

Mariusz Olszewski
Politechnika Warszawska

**ASPEKT EKONOMICZNY AUTOMATYZACJI CZYNNOŚCI MANIPULACYJNYCH
W DYSKRETNYM PROCESIE PRZEMYSŁOWYCH**

Streszczenie. W pracy zostały omówione cztery formuły oceny efektywności ekonomicznej automatyzacji czynności manipulacyjnych. Działanie formuł zilustrowano przykładami zastosowań maszyn manipulacyjnych. Podano metodę budowy obszaru opłacalności produkcji z zautomatyzowanymi czynnościami manipulacyjnymi.

NOMENKLATURA

AMM		- automatyczna maszyna manipulacyjna,
Ep, Eo	j.p./j.p.	- współczynnik efektywności stosowania AMM w przedsiębiorstwie, ogólnospołecznej,
Fr	godz.	- roczny fundusz czasu pracy robotnika,
I	j.p.	- nakłady inwestycyjne na zakup i zainstalowanie AMM,
Ko, Km	j.p./rok	- koszty bieżące produkcji na danym stanowisku: przed, po zastosowaniu AMM,
Ni, Nir	szt.	- program produkcji: całkowity, roczny wyrobu "i",
Oz	j.p./rok	- oszczędności bieżące zakładowe w zautomatyzowanym wariancie produkcji, wynikające np. z lepszego wykorzystania powierzchni, wydatków na BHP itp
Oso	j.p./rok	- oszczędności bieżące wynikające ze zmniejszenia zatrudnienia, wyrażone w postaci dodatkowego dochodu, jaki zapewnią robotnicy przesunięci do innych zadań produkcyjnych i socjalno-oświatowych,
W	j.p.	- wartość bieżąca przedsięwzięcia inwestycyjnego AMM,
Z	j.p.	- wartość urządzeń wycofanych /- / lub dodatkowo niezbędnych /+ / dla uruchomienia produkcji, po zastosowaniu AMM,
iz		- liczba zmian roboczych wykorzystania stanowiska produkcyjnego,
j.p.		- jednostka pieniężna,
kj		- współczynnik zamienności pracy manipulacyjnej: żywej i maszynowej przy wykonywaniu operacji "j",
nj, nsj		- liczba: robotników, stanowisk produkcyjnych niezbędnych do wykonania operacji "j" w wariancie konwencjonalnym,
r, rg	%	- wartość stopy dyskontowej /oprocentowania kapitału/, graniczna wartość stopy,
s	%	- stawka amortyzacji,
lr, sro	j.p./godz.	- płaca robotnika /operatora AMM/ w wariancie: konwencjonalnym, zautomatyzowanym,
t	rok, godz., s	- czas,
ta	rok	- okres amortyzacji nakładów inwestycyjnych na zastosowanie AMM,
tj	s	- czas jednostkowy wykonania operacji "j", należącej do produkcji wyrobu "i",
tjo	s	- czas wykonywania czynności ręcznych przez robotnika lub operatora w wariancie zautomatyzowanym operacji "j", należącej do produkcji wyrobu "i",
tp	rok	- okres produkcji wyrobu "i".

1. Wprowadzenie

Automatyczne maszyny manipulacyjne /AMM/, którą to nazwą autor obejmuje manipulatory i roboty przemysłowe, uważane są szlusznie za ostatnie ogniwo łańcucha mechanizacji i automatyzacji cząstkowej lub przedostatnie ogniwo automatyzacji kompleksowej dyskretnych procesów produkcyjnych /jeśli ostatnim jest wprowadzenie maszyn sterujących procesem/. Zastosowanie AMM uwalnia człowieka od pełnienia funkcji jednego z elementów bezpośrednio-produkcyjnych, a tym samym związanych z tą funkcją obciążeń fizycznych i psychicznych.

Ogólne warunki wprowadzenie AMM do procesu produkcyjnego są identyczne jak znane z [4] warunki wprowadzenia automatyzacji. Warunki sprzyjające to przede wszystkim:

- brak ludzi do pracy,
- obciążenie człowieka w procesie produkcyjnym,
- duże koszty, niedostateczna jakość oraz wielkość produkcji metodami konwencjonalnymi,
- dysponowanie kadrą naukowo-techniczną oraz dozorem o odpowiednich umiejętnościach,
- dostępność środków automatyzacji, a w danym przypadku maszyn manipulacyjnych, zabezpieczenie serwisu i części zamiennych.

Obserwacja doświadczeń zagranicznych wskazuje, że nie wszystkie przypadki zastosowania AMM są przedsięwzięciami udanymi. Nawet jeśli uporano się pomyślnie z warunkami technicznymi, organizacyjnymi i społecznymi wprowadzenia AMM do procesu produkcyjnego [5], nie zawsze otrzymano dodatnie efekty ekonomiczne. Efekty negatywne, występujące zwłaszcza w pierwszym, niejako doświadczalnym etapie wykorzystania AMM, wynikają bowiem bądź z bezkrytycznego naśladowania wzorów sprawdzonych tylko w określonym typie gospodarki lub przemysłu, bądź z pomijania szeregu istotnych, n.p. ogólnospołecznych, składników oceny.

