

obrotowa $n = 2130$ obr/min, a wg obliczeniowej metody narzędzia limitującego $n = 2440$ obr/min, czyli o ok. 15% wyższa. Jedynie wskutek dużego ilorazu stopniowania prędkości obrotowych na automacie „Škoda” A-20 wynoszącego ok. $\varphi = 1,3$ nie można było wybrać najbliższego wyższego stopnia $n = 2773$ obr/min, a trzeba było zdecydować się na niższy stopień $n = 2101$ obr/min, który właśnie został przyjęty przy zastosowaniu metody tradycyjnej. Zastosowanie noża w zabiegu 3 ze stali szybko tnącej wanadowej SK10V pozwoliłoby zwiększyć szybkość skrawania o ok. 10% i wtedy prędkością obrotową wrzeciona byłoby $n_w = 2773$ obr/min. Wydajność automatu wzrosłaby o 30%, co jest silnym argumentem za zastosowaniem stali szybko tnącej wymienionego gatunku mimo, że wymaga ona starannej obróbki cieplnej.

Podana metoda obliczeniowa wg wytycznych tabl. A-160 eliminuje subiektywizm w ocenie zabiegu podstawowego, co ma miejsce w metodzie tradycyjnej. Takie ujednolicenie podejścia pozwala na głębszą analizę możliwości racjonalizacji zabiegów limitujących i prowadzi w istocie rzeczy do zwiększenia wydajności automatów.

Po określeniu podstawowej prędkości obrotowej n_w dalsze obliczenia przebiegają jak przy metodzie tradycyjnej.

VIII. Normowanie czasu robót wykonywanych na wielowrzecionowych automatach tokarskich

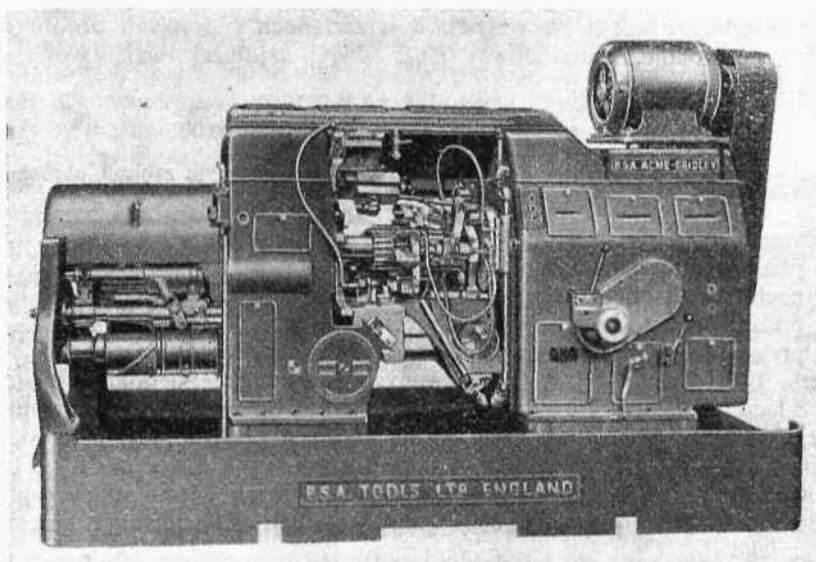
1. Uwagi ogólne i metodyczne

W wieloseryjnej i masowej produkcji wielowrzecionowe automaty tokarskie reprezentują obrabiarki do toczenia o najwyższym stopniu koncentracji obróbki. Wielowrzecionowość i wielonarzędziowość stanowią o wysokiej ich wydajności. W przeciwieństwie do jednowrzecionowych automatów tokarskich nie wymagają na ogół wykonywania do każdej operacji specjalnych krzywek sterujących; krzywki bębnowe i tarczowe są na ogół uniwersalne, wymagają tylko odpowiedniego ustawienia i regulacji dźwigni przełożeńowych. Silna budowa korpusu obrabiarki, prowadnic i suportów sprzyja stosowaniu wysokowydajnych parametrów obróbki.

