

Ryszard SAWWA<sup>\*\*\*</sup>, Zbigniew PILAT<sup>\*</sup>, Wojciech CICHON<sup>\*\*</sup>, Tomasz GAŁKA<sup>\*\*</sup>

<sup>\*</sup> Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów

<sup>\*\*</sup> Politechnika Białostocka, Wydział Elektryczny

## O WYBORZE FORMY WSPÓŁCZYNNIKÓW DYSPOZYCYJNOŚCI DLA PROCESÓW Z TECHNOLOGICZNIE UWARUNKOWANYM NISKIM STOPNIEM WYKORZYSTANIA

**Streszczenie.** W artykule przedstawiono kilka nowych form wskaźników oceny dyspozycyjności technicznej i organizacyjnej zautomatyzowanych-zrobotyzowanych systemów produkcyjnych. Ocena taka jest podstawowym elementem usprawniania wykorzystania części składowych i całości systemów. Przedstawiono także wyniki badań symulacyjnych mających na celu wybór najlepszej formy wskaźnika dla systemów o uwarunkowanym technologicznie, niskim stopniu ich wykorzystania (jak np. w tłocznictwie). Zaproponowano najlepszy wskaźnik, który należałoby stosować do oceny takich systemów i ich obsługi w dziedzinie produkcji, ale też i w innych dziedzinach. Automatyczne obliczanie wskaźników powinno być włączone do systemów typu SCADA.

## ON A CHOICE OF THE AVAILABILITY COEFFICIENTS' FORMS FOR THE PROCESSES WITH A LOW UTILIZATION DEGREE, RESULTED BY A TECHNOLOGY CHARACTER

**Summary.** In a paper some new forms of the technical and organizational availability coefficients for automated-robotized production systems evaluation are presented. Such evaluation is a basic factor of the actual utilization improvement of the systems' parts and the whole systems. The results of the simulation aimed at the choice of the best form of the evaluation coefficient for the systems with a low utilization degree, resulted by a technology character (as in e.g. in press forming) are presented. The best coefficients' form is proposed for the evaluation of the systems and their service in production and in other domains is proposed. The on-line calculation of these coefficient should be included of the SCADA type systems.

### 1. Wstęp

Jednym z najbardziej istotnych etapów pracy mającej na celu zautomatyzowanie-zrobotyzowanie obiektu, a w szczególności linii i systemów produkcyjnych, w których pracuje kilka, kilkanaście lub więcej robotów przemysłowych, jest okres uruchamiania i osiągania projektowanej zdolności produkcyjnej. W okresie tym zwykle ujawniają się różne

niesprawności zarówno w dostarczonym sprzęcie i oprogramowaniu automatyki (robotyki), jak i w zastosowanych maszynach i ich oprzyrządowaniu technologicznym, w transporcie międzyoperacyjnym, wydziałowym i między wydziałami fabryki i w wielu innych urządzeniach i procesach. Wszystkie te niesprawności obniżają efektywność pracy zautomatyzowanego systemu produkcyjnego. Jednakże nie wolno zapomnieć, że nieefektywna praca takiego systemu może być spowodowana niedostatecznie sprawną pracą personelu, który ją obsługuje i nadzoruje. Przyczyny przestojów mogą być różne, np.: brak materiałów lub detali na wejściu, brak sprawnego odbioru na wyjściu, niesprawne przebrojenie systemu w przypadku zmiany produkowanego asortymentu części (np. w tłoczni), niesprawny serwis w przypadku niezbędnej wymiany, napraw lub regulacji i wiele innych.

Dla obiektywnej oceny czasów przestojów systemu oraz lokalizacji ich przyczyn pożądane jest automatyczne ich wykrywanie, sygnalizacja i rejestrowanie np. przez sterownik lub/i komputer monitorujący pracę systemu, co nie jest obecnie trudne do realizacji. Taka obiektywna ocena ma dwojakie znaczenie: powoduje sprawniejsze usuwanie przyczyn awarii, umożliwia zobiektywizowaną ocenę przyczyn przestojów, a także ocenę obsługi i organizacji pracy.

