

Józef MATUSZEK
Akademia Techniczno-Humanistyczna w Bielsku-Białej
Wydział Budowy Maszyn i Informatyki
Katedra Inżynierii Produkcji

Tomasz KASPEREK
AVIOMECHANIKA Sp. z o.o.
Kozy koło Bielska-Białej

RACJONALIZACJA CZASÓW PRZEBROJEŃ STANOWISK ROBOCZYCH

Streszczenie. W artykule przedstawiono problem normowania czasów przebrojeń stanowisk roboczych. Pokazano metody normowania czasów, scharakteryzowano czynniki mające wpływ na czasy działań produkcyjnych. Podano tok postępowania w procesach racjonalizacji czasów przebrojenia. Scharakteryzowano przebieg przebrojenia przykładowego stanowiska. Zaproponowano zmiany w pracach przebrojenia, oceniono efekty dokonanych zmian.

RATIONALIZATION OF WORKPLACES CHANGEOVER TIMES

Summary. The article presents the problem of normalization of changeover time at workstation. Basic methods of standardization working times are presented, characterized by factors affecting the times of production activities. Specified course of action in the process of rationalization of changeover times. The process of retooling at sample workstation is described. Changes to the process of changeover are described and their effects are assessed.

1. Wprowadzenie

W procesach harmonogramowania zadań wytwarzania¹ istotne znaczenie ma określanie norm czasów wykonania działań produkcyjnych. Harmonogramowanie umiejscawia w czasie i w miejscu wykonywane działania przy uwzględnieniu dostępności zasobów stanowisk pracy, pomocy warsztatowych, powierzchni itd. Właściwie określone normy czasu są warunkiem sprawnego funkcjonowania przedsiębiorstw oraz racjonalnego wykorzystania maszyn i urządzeń przy uwzględnieniu kwalifikacji i możliwości wykonawczych pracownika. Zagadnienia określania pracochłonności można podzielić na dwie grupy:

1. Pierwsza grupa obejmuje prace związane z przygotowaniem produkcji (prace realizowane w działach rozwoju).
2. Druga grupa zagadnień dotyczy pracochłonności wytwarzania, w tym czasów głównych, pomocniczych, dodatkowych i czasów przygotowawczo-zakończeniowych (operacje obróbki, montażu, przepływu materiałowego na wydziałach produkcyjnych).

Sposób ustalania tych czasów, czyli normowanie uzależniony jest od warunków produkcyjnych danego przedsiębiorstwa, seryjności wytwarzania, złożoności i powtarzalności wykonywanych prac. Na czas trwania poszczególnych czynności mają wpływ czynniki, które można podzielić na: technologiczne (np. wzrost wydajności przez zmiany techniczne), ludzkie (np. wzrost wydajności przez poprawę organizacji), związane z uwarunkowaniami środowiska pracy (np. wzrost wydajności na drodze humanizacji pracy).

Głównymi czynnikami technologicznymi zwiększającymi efektywność wykorzystania czasu pracy są dążenia do doskonalenia technologii², minimalizacja zużycia materiałów, kształtowanie wyrobów, środków produkcji, metod i technik pracy, obniżenie kosztów produkcji, automatyzacja wykonywanych prac.

Czynniki ludzkie głównie są związane z efektywnością organizacji pracy. Koncentruje się ona przede wszystkim na maksymalizacji wykorzystania funduszu czasu pracy, zasobów ludzkich i materialnych w procesie produkcyjnym. Nowe formy organizacji pracy, najczęściej opisywane w literaturze, to: rotacja i rozszerzanie pracy, wzbogacanie treści pracy, praca zespołowa, koła jakości, uelastycznianie czasu pracy, wdrażanie idei szczupłej produkcji, KAIZEN, SMED, 5S, WCM itd.

