanego czasu cyklu  $t_{cm} = 18$  s, ale dopiero po sprowadzeniu na specjalne zamówienie kół zmianowych do wrzeciona.

O tych ograniczeniach trzeba pamiętać. Posiadanie w zakładzie automatów wielowrzecionowych kilku firm pozwala elastyczniej dobierać je wg jakości wymaganej obróbki i parametrów ich eksploatacji.

Wybrany w wyniku analizy technologicznej i czasu obróbki wariant II jest wtedy obiektem szczegółowych obliczeń na karcie obliczenia czasu (rys. A/40). Obliczenia te przeprowadzono w dwóch etapach: etap I (liczby wpisane w rubrykach 10÷19 w górnym wierszu dla każdego zabiegu) obejmował wybór parametrów obróbki wg największej wydajności każdego zabiegu, oraz etap II (liczby wpisane w rubrykach 10÷23 w dolnym wierszu dla każdego zabiegu) polegający na podciągnięciu obciążeń czasowych poszczególnych narzędzi drogą zmniejszania posuwu ale zwracając uwagę na to, aby nowe ilości obrotów  $n_g$  na wykonanie zabiegów nie przekroczyły  $n_{g \max} = 140$  i aby posuw nie był mniejszy np. od 0,02 mm/obr przy wcinaniu. Ta manipulacja na limitującym prędkością obrotową narzędziu nr 2

(na pozycji I) pozwoliła zwiększyć najmniejszą prędkość obrotową wrzeciona z  $n_{min} = 520$  na  $n_{min} = 650$  obr/min; dopuszcza się  $n_w \leq 1,1 \cdot 650 = 715$  obr/min.

Wg obliczeń analizy wstępnej przy  $t_g = \frac{140}{715} 60 = 11,7$  i czasie  $t_{pm} = 2,3$  s

z charakterystyki automatu AS 48 wybrano  $n_w = 707$  obr/min i  $t_{cm} = 16$  s. Przy tych parametrach pracy automatu przeprowadzono obliczenia w rubrykach 20÷÷23 mających na celu określenie norm ilości przedmiotów ( $N_T$ ), na okres trwałości poszczególnych narzędzi. Te normy stają się wytycznymi do sporządzania harmonogramu wymiany narzędzi. Należy od razu zaznaczyć, że te obliczenia należy traktować jako oszacowania i dlatego wartości ( $N_T$ ), ujęto pełnymi liczbami będącymi modułami najmniejszej normy ( $N_T$ )<sub>min</sub> = 750 szt. przedmiotów. Takie ujęcie ułatwia zapamiętanie częstości wymiany narzędzi i sporządzanie harmonogramu. Wymianę narzędzi nielimitujących realizuje się wtedy w połączeniu z wymianą narzędzia limitującego (nr 2). Dla gwintownika nie określa się normy trwałości i kontroluje się jego stan wg jakości gwintu na przedmiotach.

Końcowa część obliczeń czasu obróbki dotyczy określania normy czasu dla automatu, oraz ewentualnie norm obciążenia czasowego operatora i ustawiacza w celu wyznaczenia norm obsługi  $N_o$  dla obu pracowników. Obliczenia normy czasu dla automatu przeprowadzono w górnej części Karty Obliczeniowej Czasu (rys. A/40).

Obliczenie normy czasu:

- a) czas główny  $t_g = \frac{n_{g \max}}{n_w} 60 = \frac{160}{707} 60 = 11,8$  s
- b) czas pomocniczy maszynowy  $t_{pm}$ :
- dla nawrotu kierunku obrotów gwintownika 1 s
  - dla obrotu podziałowego bębna wrzecionowego 1,3 s
- razem  $t_{cm} = 14,1$  s
- c) czas cyklu maszynowego z charakterystyki automatu AS48  
przyjęto  $t_{cm} = 16$  s  
 $= 0,267$  min
- d) czas pomocniczy ręczny niepokryty  $t_{pn}$ :
- zakładanie pręta 6-k.  $22 \times 3000$  o masie ok. 10,5 kg wg tabl. A-189 poz. 2  $t_p = 2,2$  min na 1 sztukę przedmiotu  $2,2 : 130 = 0,017$  min
- e) czas wykonania dla automatu  $t_w = 0,284$  min
- f) czas obsługi technicznej niepokrytej  $t_{orn}$ : wg tabl. A-190 poz. 1 dla automatu 6-wrzec.  $\varnothing 48$  w klasie obróbki IT 11÷12
- $\frac{18}{100} 0,267 = 0,048$  „
- g) czas postoju automatu uwarunkowanego obsługą organizacyjną stanowiska roboczego  $t_{br}$  wg tabl. A-191 poz. 2  $\frac{3}{100} 0,267 = 0,008$  „
- h) czas jednostkowy  $t_j$  dla automatu suma poz. e, f, g  $t_j = 0,340$  min
- Czas przygotowawczo-zakończeniowy  $t_{pz}$  dla automatu  $\varnothing 48$  wg tabl. A-188: – ogólne przygotowanie wg poz. 1 – 80 min
- ustawić 11 narzędzi wg poz. 2  $11 \times 12$  min – 132 „
  - dodatek na ustawienie urządzenia do gwintowania wg poz. 4 – 25 „
- razem 237 min

- współczynniki poprawkowe:  
dla automatu 6-wrzecionowego  $K_n = 1,25$   
przy czasie cyklu maszynowego  $t_{cm} < 1 \text{ min}$   $K_t = 1,0$
- skorygowany czas  $t_{pz} = 1,25 \cdot 1,0 \cdot 237 = 292 \text{ min} \approx 300 \text{ min}$

W karcie obliczenia czasu obróbki na automacie (gdzie nie ma oddzielnej Karty Instrukcyjnej Obróbki) zamieszcza się dodatkowo dane dotyczące ustawienia kół zmianowych dla prędkości obrotowych wrzecion i czasu cyklu maszynowego.