W firmie Mercedes-Benz AG, Bremen, przy ocenie wpływu różnych czynników na stopień wykorzystania zautomatyzowanego systemu na tłoczni wydzielono siedem grup rodzajowych przyczyn postojów. Są to: przebrojenie linii pras, awarie w zakresie transportu blach między prasami, naprawa pras, naprawa narzędzi pras, brak materiałów, brak personelu i brak zamówień, przyczyny niezidentyfikowane.

Warto też dodać, że w analizie przyczyn czasów przestojów w jednej z tłoczní we Włoszech, firma Fiat uwzględniała aż 93 przyczyny. Automatyczne wyliczanie wartości dyspozycyjności technicznej i organizacyjnej różnych czynników produkcyjnych, technicznych i organizacyjnych winno być realizowane przez systemy monitorowania i sterowania.

Pomimo dużej dbałości, wysokiej niezawodności i stosowanego sprzętu, oprzyrządowania i oprogramowania sprzętu produkcyjnego, stopień wykorzystania zautomatyzowanych systemów w dyskretnych procesach technologicznych jest różny. I tak dla dobrze pracującego elastycznego systemu produkującego obróbkę skrawaniem dyspozycyjność techniczna powinna osiągać 90-95% nominalnego czasu pracy, a współczynnik wykorzystania systemu powinien mieścić się w granicach 80-88% tego czasu. Ale dla zautomatyzowanych linii pras, nawet w dobrych tłoczniach europejskich, współczynnik

wykorzystania obiektu wynosi średnio rocznie 45-55% nominalnego czasu pracy, co jest uwarunkowane technicznym charakterem technologii.

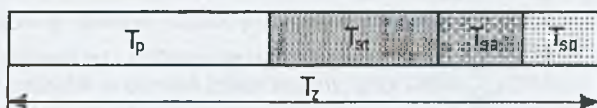
Wpływ przyczyn przestoju na współczynnik wykorzystania systemu można oceniać analizując udział poszczególnych przyczyn w ogólnym czasie przestoju.

Czas przestoju systemu może być spowodowany przyczynami, które nazywać będziemy czynnikami systemu. Można je ująć np. w trzech grupach: sprzęt automatyki i roboty, sprzęt technologiczny, praca personelu obsługi i nadzoru, co nazwiemy czynnikiem organizacyjnym.

Obiektywna i ujednoczona ocena dyspozycyjności poszczególnych czynników systemu, jak automatyka czy technologia oraz ocena efektywności działania odpowiednich służb - sprawność organizacyjna, powodują bardziej efektywne usuwanie przyczyn przestoju. Ocena taka ułatwia bowiem także wywołanie przekonania tych służb odnośnie do konieczności realizowania właśnie przez nie odpowiednich działań.

Sterownik lub/i komputer nadrzędny systemu może obliczać na bieżąco oraz dla zmian dziennych, dni i miesięcy wskaźniki wykorzystania i dyspozycyjności systemu oraz wskaźniki dyspozycyjności dla automatyki, technologii i organizacji lub też dyspozycyjności większej liczby czynników systemu. Szczególnie ważna jest analiza wpływu tych czynników na wykorzystanie systemu, dokonywana dla dłuższych okresów czasu.

### 1.1. Wskaźniki oceny wykorzystania systemu i optymistyczne ( $D_I$ ) wskaźniki oceny jego czynników



Rys. 1.  
Bilans czasu jednej zmiany

Fig. 1.  
One shift time analysis

W przypadku uwzględnienia trzech grup przyczyn przestoju systemu, czas jednej zmiany  $T_z$ , jako najmniejszy okres analizy, dzieli się na cztery części (rys. 1).