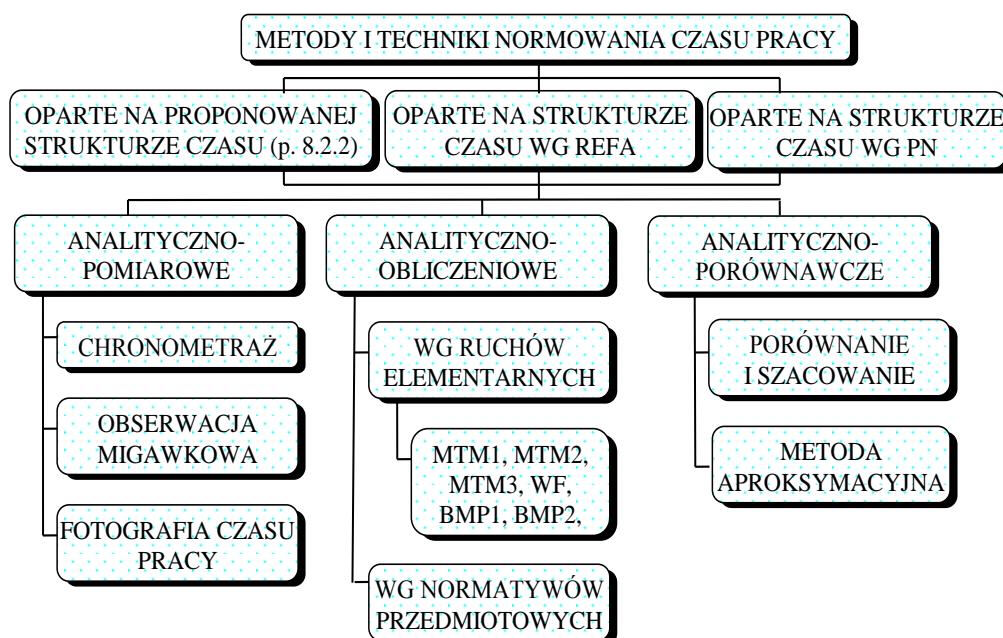
¹ Kutschenreiter-Praszkiewicz I.: Praca doktorska: Metodologia planowania przebiegu prac technicznego przygotowania produkcji elementów maszyn. Wydział Budowy Maszyn. Politechnika Łódzka, Filia w Bielsku-Białej, 2000; Martyniak Z.: Metody organizowania procesów pracy. PWE, Warszawa 1996; Więcek D., Więcek D.: Estimating prime costs of producing machine elements at the stage of production processes design, [in:] Banaszak Z., Gregor M., Matuszek J. (eds.): "Applied Computer Science" Implementation of information systems in enterprises. Žilina 2009.

² Kutschenreiter-Praszkiewicz I.: op.cit.

Środowisko pracy ma duży wpływ na wydajność pracy. Odpowiedni komfort pracy zapewnia wydajność produkcji, przy zachowaniu norm ergonomii pracy.

2. Metody normowania czasów pracy

Dla potrzeb niniejszego artykułu przyjęto podział metod normowania czasu pracy wg REFA³ – rys. 1, wyróżniający: metody oparte na pomiarze czasu rzeczywistego (analityczno-pomiarowe), metody bazujące na wcześniej opracowanych normatywach czasu pracy (metody analityczno-pomiarowe), otrzymane na drodze porównania i szacowania (metody analityczno-porównawcze)⁴.



Rys. 1. Klasyfikacja metod i technik normowania czasu pracy

Fig. 1. Classification of methods and techniques for normalization of working time

Źródło: Kutschenreiter-Praszkiewicz I.: Praca doktorska: Metodologia planowania przebiegu prac technicznego przygotowania produkcji elementów maszyn. Wydział Budowy Maszyn. Politechnika Łódzka, Filia w Bielsku-Białej.

³ Praca zbiorowa: Methodenlehre des Arbeitsstudiums, Teil 2, Datenermittlung. REFA – Verband für Arbeitsstudien und Betriebsorganisation e.V. Carl Hanser Verlag, München 1997.

⁴ Kutschenreiter-Praszkiewicz I.: op.cit.

Metody normowania oparte na pomiarze czasu rzeczywistego⁵

Fotografia czasu pracy. Wykorzystywana jest najczęściej do badania czynności warunkujących przebieg całego procesu. Jest to metoda obserwacji i pomiaru czasu pracy, najczęściej prowadzona w sposób ciągły. Może być prowadzona w ciągu jednej lub kilku zmian roboczych.

Chronometraż. Pomiar czasu trwania cyklicznie powtarzających się wyróżnionych elementów procesu pracy. Wyniki badań chronometrażowych, których wartość poznawcza jest uzależniona od określenia rzeczywistego tempa pracy, zastosowania metod pracy – stanowią materiał do opracowania wzorców nakładów pracy oraz określenia warunków obsługi stanowisk pracy.