Dla oceny efektywności zastosowań AMM mogą być wykorzystane cztery formuły:

1. amortyzacji,
2. bieżącej wartości przedsięwzięcia,
3. wartości granicznej stopy dyskontowej oraz
4. opłacalności w płaszczyźnie przedsiębiorstwa i efektów ogólnospołecznych.

2. Formuła amortyzacji

Formuła określa okres amortyzacji ta nakładów inwestycyjnych na zastosowanie AMM i zapisywana jest w uogólnionej postaci:

$$ta = \frac{I + Z}{Ko - Km} \quad (1)$$

Działanie formuły zostanie zilustrowane przykładem zastosowania AMM w kraju produkencie i kraju importerze maszyn manipulacyjnych.

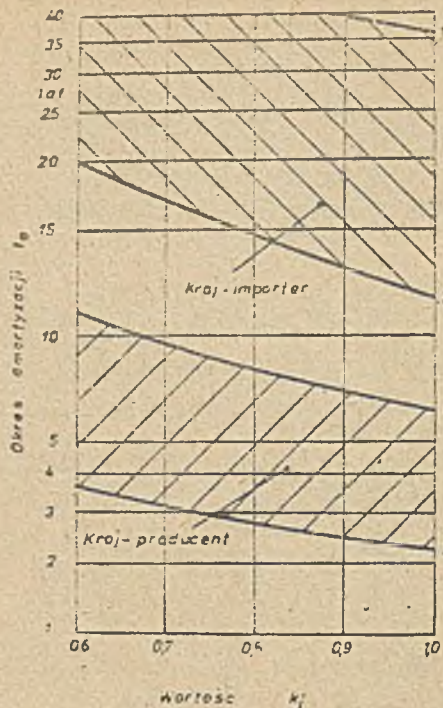
Przyjmijmy, że na stanowisku roboczym, na którym ma być zastosowana AMM, jest wykonywana jedna operacja "j" w czasie t_j , należąca do procesu produkcyjnego wyrobu "i" o przewidywanym okresie produkcji t_p i liczbie wyrobów N_i . Przyjmijmy dalej z dopuszczalnym uproszczeniem, że czas operacji, np. wyznaczony technologią procesu, po zautomatyzowaniu nie ulegnie zmianie, a AMM zastąpi pracę, uprzednio zatrudnionych na stanowisku roboczym przy wykonywaniu operacji "j", n_j robotników tylko częściowo, t_{2j} część operacji w czasie t_{2j} będzie nadal wykonywana ręcznie lub też trakcie wykonywania operacji niezbędny jest nadzór operatorski. Wyrażając częściową zamienność pracy ludzkiej przy wykonywaniu operacji "j" przez współczynnik k_j :

$$k_j = \frac{t_{2j}}{n_j t_j} \quad (2)$$

formuła amortyzacji wyrazi się zależnością:

$$ta = \frac{I + Z}{k_j \cdot n_j \cdot iz \cdot Fr \cdot sr} \quad (3)$$

Niech przykład dotyczy identycznego programu produkcyjnego: $N_i = 427500$ szt. wyrobów w ciągu $t_p = 5$ lat. Operacja "j" wykonywana jest w wariancie



Rys. 1. Ilustracja przykładu do formuły amortyzacji nakładów inwestycyjnych AMM.

kładowy okres produkcji tp / lub po okresie 2,2 lat w przypadku pracy trójzmiannowej. Zakładając identyczny przypadek instalacji importowanej maszyny w kraju importerze, okresy amortyzacji wyniosą odpowiednio 36,0 oraz 12,0 lat. W przypadku pracy jednozmiannowej przekreśla to ekonomiczny sens przedsięwzięcia, a w przypadku pracy trójzmiannowej czyni ten sens problematycznym ze względu na dość szybkie fizyczne zużycie tego typu maszyn.

Wartości wyliczone z formuły amortyzacji są korzystne dla producenta AMM [1,8,9] i spotykane często w zachodnich wydawnictwach reklamowo-katalogowych. Ze względu na fakt, że w formule pomija się szereg istotnych składników oceny, określa ona z dużą niedokładnością rzeczywistą efektywność zastosowań AMM.

3. FORMUŁA BIEŻĄCEJ WARTOŚCI PRZEDSIĘWZIĘCIA

- w pracy [2] proponuje się stosowanie formuły, która uwzględni dodatkowo:
- wartość stopy dyskontowej r /oprocentowania kapitału/ wraz z charakterystyczną dla gospodarki wolnorynkowej możliwością manewrowania tą wartością,
 - bieżące zmiany kosztów eksploatacji, płac itp.