Przykład obliczeniowy rozwiązano metodą narzędzia limitującego zgodnie z wytycznymi tabl. A-161. Interesujące byłoby zastosowanie do tego przykładu metody optymalizacji warunków obróbki ze względu na koszt operacji, opisanej w rozdz. O.III.2, a zastosowanej np. w rozdz. A.III. dla tokarek wielonożowych wg wzorów [A.75] i [A.76]. Ponieważ u podstaw metody optymalizacji  $n_w$  jest okresowa szybkość skrawania  $v_T$  przy trwałości ekonomicznej  $T$  dla pracy pojedynczym nożem na danej obrabiarce, więc należało w obliczeniach przyjmować  $v_{60}$  a nie  $v_{120}$  (tak to w przybliżeniu układu się trwałość ekonomiczna narzędzi ustawionych na automacie wrzecionowym). Żeby nie przeprowadzać przeliczeń gotowych wartości  $v_{120}$  w rubr. 16 tabl. obliczeniowej (rys. A/40), można obliczenia  $\Sigma u_i W_i$  dokonać przy  $v_{120}$ , a otrzymaną wartość  $\Sigma u_i W_i$  zmniejszyć potem do połowy i taką przyjąć wtedy dla  $W_w$ . Dla wszystkich narzędzi przyjmuje się jednakowy wykładnik  $s = 4$  jako najmniejszy, a charakteryzujący narzędzia wcinające. Dla posługiwania się wzorami [A.75] i [A.76] potrzebne są wartości  $u_i$  i  $n_i$ . Udziały  $u_i$  znajduje się bezpośrednio w rubr. 14 (dolne wartości) tabl. na rys. A/40, natomiast prędkość  $n_i$  trzeba przeliczyć z wartości  $v_{120}$  (rubr. 16) przy średnicy obliczeniowej  $D$  (rubr. 6) za pomocą nomogramu na rys. A/38.

W ten sposób postępując otrzymuje się następujące zestawienie:

Nr narzędzia	$D$	$v_{120}$	$n_i$	$u_i W_i$
1	14	41	900	$0,66 \cdot 1,6 = 1,10$
2	25	68	800	$0,93 \cdot 2,5 = 2,33$
3	12	38	1000	$0,70 \cdot 1,0 = 0,70$
4	18	60	1100	$0,14 \cdot 0,63 = 0,09$
5	12	38	1100	$0,70 \cdot 1,0 = 0,70$
6	25	90	1100	$0,85 \cdot 0,63 = 0,54$
7	12	29	800	$0,45 \cdot 2,5 = 1,12$
8	18	72	1250	$0,67 \cdot 0,4 = 0,27$
9	14	72	1600	$0,67 \cdot 0,16 = 0,11$
11	18	48	900	$0,33 \cdot 1,6 = 0,53$
				$\Sigma u_i W_i = 7,49$

Korygując  $\Sigma u_i W_i$  dla przypadku  $v_{60}$  do połowy, otrzymuje się  $W_w = 3,75$ . Dla tej wartości wg wzoru [A.76] rozwiązywanego wprost za pomocą tabl. A-72 znajduje się  $n_w \approx 720 \text{ obr/min}$ .

Okazuje się, że prędkość obrotowa wrzeciona  $n_w = 707 \text{ obr/min}$  obliczona metodą narzędzia limitującego odpowiada wymaganiom trwałości ekonomicznej ze względu na koszt operacji.

Metoda narzędzia limitującego jest bliższa metodzie stosowanej w praktyce i dlatego bardziej jest zrozumiała. Metoda optymalizacji wg  $\Sigma u_i W_i$  nie zastąpi analizy technologicznej operacji i wyrównywania obciążeń poszczególnych narzędzi.

Wybranie w końcowej fazie prędkości obrotowej  $n_w$  wspólnej dla wszystkich narzędzi wg metody narzędzia limitującego nie daje — jak widać z niniejszego





przykładu obliczeniowego – istotnych różnic. Taki wniosek postulowano już w ogólnej analizie obu metod w rozdz. O.III.2. Jednakże metoda narzędzia limitującego wymaga jednak starannejszej analizy technologicznej, kierując się zarówno maksymalną ilością obrotów  $n_g(n_o)$  na wykonanie zabiegu obróbczego jak i najmniejszą prędkością obrotową  $n_{min}$ . Przed ostatecznym wyborem prędkości obrotowej wrzecion  $n_w$  konieczne jest rozważenie możliwości poprawienia warunków skrawania narzędzia limitującego.