Migawkowa obserwacja dnia roboczego. Jest to metoda statystyczna⁶. Polega na identyfikowaniu i zapisywaniu czynności lub zjawisk zaobserwowanych w losowo wybranych, nieregularnych odstępach czasu. Przy odpowiednio dużej liczbie obserwacji rodzaje czynności będą proporcjonalne do udziału czasu zużytego na każdy z tych rodzajów czynności w ogólnym czasie pracy, dzięki czemu można określić przeciętny czas wykonywania czynności danego rodzaju, czas przestojów itp.

Metody bazujące na normatywach czasu pracy (analityczno-obliczeniowe)

Normowanie pracy wg normatywów ruchów elementarnych. W tym pojęciu mieści się grupa metod syntezy ruchów elementarnych. Najpopularniejsza z nich to metoda MTM (Methods-Time Measurement). Oparto ją na następujących założeniach: każda praca składa się z różnych rozpoznawalnych ruchów elementarnych, każdy ruch elementarny ma stałą wartość i średnią wydajność, wartości czasów dla wszystkich ruchów elementarnych zostały dokładnie zmierzone⁷.

Normowanie pracy wg metod analityczno-obliczeniowych⁸. Metody te oparte są na analizie przebiegu procesu i następnie obliczeniu czasu trwania takiej operacji na podstawie posiadanych normatywów czasu na wykonywane czynności ręczne i normatywy technologiczne (parametry decydujące o przebiegu i czasie danej obróbki lub montażu). Obliczenia w metodzie analityczno-obliczeniowej⁹ są wykonywane na podstawie struktury normy czasu i zależą od rodzaju stosowanych normatywów pracy. Na podstawie analizy treści operacji określa się warunki wykonywania kolejnych zabiegów obróbkowych, np. dobór

⁵ Bieniok H.: Metody sprawnego zarządzania. Placet, Warszawa 1997; Dębski D.: Ekonomika i organizacja przedsiębiorstw. Część 2. Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne, Warszawa 2006; Martyniak Z.: op.cit.

⁶ Delfosse M.: Praktyczne zastosowanie metody obserwacji migawkowych. „Ekonomika i Organizacja Pracy”, nr 1, 1960; Praca zbiorowa: Poradnik inżyniera obróbki skrawaniem, tom II. Warszawa 1994.

⁷ Praca zbiorowa: Poradnik..., op.cit..

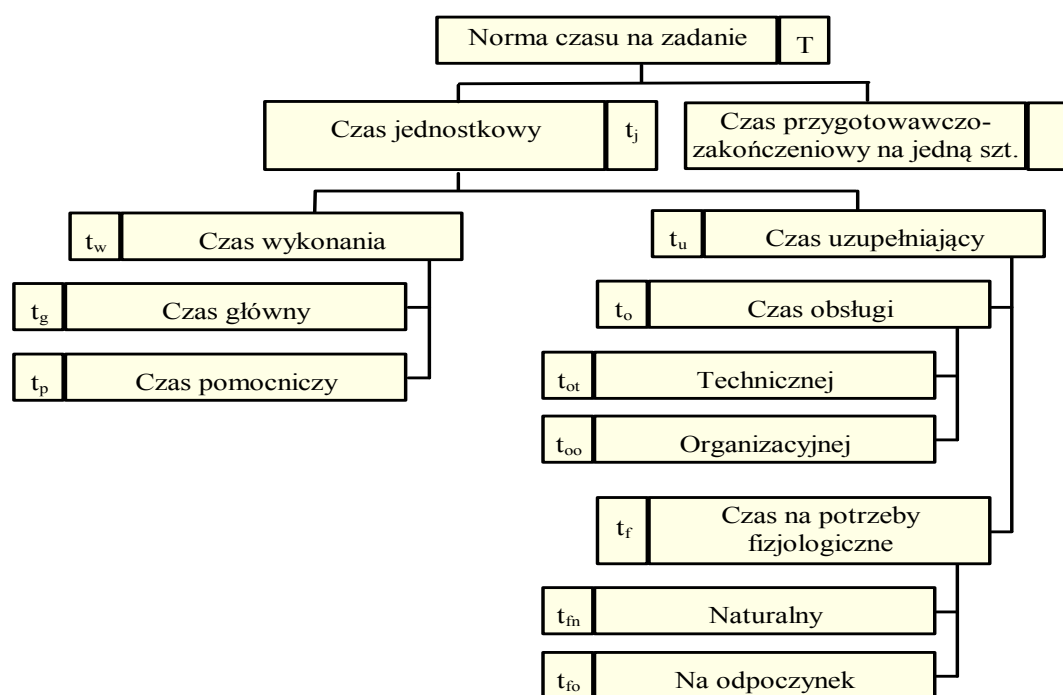
⁸ Praca zbiorowa: Methodenlehre des Arbeitsstudiums, Teil 2, Datenermittlung. REFA – Verband für Arbeitsstudien und Betriebsorganisation e.V. Carl Hanser Verlag, München 1997.