Wartość bieżąca W przedsięwzięcia inwestycyjnego AMM opisuje w tej formule zależność:

$$W = \sum_t \frac{(K_0 - K_m) t}{(1 + r)^t} \quad (5)$$

Podstawą obliczeń formuły jest bilans kosztów produkcji w kolejnych latach wykorzystania AMM, uwzględniający wybrany zbiór składników tych kosztów. W tabl.1 przedstawiony jest taki bilans dla omówionego w poprzedniej formule przykładu zastosowania AMM /w kraju produkencie AMM/ i trójzmiannowej pracy stanowiska. Dodatkowo przykładowo przyjęto:

- konieczność wykonania w ciągu roku, np. 8 przeglądów technicznych AMM

konwencjonalnym przez jednego robotnika w czasie $t_j = 240$ s, co wymaga dla sprostania zadaniom produkcyjnym, przyjmując roczny fundusz czasu pracy robotnika $Fr = 1900$ godz., wykorzystania:

$$n_{aj} = \frac{N_i \cdot t_j}{tp \cdot iz \cdot Fr \cdot 3600} \quad (4)$$

stanowisk roboczych, a tym samym maszyn manipulacyjnych w wariantcie automatyzowanym.

Na rys.1 przedstawiono, dla różnych wartości współczynnika k_j , jedno- i trójzmiannowej pracy oraz dwóch wariantów zastosowań:

- w kraju produkującym AMM /jako kraj odniesienia wartości przyjęto Rep.Federalną Niemiec/, przy czym $I+Z = /90000+10000/j.p.$ oraz $sr = 8$ j.p./godz.,
- w kraju importującym AMM /jako kraj odniesienia przyjęto Polskę/, przy czym nakłady inwestycyjne określono zgodnie z ogólnie znaną procedurą przeliczeń kursu, np. DM na zł - obiegowe: $I+Z = 1700000$ j.p. oraz $sr = 25$ j.p./godz.

Zgodnie z formułą amortyzacji, inwestycja zamortyzuje się w kraju produkencie, w przypadku pełnego zastąpienia człowieka przez AMM oraz jednozmiannowej pracy, po okresie 6,6 lat /a więc przekroczy przy-

Bilans kosztów bieżących produkcji do przykładu formuły bieżącej wartości przedsięwzięcia inwestycyjnego AMM /wartości odniesione do kraju-producenta AMM: w tys.j.p./.

Tab.1

Kolejne lata: inwestycji i eksploatacji AMM (t)		1	2	3	4	5
a. Konwencjonalny wariant produkcji: - koszty pracy	-	45,60	51,07	57,20	64,06	71,25
b. Zautomatyzowany wariant produkcji: - nakłady inwestycyjne na AMM	100,0	-	-	-	-	-
- koszty przeglądów technicznych	-	2,40	2,64	2,91	3,19	3,51
- koszty energii zasilania	-	0,30	0,34	0,38	0,42	0,47
- koszty pracy	-	5,32	5,96	6,67	7,47	8,37
$(K_o - K_m)_t = a - \sum b$	-100,0	37,58	42,13	47,24	52,98	59,40

- o koszcie każdego przeglądu wynoszącym 0,3% kosztu pierwotnego maszyny i zwiększającym się corocznie o 10%,
- wartość współczynnika $k_j = 0,93$ /co odpowiada pracy operatora $t_{j0} = 16$ s/ oraz płacę operatora $s_{r0} = 14$ j.p./godz.,
- zwiększanie się kosztu pracy /płac/ i energii zasilania rzędu 12% rocznie, przy koszcie energii w pierwszym roku eksploatacji 0,3 tys.j.p.

Wyliczone wartości przedsięwzięcia dla różnego oprocentowania r , są przedstawione na rys.2. Poprzednio opisanej formule amortyzacji z pewnym przybliżeniem odpowiada tylko jedna krzywa dla wartości $r = 0\%$.

5. Formuła wartości granicznej stopy dyskontowej

We wspomnianej uprzednio pracy [2] z formuły bieżącej wartości przedsięwzięcia wyprowadzono formułę wartości granicznej stopy dyskontowej rg . Przy pomocy podanego nomogramu /rys.3/, znając wartość nakładów inwestycyjnych, określając lub szacując średnie roczne oszczędności kosztów produkcji oraz wyznaczając iloraz obu powyższych wartości, można wyznaczyć w przybliżony sposób największą wartość graniczną stopy r , przy której następuje w założonym okresie amortyzacji przynajmniej zwrot nakładów. Na rys.3 zaznaczono przypadek omówionego w poprzedniej formule przykładu.