Wielowrzecionowe automaty tokarskie przystosowane są głównie do pracy z prętą (rys. A/36). Średnice prześwitu wrzeciona wynoszą od 10 do 70 mm. Inną wersją tej odmiany są wielowrzecionowe uchwyty automatyczne (rys. A/37), gdzie roboty z pręta zastąpiono robotami na półfabrykatkach, mocowanych w uchwytach na wrzecionach. Występują automaty w wersji 4, 5, 6 i 8 wrzecion, z tym że coraz częściej produkuje się automaty 6-cio i 8-mio-wrzecionowe ze względu na ich szerszy zakres możliwości obróbkowych. Dla większości obrabianych przedmiotów wystarcza właśnie 5÷6 wrzecion. Pozwalają też na taki podział roboty na wrzecionach, by w jednym cyklu były wykonywane dwa oddzielne równoległe procesy obróbkowe (tzw. systemem 2-potokowym).

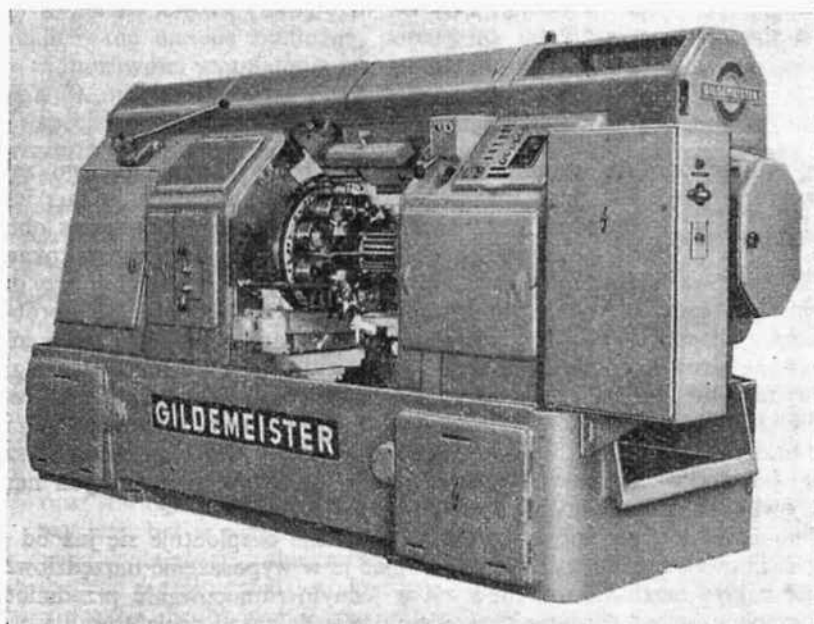
Dokładność toczenia osiąga się normalnie w klasie 11–12 ISA, a chropowatość w klasie $\nabla 5$ – $\nabla 6$. Staranne przygotowanie i specjalne noże styczne z rolką podtrzymującą polepszają dokładność i gładkość obróbki o 1÷2 klasy.

Roboty uchwyty mogą być wykonywane: automatycznie z zasobników dzięki urządzeniom podającym i zaciskowym, albo z ręcznym zakładaniem półfabrykatu. Procesy obróbkowe nie różnią się w tym przypadku względem robót z pręta, ale możliwości obróbkowe są mniejsze: odpada jedno wrzeciono jako



A

Rys. A/36. 6-wrzecionowy prętowy automat tokarski B.S.A. 2 5/8" ACME - GRIDLEY (W. Brytania)



Rys. A/37. 8-wrzecionowy uchwyty automat tokarski AAH150 GILDEMEISTER (NRF)

pozycja do obróbki. Wprowadzanie na tej pozycji przyrządu do nawiercania z posuwem ręcznym nie poprawia w istotny sposób sytuacji.

Równoległość obróbki na wszystkich wrzecionach (pozycjach obróbkowych przedmiotu) powoduje, że czas główny $(t_g)_{lim}$ zabiegu najdłużej trwającego wyznacza czas cyklu maszynowego t_c :

$$t_c = (t_g)_{lim} + t_{pm} \quad [A.12]$$

gdzie: t_{pm} — czas pomocniczy maszynowy niepokryty czasem głównym zabiegu obróbkowego najdłużej trwającego.

Automat wykonuje następujące czynności pomocnicze:

- przesuw materiału i jego zacisk,
- nachylenie i odchylenie zderzaka materiałowego,
- przełączenie położenia bębna wrzecionowego,
- przyspieszony dosuw i powrót suportów narzędziowych.