⁹ Ibidem.

narzędzi, liczby przejść, dobiegi i wybiegi, chłodziwo, głębokość posuwu i prędkości skrawania.

Metody analityczno-porównawcze. Metody porównania i szacowania. Metody te stosuje się w przypadku zróżnicowanych i z reguły niepowtarzających się działań. Określanie czasu pracy tą metodą jest stosowane w warunkach produkcji jednostkowej i małoseryjnej¹⁰. Metoda składa się z dwóch podstawowych etapów: porównanie wykonywanych przedmiotów lub czynności w celu ustalenia występujących między nimi różnic lub zgodności.

Czasy przebrojenia są integralną częścią struktury czasu pracy – rys. 2. Współcześnie w wielu przedsiębiorstwach stosuje się inne struktury, dokładniej pozwalające określić poszczególne składniki czasu. Dotyczy to zwłaszcza czasów dodatkowych i uzupełniających.



Rys. 2. Struktura czasu według PN-90/M-01172-I-1

Fig. 2. Structure of time according to standard PN-90/M-01172-I-1

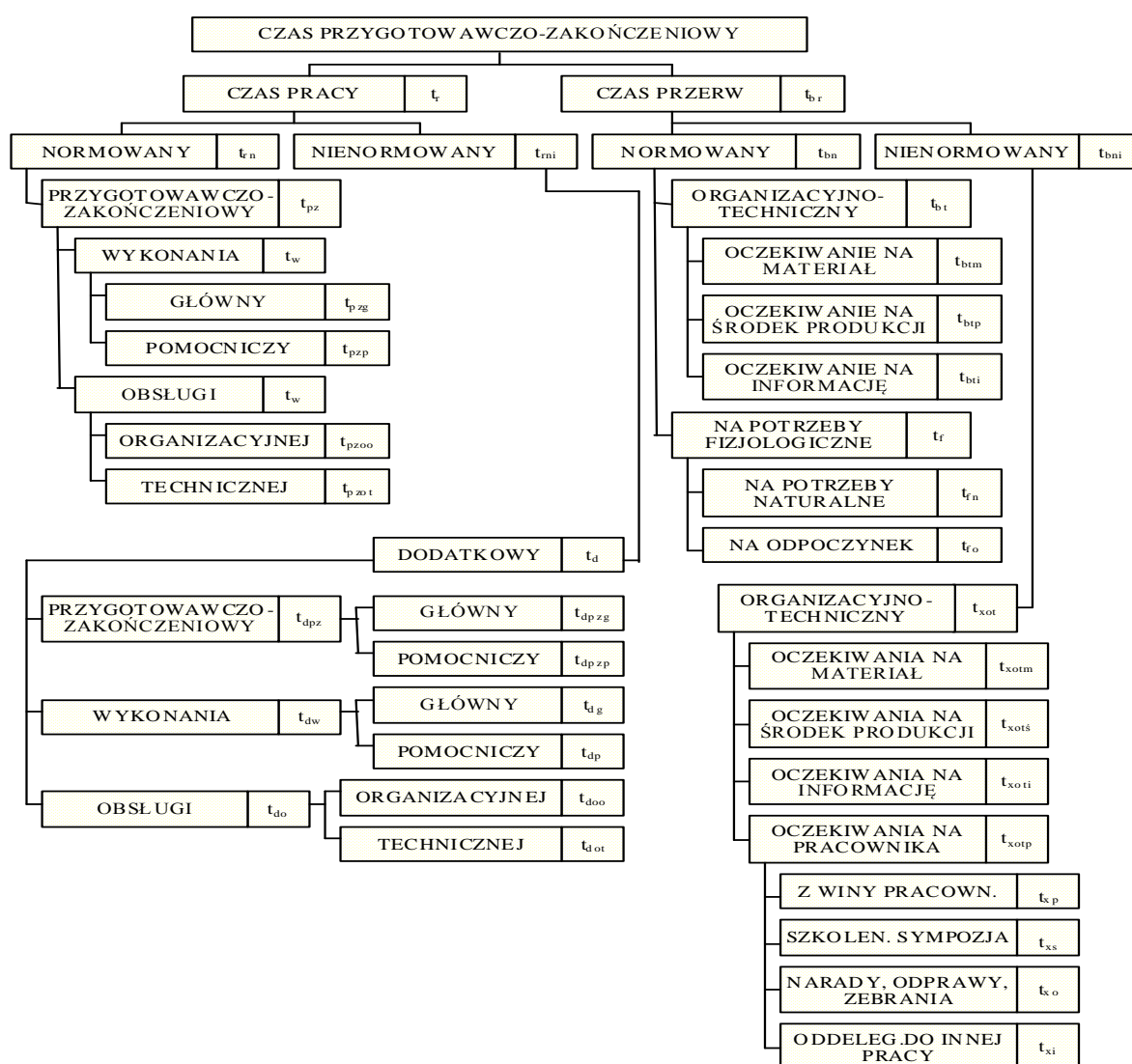
Źródło: według PN-90/M-01172-I-1.