Oczywiste jest, że:

$$T_z = T_p + T_{st} + T_{sa} + T_{sn} \quad (1)$$

gdzie:

$T_p$  - czas pracy zautomatyzowanego-zrobotyzowanego systemu [min],

$T_{st}$  - czas przestoju spowodowany przez usterki technologii i ich usuwanie [min],

$T_{sa}$  - czas przestoju spowodowany przez usterki automatyki i ich usuwanie [min],

Stopień wykorzystania obiektu, zgodnie z rys. 1, można określić następująco:

$$W = \frac{T_z - (T_{so} + T_{st} + T_{so} + \dots)}{T_z} = \frac{T_p}{T_z} = \frac{T_p}{T_p + (T_{so} + T_{st} + T_{so})} \quad (2)$$

Ma on również charakter sprawności, bowiem określa stosunek czasu efektywnej pracy obiektu do czasu dostępnego, tj. czasu jednej zmiany, a jednocześnie stosunek czasu pracy obiektu do sumy tego czasu i czasów przestojów.

Jeśli w równaniu (2) wydzielimy część dotyczącą przestojów systemu z przyczyn np. organizacyjnych, to możemy je napisać następująco:

$$W = \frac{T_z - (T_{so} + T_{st})}{T_z} \cdot \frac{T_{so}}{T_z} \quad (3)$$

wtedy wyrażenie:

$$\frac{T_z - (T_{so} - T_{st})}{T_z} = D \quad (4)$$

określa dyspozycyjność techniczną  $D$  systemu. Wskaźnik ten określa, jaką część dostępnego czasu  $T_z$  system pozwala wykorzystać dla efektywnej pracy „technika”, tj. technologa i automatyki. Wyrażenia:

$$\frac{T_z - T_{so}}{T_z} = D_{1a} \quad (5)$$

$$\frac{T_z - T_{st}}{T_z} = D_{1t} \quad (6)$$

określają odpowiednio dyspozycyjność techniczną automatyki  $D_a$  i technologii  $D_t$ .

Analogicznie wyrażenie (7) określa dyspozycyjność organizacyjną:

$$\frac{T_z - T_{so}}{T_z} = D_{1o} \quad (7)$$

Wyrażenia:  $\frac{T_{so}}{T_z}$  i  $\frac{T_{st}}{T_z}$  można nazwać odpowiednio niedyspozycyjnością techniczną

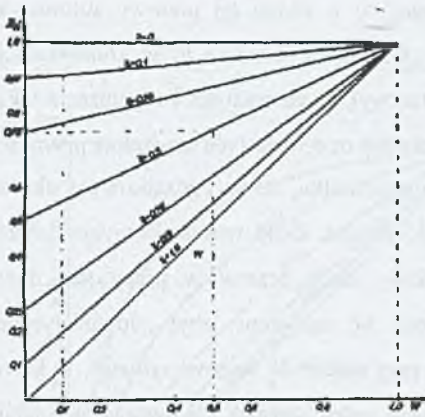
automatyki  $N_a$  i technologii  $N_t$ . Jeśli, analogicznie,  $\frac{T_{so}}{T_z}$  nazwiemy niedyspozycyjnością organizacyjną  $N$ , to:

$$W = D - N \quad (8)$$

Tak więc stopień wykorzystania obiektu jest równy różnicy między jego dyspozycyjnością techniczną i niedyspozycyjnością organizacyjną.

Napiszmy równania (5), (6) i (7) w ogólnej postaci. Wtedy:

$$D_{1t} = \frac{T_z - T_{st}}{T_z} = 1 - \frac{T_{st}}{T_z} \quad (9)$$



Rys.2.

Wskaźnik dyspozycyjności  $D_{ii}$  w funkcji  $W$  przy różnych  $\gamma_i$

Fig.2.

Availability form  $D_{ii}$ , as a function of  $W$ , for various  $\gamma_i$

Mnożąc drugi człon równania (9) przez  $\frac{\sum_{i=1}^n T_{si}}{\sum_{i=1}^n T_{si}}$  i uwzględniając, że  $\sum_{i=1}^n T_{si} = T_z - T_p$ ,

po przekształceniach otrzymujemy, że:

$$D_{ii} = 1 - \frac{T_{pi}}{\sum_{i=1}^n T_{si}} \left(1 - \frac{T_p}{T_z}\right)$$

Jeśli przez  $\gamma_i$  oznaczymy stosunek  $\frac{T_{pi}}{\sum_{i=1}^n T_{si}}$  i uwzględniamy, że  $\frac{T_p}{T_z} = W$ , to ostatecznie

otrzymamy, że:

$$D_{ii} = 1 - \gamma_i (1 - W) \tag{10}^*$$

gdzie  $\gamma_i$  stanowi udział przestoju spowodowanego czynnikiem  $i$ -tym w całkowitym czasie

przebojów w okresie jednej zmiany, przy czym  $\sum_{i=1}^n \gamma_i = 1$ .