6. Formuły opłacalności

Dla krajowych zastosowań AMM, w oparciu o obowiązujące przepisy finansowe dotyczące oceny ekonomicznej efektywności inwestycji i innych zamierzeń rozwojowych, w pracy [6] Instytutu Automatyki Przemysłowej PW zaproponowano stosowanie dwóch formuł opłacalności:

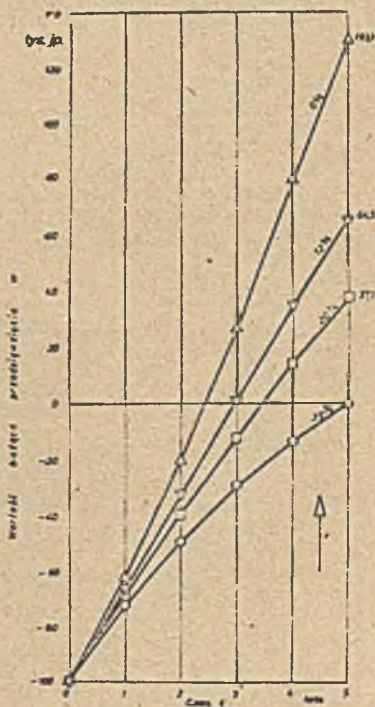
1. w płaszczyźnie efektów przedsiębiorstwa:

$$E_p = \frac{K_o - K_m + O_z}{(I + Z)(r + s)} \quad (6)$$

2. w płaszczyźnie efektów ogólnospołecznych:

$$E_o = \frac{K_o - K_m + O_z + O_{so}}{(I + Z)(r + s)} \quad (7)$$

Opłacalność zastosowania AMM nastąpi wówczas, gdy roczna obniżka kosztów bieżącej produkcji w płaszczyźnie przedsiębiorstwa lub płaszczyźnie ogólnospołecznej, bę-



Rys. 2. Ilustracja przykładu do formuły wartości bieżącej przedsięwzięcia inwestycyjnego AMM

*/wykonanej dla OBR Podstaw Technologii i Konstrukcji Maszyn

dzie większa od nakładów inwestycyjnych sprowadzonych do postaci $(I+Z)(r+s)$, tzn. gdy E_p lub $E_o > 1$.

Podstawą wyliczeń efektywności przedsięwzięcia E_p lub E_o jest sporządzony, podobnie jak dla formuły (5), bilans kosztów, odniesiony jednak do danego roku wykorzystania AMM. W tabl.2 przedstawiony jest bilans kosztów dla omawianego dotychczas przykładu zastosowania AMM /w kraju importera: $I + Z = 1700$ tys.j.p./. Przyjęto identyczne jak dla obliczeń w tabl.1 założenia oraz dodatkowo:

- płacę operatora $s = 40$ j.p./godz. /płaca robotnika bez zmian, tzn. $s = 25$ j.p./godz./,
- szacunkowe oszczędności z tytułu lepszego wykorzystania powierzchni produkcyjnej

/wynikające z zastąpienia stanowiska obsługiwanego przez 3 robotników, jedną AMM/, w wysokości 5 tys.j.p./rok,

- wydziałowe i zakładowe koszty BHP w przeliczeniu na 1 robotnika w wysokości 1,9 tys.j.p./rok,
- wartość akumulacji w przeliczeniu na 1 robotnika 130 tys.j.p./rok,

- koszty z tytułu wydatków socjalno-oświatowych w odniesieniu do 1 robotnika, w przeliczeniu na 1 rok pracy, ok. 10 tys.j.p.

Wyliczone wartości efektywności dla $r = 8\%$ i $s = 14\%$ wynoszą: w płaszczyźnie przedsiębiorstwa $E_p = 0,31$ j.p./j.p., w płaszczyźnie ogólnospołecznej $E_o = 1,43$ j.p./j.p.

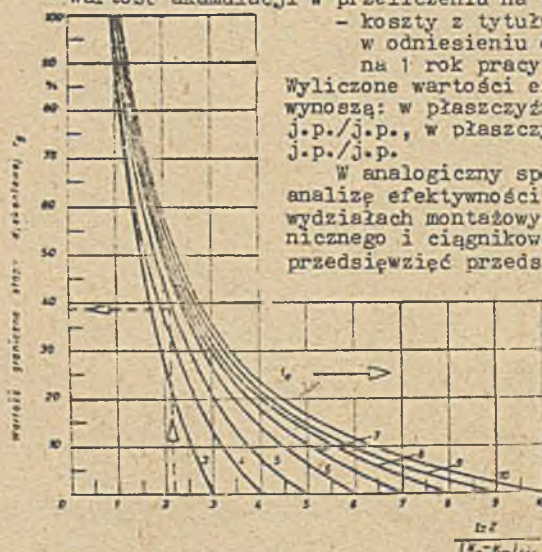
W analogiczny sposób, w pracy [6] przeprowadzono analizę efektywności potencjalnych zastosowań AMM na wydziałach montażowych krajowego przemysłu elektronicznego i ciągnikowego. Efektywność analizowanych przedsięwzięć przedstawiono na rys.4, zaznaczając

dodatkowo przypadek zastosowania dwóch typów AMM o różnych: sterowaniach, programowaniu i napędzie. Z analizy wynika, że z ekonomicznego punktu widzenia poszczególne przedsięwzięcia, zastosowanie AMM, np. w montażu, jest przedsięwzięciem opłacalnym jedynie przy małym koszcie zakupu i instalacji, odpowiadającym najprostszemu typom maszyn, np. stałoprogramowym manipulatorom. Wiąże się to jednak z koniecznością stosowania takich maszyn jedynie w najbardziej zracjonalizowanych technicznie i organizacyjnie rodzajach produkcji [7]. Jednocześnie zastosowanie