¹⁰ Ibidem.

3. Wybór metody normowania czasu pracy

Wybór metody normowania zależy od wielu czynników. Złożone procesy pracy, wymagające pracowników różnych specjalności oraz środków produkcji, dzieli się na mniejsze odcinki przebiegu procesu produkcyjnego, np.: operacji, zabiegów, przejść, czynności¹¹.

Wybór metody określania pracochłonności jest uzależniony od poziomu szczegółowości analizy procesu produkcyjnego, dokładności wyznaczonych norm oraz od nakładu czasu i kosztów, jakie można poświęcić na ich opracowanie. Z punktu widzenia szczegółowości analizy procesu produkcyjnego, metody te można podzielić w sposób jak na rys. 3.



Rys. 3. Struktura czasów przygotowawczo-zakończeniowych

Fig. 3. Structure of changeover time

Źródło: Aviomechanika Sp. z o.o.

¹¹ Praca zbiorowa: Poradnik..., op.cit.; Praca zbiorowa: Methodenlehre..., op.cit.

Biorąc pod uwagę zakres prac realizowanych w ramach przebrojeń można wprowadzić podział wykonywanych działań wg złożoności prac. Można rozróżnić prace: typowe, adaptowane, modernizowane, nowe, opracowane w formie typoszeregu (np. kilka wyrobów produkowanych na podstawie wspólnych zespołów).

Przy określaniu czasów przebrojeń struktura czasów przedstawiona na rys. 2 jest niewystarczająca – nie ujmuje wszystkich czasów niezbędnych przy kształtowaniu procesów produkcyjnych, w tym czasów przebrojeń.

W strukturze czasów przygotowawczo-zakończeniowych znaczący udział ma czas przeobrażania, związany z czasem normowanym i nienormowanym i wchodzącymi w ich skład czasami uzupełniającymi i dodatkowymi. Pozostałe składniki czasu, jak np. czas odpoczynku i na potrzeby naturalne są pochodną tych czasów¹². Stąd dalszą część artykułu poświęcono zagadnieniu określania czasów przebrojeń, które mogą mieć np. strukturę przedstawioną na rys. 3.

Bazując na metodologii REFA¹³, która od kilkunastu lat jest rozpowszechniana w przedsiębiorstwach, czas pracy na stanowisku roboczym¹⁴ jest dzielony na:

1. Czas normowany, który obejmuje wszystkie te elementy zużycia czasu pracy, które ze względu na swoją istotę wchodzi w skład norm pracy dotyczących wykonania określonego zadania, są to:
 - normowany czas pracy maszyny i czas pracy pracownika niepokryty pracą maszyny,
 - normowany czas przerw.
2. Czas nienormowany, do którego należą wszystkie te elementy zużycia czasu pracy, które są właściwie zbędne i stanowią tylko straty czasu pracy, są to:
 - czas pracy nieprodukcyjnej – czas zużyty przez robotnika na wykonanie czynności nie przewidzianych w zadaniu,
 - czas przerw w pracy z przyczyn organizacyjno-technicznych (dotyczy postojów maszyn),
 - przyczyny techniczne – przyczyną przerw są warunki techniczne zakładu (np. brak energii),
 - przyczyny organizacyjne – przyczyną przerw jest zła organizacja pracy, straty czasu pracy z winy robotnika.