Równanie (9) pozwala na określenie, że wskaźnik dyspozycyjności technicznej  $D_{ii}$   $i$ -tego czynnika systemu równy jest stosunkowi różnicy czasu zmiany i czasu przerw w pracy obiektu spowodowanych przez ten czynnik w okresie danej zmiany.

Natomiast równanie (10) pozwala na pogładowe przedstawienie zależności wskaźnika  $D_{ii}$ , od wskaźnika wykorzystania obiektu  $W$  przy różnych  $\gamma_i$ , co pokazuje rys. 2.

Upřednio przyjęliśmy założenie, że jeśli jedna z przyczyn spowoduje zatrzymanie i przerwę w pracy obiektu, to cały czas przerwy zaliczany jest na rachunek tej przyczyny. Oznacza to przyjęcie milczącego założenia, że w czasie tej przerwy, gdyby obiekt pracował,

przerwę w pracy obiektu spowodowała technologia, to w czasie tej przerwy automatyka i organizacja były w pełni sprawne, dyspozycyjne. Co więcej, oznacza to w konsekwencji, że gdyby technologia pracowała (gdyby nie było przerwy), to automatyka i organizacja także pracowałyby sprawnie. Otóż to milczące założenie nie jest oczywiste i nie ma żadnej pewności, że tak by było. W rezultacie prowadzi to do takiego skutku, że w początkowym okresie eksploatacji zautomatyzowanego-zrobotyzowanego systemu, kiedy wskaźniki wykorzystania obiektu  $W$  są małe z powodu różnych czynników, kiedy przerw w pracy jest dużo, a szczególnie gdy są one długie, na ogół uzyskuje się zawyżone, zbyt „optymistyczne” wskaźniki dyspozycyjności. Szczególny przypadek przy niskich  $W$  stanowi sytuacja, w której małe wykorzystanie obiektu powodowałby głównie jeden czynnik. Wówczas wskaźniki dyspozycyjności byłyby raczej obiektywne, bowiem przerwy w pracy systemu powodowane przez inne czynniki byłyby bliskie zeru.

Z tego, co powiedzieliśmy wyżej, wynika jednocześnie, że wskaźniki dyspozycyjności  $D_a$ ,  $D_b$ ,  $D_o$  są tym bardziej obiektywne, im wyższe są wskaźniki wykorzystania systemu  $W$ , gdy czas pracy obiektu  $T_p$  jest bliski czasowi  $T_z$ .

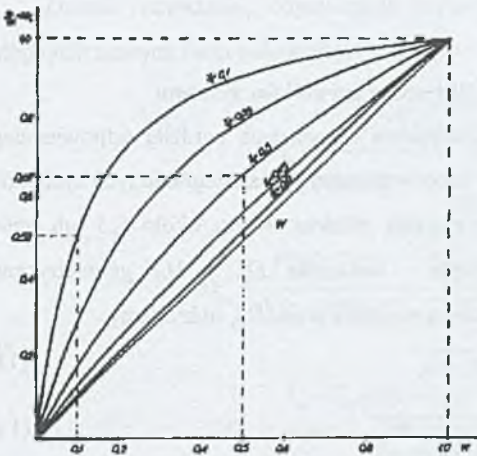
### 1.2. Pesymistyczne ( $D_2$ ) wskaźniki oceny czynników systemu