Część tych czynności jest wykonywanych równolegle. Niepokryty pozostaje czas przełączenia bębna wrzecionowego oraz część dosuwu i odsuwu suportów w zabiegu najdłużej trwającym. Czas ten na ogół jest przyjmowany jako wielkość stała, dla danego automatu rzędu 2÷4 s. Jeśli normowanie czasu cyklu t_{cm} będzie przeprowadzane — jak dotąd — bez sporządzania harmonogramu pracy suportów na tle 360°, pełnego obrotu wałka sterującego — to bardziej celowe jest szacowanie czasu t_{cm} jako

$$t_{cm} = (1,06 \div 1,1)(t_g)_{lim} \quad [A.13]$$

gdyż i tak wg wyliczonego czasu t_{cm} podbiera się z charakterystyki automatu przy wybranej prędkości obrotowej n_w , najbliższy czas cyklu ustawialny kołami zmianowymi na automacie.

Czas główny $(t_g)_{lim}$ dla zabiegu najdłużej trwającego oblicza się na ogół w sekundach wg wzoru

$$(t_g)_{lim} = \frac{n_g}{n_w} 60 \quad [A.14]$$

gdzie n_g — ilość obrotów przedmiotu potrzebna na wykonanie danego zabiegu obrotowego, liczona jak przy jednowrzecionowych automatach tokarskich wg wzoru [A.3], a n_w — prędkość obrotowa wrzeciona przedmiotowego w obr/min.

Fakt, że w zasadzie u większości wielowrzecionowych automatów tokarskich prędkość obrotowa wrzecion n_w jest jednakowa dla wszystkich wrzecion przy danym ustawieniu automatu powoduje, że następuje podział całego procesu obróbkowego na poszczególne pozycje tak, by narzędzia były w miarę możliwości równomiernie wykorzystane zarówno co do czasu pracy, jak i parametrów obróbki. Jest to zagadnienie wymagające doświadczenia technologicznego w projektowaniu tego rodzaju procesów. Korzystne jest to, że suporty wzdłużne i poprzeczne mają niezależne posuwu oraz to, że można stosować specjalne przyrządy wrzecionowe zwiększające lub zmniejszające w efekcie względne prędkości obrotowe u niektórych narzędzi (wierteł, gwintowników, narzynek i rozwiertaków).

Mimo że wielowrzecionowe automaty tokarskie eksploatuje się już od czasu I wojny światowej, coraz bardziej wzbogacając je w wyposażenie narzędziowe rozszerzające zakres możliwości obróbkowych w jednym zamocowaniu przedmiotu, to doświadczenia eksploatacji ograniczyły się głównie do zasad projektowania procesu na te automaty. Dopiero w ostatnich latach po szeregu rozwiązań teoretycznych

(55, 56), prób przemysłu (58) udało się zaproponować metodykę (43), która w sposób łączny podaje zasady projektowania procesu i wyboru parametrów obróbki dla wielowrzecionowych automatów tokarskich.

Sami producenci tych automatów nie oferują odbiorcom ani normatywów technologicznych, ani zasad doboru parametrów. Ogólnym zaleceniem jest, by w ciągu 8 godzin zmiany roboczej na automacie dokonywano 1÷2 wymian 3÷4 podstawowych narzędzi, najbardziej obciążonych procesem skrawania. Tabl. A-161 jest projektem autora w metodycznym uzupełnieniu procedury doboru warunków obróbki w warunkach przemysłu polskiego. Opiera się ona na zasadzie narzędzia limitującego, omówionego w rozdz. 0.III.2.

Bogate wyposażenie narzędziowe pozwala wykonywać na wielowrzecionowych automatach następujące zabiegi obróbkowe:

a) toczenie (tabl. A-162) z normalnych suportów: wzdłużne, poprzeczne i wewnętrzne oraz toczenie wcinowe, jak przecinanie i toczenie kształtowe; (specjalnie ciekawą odmianą jest toczenie poprzeczne wykańczające metodą styczną — poz. 7),

b) toczenie z pomocą przyrządów suwakowych tabl. A-163, mocowanych na suportach wzdłużnych i poprzecznych; przyrządy te dzięki dodatkowym przesunięciom noża w czasie przesuwu suportu umożliwiają obróbkę tych powierzchni, których nie można obrobić z normalnych suportów,

c) wiercenie (tabl. A-164) ze wszystkimi odmianami; interesujące jest to, że tutaj mają zastosowanie przyrządy wiertarskie przyspieszające (dla wiercenia) lub opóźniające (dla rozwiercania) prędkości obrotowe dla skrawających narzędzi,