¹² Smakuszewski M.: Wybrane zagadnienia z metodyki normowania czasu pracy. PTE, Warszawa 1984; Strzelecki T.: Organizacja pracy. Politechnika Warszawska, Warszawa 1995.

¹³ Praca zbiorowa: Poradnik..., op.cit.

¹⁴ Praca zbiorowa: Methodenlehre..., op.cit.

Ogólny tok postępowania przy określaniu normy czasowej przebrojeń na stanowiskach roboczych jest następujący:

1. Określenie, czy norma czasowa związana jest z projektowaniem procesu przebrojenia czy dotyczy kształtowania już realizowanego procesu przebrojenia (weryfikacji wcześniej ustalonych czasów).
2. Analiza planowanego procesu lub dotychczasowego stanu przeobrażenia stanowiska. Analiza sposobu określenia norm czasu przebrojeń na stanowisku. Analiza przygotowania narzędzi, oprzyrządowania i innych pomocy do realizacji przebrojeń na stanowisku.
3. Wybór metody kształtowania (racjonalizacji) procesu przebrojenia.
4. Podział czynności związanych z przebrojeniem na zewnętrzne/wewnętrzne, określenie działań związanych z czynnościami zbędnymi. Analiza możliwości zastosowania różnych metod racjonalizacji wykonywanych czynności, np. metody SMED.
5. Opracowanie sposobu wykonywania prac przebrojeniowych.
6. Wdrożenie zgłoszonych propozycji.
7. Przeprowadzenie weryfikacji opracowanych i wdrożonych działań. Określenie norm czasu przebrojenia, czasów przygotowawczo-zakończeniowych.
8. Ciągły monitoring i weryfikacja przedstawionych propozycji ze stanem przed zmianami.

4. Przykład przebiegu procesu przebrojenia przykładowego stanowiska roboczego

Przykład dotyczy kształtowania czasów przebrojenia frezarki 5-osiowej CNC typu MAS MCV 630 w firmie Aviomechanika Sp.z o.o. – rys. 4. Celem racjonalizacji prac związanych z przygotowaniem stanowiska do wykonania operacji na innym wyrobie przeprowadzono następujące działania:

1. Zarządy spółek ANGA Sp. z o.o. i Aviomechanika Sp. z o.o. powołały grupę ekspertów, dokonano wyboru półwyrobu, którego obróbka będzie badana.
2. Sporządzono nagrania wideo obejmujące czas przebrojenia dla wybranej operacji frezarskiej. Przeprowadzono analizę nagrań poszczególnych czynności.
3. Dokonano podziału czynności na grupy zewnętrzne/wewnętrzne (marnotrawstwo 1 typu/marnotrawstwo 2 typu).
4. Zapoznano członków zespołu z dokonanymi nagraniami, zebrano propozycje racjonalizacji wykonywanych czynności.

5. Podjęto decyzje o wykonaniu działań racjonalizujących.
6. Wdrożono części ustaleń, dla niezrealizowanych działań racjonalizujących został przyjęty harmonogram wdrożenia. Przeprowadzono audyt 5S na stanowisku.
7. Porównano czas przygotowawczo-zakończeniowy rzeczywisty z czasem normatywnym.
8. Podjęto decyzje o wdrożeniu dokonanych działań racjonalizujących przy wykonywaniu innych operacji.
9. Powtórnie sporządzono nagrania wideo. Przeprowadzono analizę powtórnego nagrania i porównano uzyskane czasy z czasami poszczególnych czynności sprzed wdrożenia działań racjonalizujących.



Rys. 4. Frezarka 5-osiowa MCU 630V

Fig. 4. 5-axis milling machine MCU 630V

Źródło: KOVOSVIT MAS, a.s., www.kovosvit.cz.

Analizując przebieg wykonywanych prac przy przebrojeniu zaproponowano następujące, przykładowe działania usprawniające proces:

1. Dokonanie zamocowania narzędzi w oprawkach do wykonywania operacji na wyrobach będących w powtarzalnej produkcji i przechowywanie ich z oprawkami w dostosowanych do tego celu szafach narzędziowych (propozycja ta pozwoliła na wyeliminowanie dotychczasowego każdorazowego montażu narzędzi w oprawkach).
2. Kolejną propozycją jest przechowywanie narzędzi z oprawkami na stanowisku pracy, wyeliminowanie zwrotów narzędzi do magazynu spowoduje dodatkowe oszczędności czasu. Proponowane zmiany wiążą się z koniecznością zakupu dodatkowych opravek narzędziowych.