Bilans kosztów bieżących produkcji do przykładu formuły opłacalności przedsięwzięcia inwestycyjnego AMM /wartości odniesione do kraju-importera AMM: w tys.j.p./.

Tabl.2

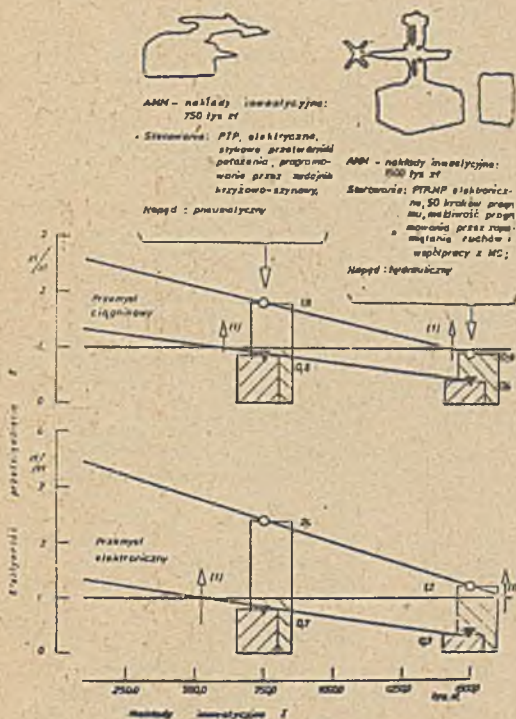
a. Konwencjonalny wariant produkcji: - koszty pracy powiększone o 20% narzut na fundusz płac	171,00
b. Zautomatyzowany wariant produkcji - składniki kosztów w płaszczyźnie przedsiębiorstwa: - koszty przeglądów technicznych - koszty energii zasilania - koszty pracy powiększone o 20% narzut na fundusz płac	40,80 7,50 19,20
c. Oszczędności w zautomatyzowanym wariantcie produkcji - składniki kosztów w płaszczyźnie przedsiębiorstwa: - lepsze wykorzystanie powierzchni - zmniejszone wydatki na BHP	5,00 5,70
d. Oszczędności w zautomatyzowanym wariantcie produkcji - składniki kosztów w płaszczyźnie ogólnospołecznej: - dodatkowa akumulacja - produkcja czysta robotników przesuniętych do innych zadań - koszty wydatków socjalno - oświatowych	390,00 30,00
$Ko - Km + Oz = a - \sum b + \sum c$	114,20
$Ko - Km + Oz + Oso = a - \sum b + \sum c + \sum d$	534,20



Rys.3. Nomogram wartości granicznej stopy dyskontowej rg /według [2] /

nicznie i organizacyjnie rodzajach produkcji [7]. Jednocześnie zastosowanie

AMM w analizowanych procesach montażowych jest z ekonomicznego punktu widzenia społeczeństwa całkowicie opłacalne i to nawet dla technicznie rozwiniętych, a więc drogiej maszyn,



Rys.4. Efektywność ekonomiczna krajowych zastosowań AMM w montażu:

- ▼ - w płaszczyźnie efektów przedsiębiorstwa,
- - w płaszczyźnie efektów ogólnospołecznych,
- (1) - przekroczenie wartości $E = 1$.

nik k_j - częściowego zastąpienia pracy żywej przez prace AMM:

$$t_j = \frac{1}{N_i} \frac{3600 \cdot t_p \cdot (I \pm Z)}{\sum_{t=1}^a \frac{[sr - (1 - k_j) aro]_t}{(1 + rg)^t}} \quad (10)$$

W oparciu o [6], np. wg zależności (6) :

$$t_j = \frac{1}{N_i} \frac{3600 \cdot t_p \cdot (I \pm Z)(r + s)}{sr - (1 - k_j) aro} \quad (11)$$

Wykorzystując założenia przykładu ilustrującego formułę (5) wg tabl.1, na rys. 5a przedstawiono zgodnie z zależnością (10) linię rozgraniczającą /linia "a" dla $rg = 35\%$ /obszar opłacalności produkcji konwencjonalnej /ręcznej/ i zautomatyzowanej /z wykorzystaniem AMM/. Położenie linii rozgraniczającej jest zmienne i zależy od wartości parametrów formuły. Zmniejszenie obszaru opłacalności zastosowań AMM wywołuje zwiększenie:

- wartości stopy dyskontowej r ,
- nakładów na zakup i uruchomienie zautomatyzowanego stanowiska $I \pm Z$,
- kosztów eksploatacji.