d) nacinanie gwintów (tabl. A-165) nie tylko tradycyjnymi narzędziami (gwintownikami, narzynkami, główkami gwinciarskimi), ale i nożem w wielu przejściach z pomocą wzornika; ta metoda szczególnie przydatna do obróbki gwintu za kołnierzem, gwintu stożkowego i gwintu dużej średnicy, czego nie można by uzyskać narzędziami tradycyjnymi,

e) wygniatanie (rolowanie) gwintów i radełek (tabl. A-166); zabiegi te mogą być realizowane metodą wzdłużną, poprzeczną jak i styczną; szczególnie interesujące są możliwości wygniatania gwintu metodą wzdłużną główką samootwierającą się (poz. 2), oraz dogładzanie powierzchni rolką (poz. 5).

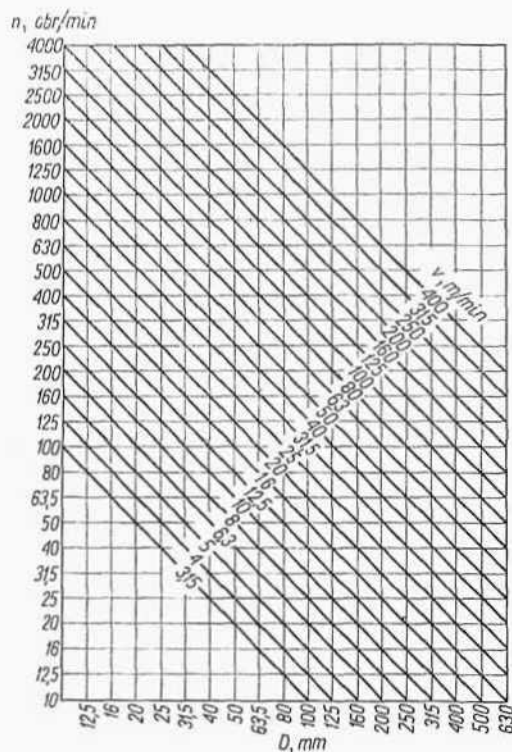
f) specjalnie dzięki różnym dodatkowym przyrządom, mocowanym na suportach wzdłużnych i poprzecznych; (przykłady tych możliwości podano w tabl. A-167); chodzi tu zarówno o obróbkę kształtową (poz. 1, 2, 3), jak i o obróbkę uzupełniającą frezowania i wiercenia (poz. 4 i 5), wykonywaną na odpowiedniej pozycji (zazwyczaj na przedostatniej) przy unieruchomionym wrzecionie przedmiotowym.

W przypadkach wymaganej podwyższonej sztywności przedmiotu, przy niektórych zabiegach toczenia, możliwe jest stosowanie dodatkowych podpór rolkowych, mocowanych niezależnie od narzędzi na suportach wzdłużnych czy poprzecznych i dosuwanych do przedmiotu na czas obróbki.

Znajomość możliwości metod obróbkowych na wielowrzecionowych automatach tokarskich, to tylko wstępny warunek w projektowaniu procesów na te automaty. Istotne jest właściwe rozplanowanie obróbki na wszystkie pozycje obróbkowe przedmiotu, uwzględniając specyfikę poszczególnych metod obróbki, niezbędną kolejność oraz starając się tak wykorzystać narzędzia, aby czas obróbki na poszczególnych pozycjach był w przybliżeniu jednakowy. Wydajność bowiem automatu jest ograniczona wydajnością zabiegu limitującego (patrz wzór [A.12]). Ogólną zasadą jest stosowanie raczej narzędzi prostych, ale łączonych razem do pracy jednoczesnej na danej pozycji obróbkowej. Zazwyczaj taka koncentracja obejmuje na wielowrzecionowych automatach tokarskich nie więcej jak 2—3 narzędzia na jednym suporcie.



W rezultacie projektując proces obróbkowy trzeba jednocześnie przeprowadzać odpowiednie obliczenia, określające wielkość obciążenia każdego narzędzia mierzona ilością obrotów n_0 niezbędnych na wykonanie zaplanowanego zabiegu obróbkowego oraz wstępną prędkość obrotową n skrawania. Sposób obliczeń wielkości n_0 i n podają wytyczne robocze w tabl. A-162÷A-166, pomocą jest rys. A/38.