3. Dokumentacja wykonywania procesu powinna zawierać odpowiednio szczegółową informację o typie oprzyrządowania i sposobie jego montażu. Dzięki temu, pracownik będzie mógł przygotować oprzyrządowanie przed rozpoczęciem obróbki.
4. Dokonanie dokładnego pomiaru ustawienia narzędzia poza obrabiarką, przesyłanie informacji o parametrach ustawienia narzędzia do systemu sterowania frezarki celem wykonania odpowiednich korekt przebiegu procesu.
5. Skrócenie czasu oczekiwania na ocenę dokładności wykonywania operacji na stanowisku pracy z Izby Pomiarów na drodze określenia kolejności wykonywania zabiegów pomiarowych umożliwiającą po telefonicznym powiadomieniu pracownika o danym parametrze rozpoczęcie obróbki kolejnej sztuki przedmiotu.
6. Obok stanowiska pracy zaproponowano miejsce na palety z półfabrykatami i wózki z wykonanymi wyrobami, zaproponowano zmianę przeznaczenia szafek warsztatowych – rys. 5.



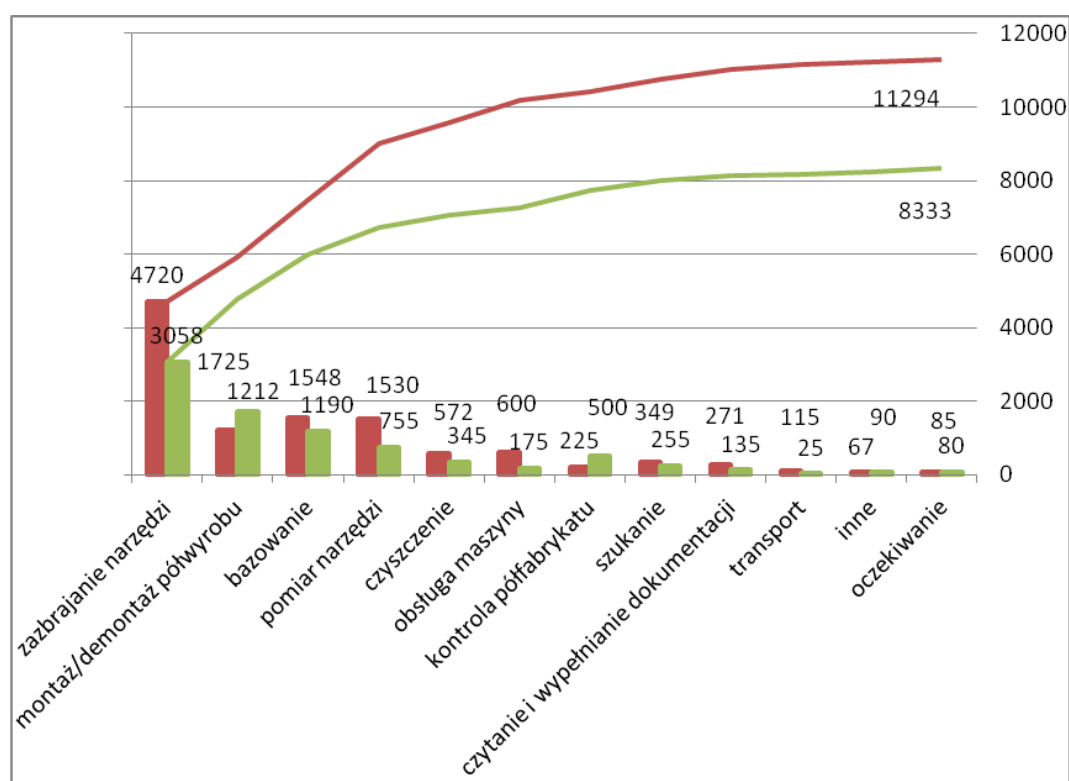
Rys. 5. Szafki narzędziowe

Fig. 5. Tool cabinets

Źródło: Aviomechanika Sp. z o.o.

7. Przeprowadzono analizę czasową (sporządzono harmonogram wdrożeń), przeprowadzono analizę kosztową zaproponowanych zmian. Wdrożone zmiany okazały się opłacalne. Pozostałe, jeszcze niewprowadzone usprawnienia będą wymagały oceny po ich wdrożeniu.