Na zwiększenie obszaru opłacalności stosowania AMM wpływa zwiększenie współczynnika zamienności k_j pracy ręcznej i maszynowej.

6. Obszar opłacalności automatyki czynności manipulacyjnych

Istnieje wyraźny związek, określony przez wartości graniczne danej formuły opłacalności ekonomicznej stosowania AMM, pomiędzy dwoma podstawowymi parametrami produkcji:

- czasem jednostkowym wykonania operacji t_j lub oszczędnością czasu pracy robotnika bezpośrednio-produkcyjnego, tzn. różnicą czasów: tj w konwencjonalnym wariacie produkcji i t_{j0} - pracy operatora lub prac. ręcznych w zautomatyzowanym wariacie produkcji oraz
- programem produkcji N_i lub roczną wielkością produkcji $N_{ir} = N_i / t_p$ na danym stanowisku produkcyjnym.

Zależność ta ma ogólną postać:

$$t_j = \frac{1}{N_i} K' \text{ lub } t_j - t_{j0} = \frac{1}{N_{ir}} K'' \quad (8)$$

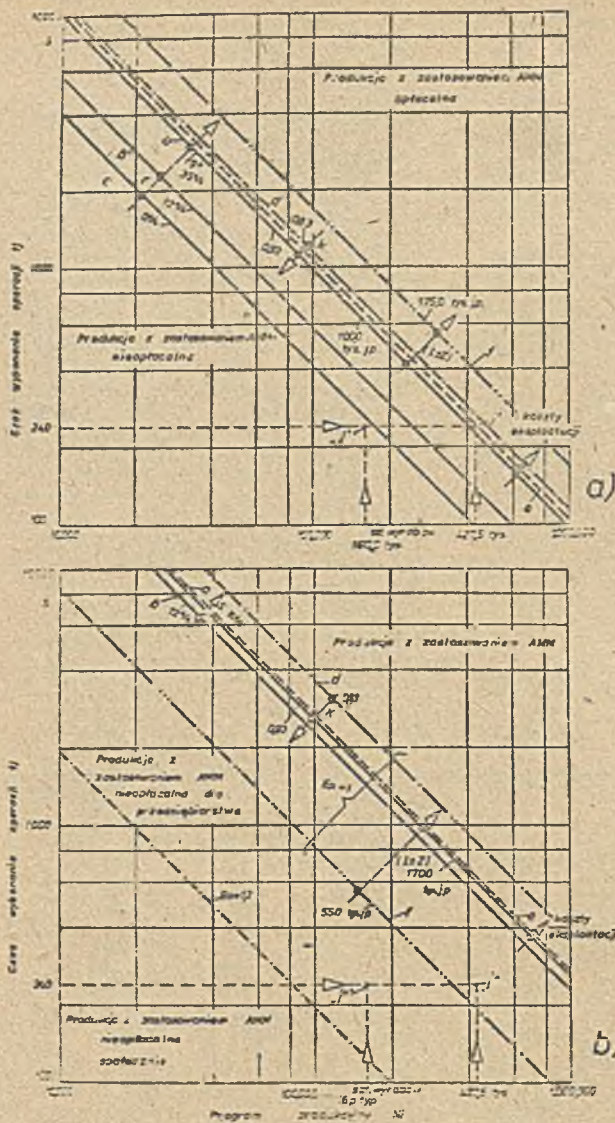
gdzie:

K', K'' - wyrażenia ujmujące pozostałe parametry danej formuły opłacalności.

Na przykład wykorzystując zależność (5) wg [2] :

$$t_j - t_{j0} = \frac{1}{N_{ir}} \frac{3600}{\sum_{t=1}^a \frac{(sr)_t}{(1 + rg)^t}} \quad (9)$$

lub uzupełniając 9 o współczynnik



Rys.5. Ilustracja przykładu rozdziału obszarów opłacalności produkcji konwencjonalnej i produkcji z zastosowaniem AMM:

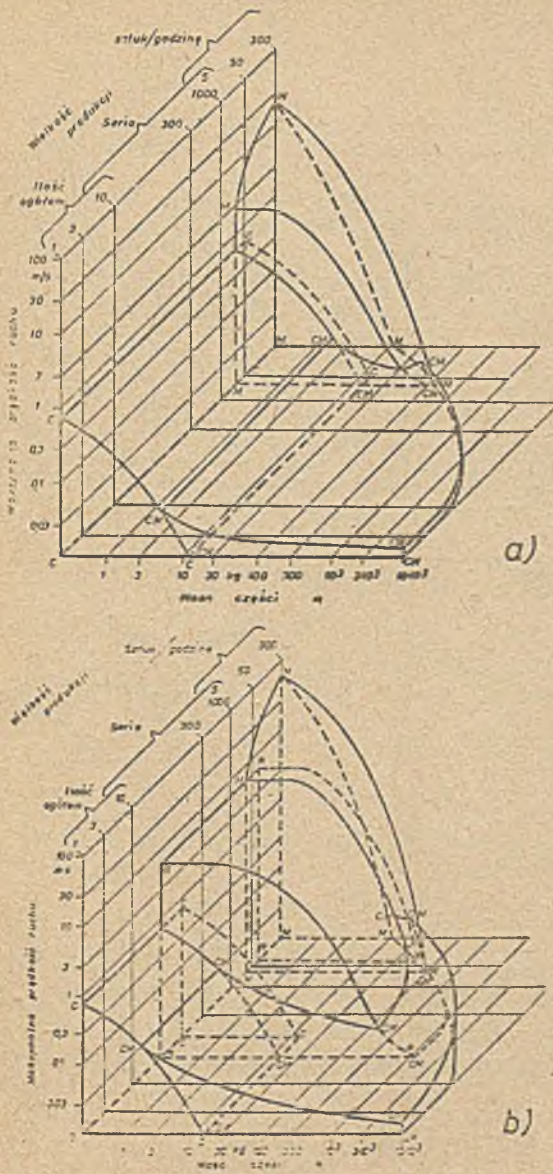
- a - wariant zastosowania w kraju - produkcencie oraz rozdziału wg formuły wartości bieżącej przedsięwzięcia i granicznej stopy dyskontowej rg ,
- b - wariant zastosowania w kraju - importerze AMM oraz rozdziału na trzy obszary wg formuł: opłacalności w płaszczyźnie przedsiębiorstwa $E_p = 1/$ i płaszczyźnie efektów ogólnospołecznych $/np$.
- $E_0 = 1,2/:$
- a, b, c - linie różnych wartości parametrów ekonomicznych $/r, s/$,
- a, d - linie różnych wartości współczynnika k_j zamienności pracy żywej i maszynowej,
- e - linia uwzględniająca koszty eksploatacji,
- a, f - linie różnych nakładów inwestycyjnych $I+Z$.

Analogiczny rysunek /rys.5b/ sporządzony został dla ilustracji zależności (11) przy wykorzystaniu przykładu wg tabl.2 do formuł (6) i (7).

Na obu rysunkach /rys.5a i 5b/ zaznaczono /punkt "j"/ omawiany przypadek procesu produkcyjnego. W pierwszym wariantcie /rys.5a/ zastosowania leży on dokładnie na linii "e" odpowiadającej bilansowi kosztów wg tabl.1 i granicznej stopy dyskontowej $rg = 35\%$. W drugim wariantcie /rys.5b/, przy wysokiej społecznie opłacalności, zastosowanie AMM dla przedsiębiorstwa stanie się opłacalne po dobraniu maszyny o znacznie niższym koszcie /linia "f"/. Zmiana programu produkcji lub innego parametru produkcyjnego, /np. czasu t_j / może spowodować zmianę celowości pozostania w konwencjonalnym lub zautomatyzowanym wariantcie produkcji /punkt "j"/.

Podsumowanie

1. Uwzględniając właściwości kinematyczne, dynamiczne i programowe maszyn manipulacyjnych oraz graniczne parametry [10] typów współczesnej produkcji /rys.6a/, wydaje się, że przestrzeń produkcji z zautomatyzowanymi czynnościami manipulacyjnymi przez stosowanie AMM obejmie [5] produkcję mało-, średnio- i częściowo wielkoseryjną, tzn. z wyłączeniem produkcji jednostkowej obecną produkcję ręczną /rys.6b/, zwiększając zarówno jej wydajność /prędkość ruchu/ jak i zakres /masa przedmiotów manipulowanych/.



Rys. 6. Przerznięcie typów produkcji:
 C - ręcznej,
 CM - ręcznej z urządzeniami wspomagającymi,
 M - z zastosowaniem specjalizowanych maszyn lub linii obróbkowych,
 R - zautomatyzowanej przez stosowanie AMM:
 a - przed wprowadzeniem,
 b - po wprowadzeniu maszyn manipulacyjnych.

2. Racjonalna automatyzacja czynności manipulacyjnych w dyskretnym procesie przemysłowym wymaga wykonania możliwie pełnej analizy technicznej, organizacyjnej i ekonomicznej procesu przed wprowadzeniem maszyny. Decydujące znaczenie dla powodzenia przedsięwzięcia będzie miał wybór odpowiedniego typu maszyny, która nie powinna przewyższać /koszt/ potrzeb produkcji pod względem wartości manipulowanej masy, prędkości ruchu czy dokładności pozycjonowania. Należy przyjąć, że im bardziej zrationalizowany jest proces produkcyjny, tym wymaga prostszego typu maszyny manipulacyjnej [6,7,5].