Rys. A/38. Nomogram do obliczania prędkości obrotowej $n = 318 \frac{v}{D}$ lub szybkości skrawania $v = 0,00314 Dn$

Metodę postępowania zmierzającą do wyznaczenia optymalnej prędkości obrotowej n_w wrzeczona przedstawiono w tabl. A-161. Podstawą wyjściową jest więc karta procesu obróbki, zawierająca szkice obróbki przedmiotu w kolejności wykonywanych zabiegów na poszczególnych pozycjach.

O ile sprawa wyboru posuwu p nie przedstawia problemów, to zagadnienie doboru szybkości skrawania v_T , przy obliczeniowym okresie trwałości ostrza T , wymaga wstępnych wyjaśnień niezależnie od ogólnych informacji w rozdziale 0.III.2.

W tabl. A-161 pkt. 7 podano normatywne okresy trwałości T_m narzędzi, jakie trzeba przyjąć określając okresową szybkość skrawania v_T . U podstaw tych wartości normatywnych czasu T_m jest określona pracochłonność wymiany narzędzi i z nią związany czas postoju automatu. Im więcej narzędzi i_N pracuje na automacie i im większa jest norma obsługi wielomaszynowej N_n , to tym większy powinien być okres

trwałości T . O ile w pierwszym przypadku wynika to z zasady wielonarzędziowości, to w drugim przypadku chodzi o zachowanie możliwości czasowej obsługi ze strony ustawiacza (czy operatora, jeśli on także wymienia i ustawia narzędzia); im więcej automatów obsługuje jeden ustawiacz, to rzadsze muszą być wymiany narzędzi; na poszczególnych automatach. Jeśli wśród pracujących narzędzi większość narzędzi jest bardzo słabo obciążonych, to oczywiście częstość ich wymiany (mimo podwyższenia w pewnym stopniu parametrów eksploatacyjnych) będzie niewielka i tym samym wypadnie mała pracochłonność w okresie jednej zmiany. W takim przypadku możliwe jest przyjęcie mniejszej trwałości podstawowej T_m . Na tych zasadach zbudowana jest tablica zaleconej trwałości T_m w punkcie 7 tabl. A-161. Przyjęto też, że wymiana narzędzia wymaga ustawienia nowego narzędzia na samym automacie i przeprowadzenia próbnej obróbki, licząc co najmniej po 2 sztuki na każdą pozycję, na której dokonano zmiany narzędzi. Przy wymianie większej ilości narzędzi (w systemie wymiany zespołowej po 3÷4 narzędzi) ilość sztuk próbnych nawet się podwaja. Średnio czas takiej wymiany narzędzia zajmuje 6÷15 minut.

Jeśli wprowadzi się system zapasowych narzędzi oprawkowych ustawionych na wymiar poza automatem, a na samym automacie – szybkosprawne imaki, gniazda narzędziowe i śruby mikrometryczne, to podane normatywne okresy trwałości T_m mogą być zmniejszone do połowy, nie mniej jednak jak okres $T_m = 90 \div 150$ min. Średni czas wymiany narzędzia trwa wtedy ok. 1÷2 min plus czas próbnej obróbki 2 sztuk.

Przy pracach w uchwytach, w zakres obliczeń czasu maszynowego cyklu t_{cm} wchodzi określenie czasu pomocniczego t_p na ręczne zamocowanie i zdjęcie przedmiotu na pozycji wyjściowej bębna wrzecionowego. Chodzi o to, by czas ten był mniejszy od czasu cyklu t_{cm} . Na ogół czas t_p jest tej wielkości, że możliwa jest obsługa 2 maszyn przez jednego operatora. Normatywy czasu na mocowanie i zdjęcie przedmiotu podano w tabl. A-189 poz. 1÷4.

Po obliczeniu czasu maszynowego cyklu t_{cm} należy wyznaczyć czas jednostkowy t_{jm} dla automatu. Na ten czas składają się czas pracy automatu t_{cm} i czasy bezczynności t_{bm} uwarunkowane: niepokrytym ręcznym czasem pomocniczym operatora t_{pn} , zużywany na załadowanie pręta i usunięcie jego resztek w przypadku automatów prętowych, niepokrytym czasem obsługi organizacyjnej t_{oon} (czas na początku i końcu zmiany potrzebny na czynności porządkowe) oraz niepokrytym czasem obsługi technicznej t_{otn} , zużywany na wymianę stępionych narzędzi na obrabiarkę. W rezultacie czas jednostkowy t_{jm} dla automatu będzie

$$t_{jm} = t_{cm} + t_{pn} + t_{oon} + t_{otn} \quad [A.15]$$

gdzie: wielkości t_{pn} , t_{oon} i t_{otn} określa się analitycznie na podstawie normatywów w tabl. A-189÷A-192.