Dla celów analizy czasów przebrojenia przed i po zmianach dokonano na podstawie nagrania wideo porównania czasów wykonywanych prac – rys. 6.



Rys. 6. Porównanie czasów wykonywania operacji – przed i po zmianach (czasy podano w sekundach, lewy słupek – przed zmianą, prawy słupek po zmianach)

Fig. 6. Comparison of times spent for each operation – before and after the changes (times are in seconds, left post – before the change, right post after changes)

Źródło: Aviomechanika Sp. z o.o.

5. Podsumowanie

Czas przebrojenia po wdrożonych zmianach zmniejszył się o 24%. Poniesione działania przyniosły zamierzone skutki. Większa liczba oprawek, a co za tym idzie większa liczba oprawionych i pomierzonych narzędzi gotowych do pracy pozwala operatorom na szybsze przygotowanie maszyny do obróbki. Te działania jednak są też kosztowne i wymagają dodatkowej przestrzeni warsztatu na szafki z narzędziami. Analizując rezultaty pomiarów czasów przebrojenia przed i po wprowadzonych zmianach należy mieć na uwadze specyficzny charakter produkcji małoseryjnej, jaka odbywa się na opisywanym stanowisku. Duża różnorodność obrabianych części, zmienna wielkość serii, znaczne rozbieżności w czasie między seriami tego samego wyrobu wpływają na zmienność czasu przebrojenia. Dodatkowo, poza czynnikami technicznymi na czas działań związanych z przebrojeniem mają wpływ czynniki ludzkie. Skrócenie czasu przebrojenia powinno przynieść inne zaplanowane, a niewdrożone jeszcze działania racjonalizujące. Dalszej poprawy czasu przebrojenia należałoby upatrywać także w działaniach 5S (organizacja stanowiska pracy)

a także w standaryzacji pracy. Uwzględnienie warunków organizacyjnych oraz ich kształtowanie jest możliwe w przypadku zastosowania odpowiednio zbudowanej struktury czasu pracy. Dotychczas stosowana struktura normy czasowej oraz ujęte w niej frakcje czasu nie w pełni odzwierciedlają złożoność procesu wytwarzania, stąd zaproponowano wprowadzenie struktury czasu dla potrzeb opisanego uwarunkowań związanych z wszystkimi zasobami wykonywanych działań.

Bibliografia

1. Bieniok H.: Metody sprawnego zarządzania. Placet, Warszawa 1997.
2. Dębski D.: *Ekonomika i organizacja przedsiębiorstw. Część 2. WSP*, Warszawa 2006.
3. Delfosse M.: Praktyczne zastosowanie metody obserwacji migawkowych. „*Ekonomika i Organizacja Pracy*”, nr 1, 1960.
4. Kutschenreiter-Praszkiwicz I.: Praca doktorska: Metodologia planowania przebiegu prac technicznego przygotowania produkcji elementów maszyn. Wydział Budowy Maszyn. Politechnika Łódzka, filia w Bielsku-Białej, 2000.
5. Martyniak Z.: Metody organizowania procesów pracy. PWE, Warszawa 1996.
6. Praca zbiorowa: *Poradnik inżyniera obróbki skrawaniem, tom II*. Warszawa 1994.
7. Praca zbiorowa: *Methodenlehre des Arbeitsstudiums, Teil 2, Datenermittlung*. REFA – Verband für Arbeitsstudien und Betriebsorganisation e.V. Carl Hanser Verlag, München 1997.
8. Więcek D., Więcek D.: Estimating prime costs of producing machine elements at the stage of production processes design, [in:] Banaszak Z., Gregor M., Matuszek J. (eds.): “Applied Computer Science” Implementation of information systems in enterprises. Žilina 2009.
9. Smakuszewski M.: Wybrane zagadnienia z metodyki normowania czasu pracy. PTE, Warszawa 1984.
10. Strzelecki T.: *Organizacja pracy*. Politechnika Warszawska, Warszawa 1995.

Abstract

The article presents the problem of normalization of changeover time at workstation. Basic methods of standardization working times are presented, characterized by factors affecting the times of production activities. Structure of standard time is presented according to polish standard. New structures of standard time is proposed, thanks to it analysis of

performed changeover actions can be more accurate. Specified course of action in the process of rationalization of changeover times. Exemplary workstation is characterized. The process of retooling at sample workstation is described. Changes to the process of changeover are described. Time of changeover is compared before and after changes. Effects of introduced changes are assessed.