3. Z punktu widzenia poszczególnego przedsiębiorstwa, automatyzacja czynności manipulacyjnych w warunkach krajowych jest przedsięwzięciem opłacalnym jedynie przy małym koszcie /rzędu kilkuset tys. zł / zakupu i instalacji maszyny oraz zbliżonym do jedności współczynnika ziemienności pracy żywej i maszynowej, co wymaga uprzedniej racjonalizacji technicznej i organizacyjnej czynności produkcyjnych. Jednocześnie w aspekcie ogólnospołecznym efektywność ekonomiczna maszyn manipulacyjnych jest kilkakrotnie większa - zastosowanie maszyny o koszcie 1+2 mln.zł. może być jeszcze opłacalne.

4. Zwiększenie opłacalności zastosowań AMM wymaga optymalnego, przy kryterium maksymalnej wartości współczynnika ziemienności pracy żywej i maszynowej oraz minimalnego czasu wykonywania manipulacji, rozwiązania problemu organizacji stanowiska produkcyjnego z zastosowaniem maszyn manipulacyjnych.

5. Dzięki maszynom manipulacyjnym możliwe jest, podobnie jak w przypadku maszyn i obrabiarek produkcyjnych sterowanych numerycznie, zmniejszenie zatrudnienia. Jednak w odróżnieniu od zastosowań OSN, w których zmniejszeniu liczby pracowników bezpośrednio - produkcyjnych towarzyszy zwiększenie zatrudnienia w technicznym przygotowaniu produkcji, a łączne zmniejszenie zatrudnienia o 1 etat kosztuje ok. 10 mln.zł. [3], stosowanie AMM dla likwidacji niedoboru zatrudnienia jest nieporównywalnie korzystniejsze. Np. na wydziałach montażowych w przemyśle elektro-

walnie korzystniejsze. Np. na wydziałach montażowych w przemyśle elektro-

nicznym i ciągnikowym zmniejszenie zatrudnienia o 1 etat nie powinno pochłoniąć więcej niż 0,4+0,8 mln. zł [6].

LITERATURA

- [1.] Abraham R.G., Beves J.F., Yaroshuk N.: Requirements Analysis and Justification of Intelligent Robots. Proc. 5th I.S.I.R., Chicago, 1975, str.89-111.
- [2.] Benedetti M.: The Economics of Robots in Industrial Applications. The Industrial Robot, 1977, nr 3, str. 109-118.
- [3.] Formankiewicz Cz.: Warunki i efekty stosowania obrabiarek numerycznie sterowanych. Mechanik, 1976, nr 7, str.337-339.
- [4.] Miracki J.: Warunki wprowadzania automatyzacji. Przegląd Mechaniczny, 1977, nr 4, str.113-116.
- [5.] Olszewski M.: Automacyjne maszyny manipulacyjne w procesie produkcyjnym. Mechanik, zgłoszono do druku w 1978.
- [6.] Olszewski M., Barczyk J., Osiniński E.J., Czerski A., Makowiecki T., Żurawski A.: Techniczno-ekonomiczna analiza wybranych procesów technologicznych. W pracy: Koncepcja i założenia techniczne systemu automatycznych manipulatorów montażowych ze sterowaniem programowym. Praca nauk.-badaw. Polit. Warsz. Bibl. Inst. Automatyki Przemysłowej PW, 1976.
- [7.] Olszewski M.: Montażowe manipulatory i roboty przemysłowe. Mater. Konf. Nauk.-Techn.: Mechanizacja i Automatykacja Montażu, nr 305, Warszawa 1976, str.55-71.
- [8.] Warnecke H.J., Schraft R.D.: Einlegegeräte zur automatischen Werkstückhandhabung. Krausskopf-Verlag, Mainz 1973.
- [9.] Warnecke H.J., Schraft R.D.: Industrie - Roboter. Krausskopf-Verlag, Mainz 1973.
- [10.] Wild R.: Mass Production in Engineering. Int. I. Prod. Res., 1974, vol. 12, nr 5, str.533-545.

ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АСПЕКТ АВТОМАТИЗАЦИИ МАНИПУЛЯЦИОННЫХ ОПЕРАЦИЙ В ДИСКРЕТНОМ ПРОИЗВОДСТВЕННОМ ПРОЦЕССЕ

Р е з ю м е

В работе анализируются четыре правила оценки экономической эффективности автоматизации манипуляционных операций. Действие правил проиллюстрировано примерами применений работ. Дан метод конструкции и границы рентабельности производств с автоматизированными манипуляционными операциями.

ECONOMIC ASPECTS OF THE AUTOMATION OF MANIPULATIVE JOBS IN
DISCRETE INDUSTRIAL PROCESS

S u m m a r y

The paper presents four formulae for the estimation of the economic effectiveness of the automation of manipulative jobs. The formulae are illustrated by some examples of manipulators application. A method for the construction of the effectiveness set for an industrial process with automated manipulation jobs is presented.