W praktyce przyjął się zwyczaj scalonego ujmowania dodatku czasu ($t_{pn} + t_{oon} + t_{otn}$) jako 25÷35% czasu cyklu maszynowego t_{cm} tzn.

$$t_{jm} = (1,25 \div 1,35) t_{cm} \quad [A.16]$$

To uproszczenie wynika z trudności normowania głównie czasu obsługi technicznej niezbędnego na wymianę stępionych narzędzi oraz stosowania systemu obsługi wielomaszynowej o ustalonej na podstawie doświadczeń (częściej z tradycji niezwyfikowanej mimo postępu organizacyjno-technicznego w naszych zakładach) normie obsługi.

Dla ustalenia uzasadnionej normy obsługi N_o , konieczne jest, przynajmniej dla typowych operacji, obliczenie czasu obciążenia operatora i ustawiacza wg normatywów podanych w tabl. A-188÷A-192.

Sposób obliczenia normy obsługi N_o na podstawie czasu obciążenia pracą operatora i ustawiacza regulują odpowiednie metody normowania obsługi wielomaszynowej, uwzględniające też czas oczekiwania automatów na ich obsłużenie, w myśl zasad teorii kolejek.

Do obciążenia operatora wlicza się wszystkie elementy czasu, przez niego zużywane, niezależnie od tego, czy są one pokryte czasem maszynowym automatów, a więc:

- czas pomocniczy związany z zakładaniem pręta czy mocowaniem przedmiotu w uchwycie (tabl. A-189 poz. 1÷4),
 - czas pomocniczy związany z kontrolą jakości produktów pracy automatów (tabl. A-189 poz. 6÷14),
 - czas pomocniczy związany z wyjmowaniem z wianien automatów i porządkowaniem gotowych produktów pracy automatów (tabl. A-189 poz. 5),
 - czas obsługi technicznej związanej z aktywną obserwacją przebiegu pracy na automatach (tabl. A-190 poz. 2),
 - czas obsługi technicznej polegającej na usuwaniu wiórów z automatu (tabl. A-193),
 - czas obsługi organizacyjnej zużywany na początku i końcu zmiany roboczej oraz w czasie zmiany na smarowanie, usuwanie wiórów ze stanowiska, zaopatrywanie się w materiały pomocnicze, rozliczanie roboty, a także pomoc w pracy ustawiacza np. przyniesienie narzędzi do wymiany (tabl. A-191 poz. 1),
 - czas na potrzeby naturalne i na odpoczynek od hałasu (tabl. A-191 poz. 3, 4).
- Część tych czasów oblicza się wprost z normatywów czasu, a część z normatywów wskaźnikowych.

W przypadku obciążenia operatora obowiązkiem wymiany prostych narzędzi i ich ustawieniem, to ten czas wlicza się do normy jego czasu.

Jeśli czas ustawiacza jest normowany np. dla wyznaczenia mu normy obsługi N_o na podstawie typowych robót na automatach, to obliczenie jego obciążenia uwzględnia:

- czas obsługi technicznej dotyczącej wymiany stępionych narzędzi, regulacji stanu obrabiarki, ustawienia nowych narzędzi na obrabiarce, a także zapasowych poza obrabiarką (tabl. A-190 poz. 1),
- czas obsługi technicznej związanej z aktywną obserwacją przebiegu pracy na automatach (tabl. A-190 poz. 2),
- czas obsługi organizacyjnej, zużywanej na instruowanie operatora, dozowanie jakości produktów pracy automatu, zastępowanie operatora w czasie chwilowej nieobecności i inne obowiązki wynikające z organizacji produkcji (20% czasu obsługi technicznej),
- czas na potrzeby naturalne i odpoczynek od hałasu (uwzględnione w dodatku 20% czasu uzupełniającego – tabl. 188 uwaga 2).

Czas przygotowawczo-zakończeniowy t_{pz} dla automatów zależy od ilości narzędzi, ich rodzaju a także czasu maszynowego cyklu obróbki normowanej operacji. Przybliżone oszacowanie tego czasu umożliwiają normatywy czasu w tabl. A-188. W obliczeniu czasu t_{pz} dla ustawiacza uwzględnia się dodatek czasu uzupełniającego wynoszący ok. 20% czasu t_{pz} .