Skorygujmy diskutowane wyżej założenie w sposób skrajnie pesymistyczny, tzn., że w okresie będącym odpowiednikiem czasu przestoju systemu z powodu jednego z czynników (np. automatyki) inne czynniki (a więc technologia i organizacja) też mogłyby spowodować przestój, gdyby w okresie tym system pracował. I dalej: jednak faktycznie nie wiemy, czy w okresie przestoju z powodu np. automatyki, technologia lub organizacja byłyby sprawne, czy mogłyby pracować przez cały okres przerwy, czy też przez część tego okresu. Prowadzi to do konkluzji, że jeśli chcemy uniknąć tej niepewności przy obliczaniu dyspozycyjności technicznej danego czynnika systemu, czas stracony na przerwy z powodu tego czynnika należy odnosić do czasu zmiany pomniejszonego o straty z powodu innych czynników. Zobaczmy, do jakich rezultatów na podstawie takiej korekty pierwotnego założenia dojdziemy. Po odpowiednich przekształceniach równań (5), (6) i (7) otrzymamy postać „pesymistycznego” wskaźnika  $D_2$  dla  $i$ -tego czynnika:

$$D_{2i} = \frac{T_p}{T_p + T_{st}} = W_i \quad (11)$$

Jeśli do równania (11) zastosujemy podobne przekształcenia, jakie wykonano dla wyprowadzenia równania (10), to otrzymamy, że:

$$D_{2i} = \frac{W}{W + \gamma_i(1-W)} = W_i \quad (12)$$



Rys.3.

Wskaźnik dyspozycyjności  $D_{2i}$  w funkcji  $W$  przy różnych  $\gamma_i$

Fig 3.

Availability form  $D_{2i}$ , as a function of  $W$ , for various  $\gamma_i$

Rys. 3 przedstawia zależność wskaźnika dyspozycyjności technicznej ( $D_{2i}$ ) i-tego czynnika i wykorzystania tego czynnika przy założeniu skorygowanym pesymistycznie w zależności od wskaźnika wykorzystania obiektu  $W$ .

Z porównania rys. 2 i rys. 3 widać wyraźnie, że przy dużych wskaźnikach wykorzystania  $W$ , przy skrajnie skorygowanym założeniu początkowym (że nic nie wiemy o zachowaniu się innych czynników systemu w okresie przerwy w pracy obiektu spowodowanej przez i-ty czynnik), przy tych samych  $\gamma_i$  wartości wskaźników dyspozycyjności technicznej  $D_{2i}$  danego czynnika niewiele różnią się od wartości  $D_{1i}$  przy założeniu nie skorygowanym. Dla  $W > 0,5$  oceny eksploatacyjne określone przez wskaźniki  $D_{1i}$  i  $D_{2i}$  są bliskie i coraz bliższe, im większe jest  $W$  oraz im mniejsze jest  $\gamma_i$ . Dlatego dla obiektów o wysokim  $W$  można stosować obydwa wskaźniki. Natomiast przy małych  $W$  i małych  $\gamma_i$  różnice między wartościami  $D_{1i}$  i  $D_{2i}$  są znaczne. Uniemożliwia to prawidłową analizę jakości czynników takiego systemu jak tłocznia, nawet dobrze pracująca. Ogólnie możemy stwierdzić, że dla systemów, których długookresowy średni wskaźnik wykorzystania wynosi około 0,5, lub mniej, stosowanie wskaźników  $D_{1i}$  oraz  $D_{2i}$  jest kontrowersyjne dla oceny eksploatacyjnej poszczególnych czynników obiektu, bowiem wskaźniki dyspozycyjności technicznej  $D_{1i}$  dają oceny zbyt optymistyczne, a wskaźniki  $D_{2i}$  dają oceny zbyt pesymistyczne. Oba te wskaźniki są znane i stosowane.  $D_{1i}$  - dla ESP skrawania, a  $D_{2i}$  - w tłoczniach, ale jak widać, żaden z nich nie jest odpowiedni dla obiektów o małym  $W$ . Problem znalezienia możliwie najbardziej

obiektywnej oceny wyników w czasie robotyzacji linii pras średnich 300 t w FSM (obecnie Fiat-Auto Poland), podczas uruchamiania kompleksu 6 pras z 7 obsługującymi je robotami IRb-60, realizowanej przez PIAP.

### 1.3. Uśrednione geometrycznie wskaźniki ( $D_3$ ) oceny czynników systemu

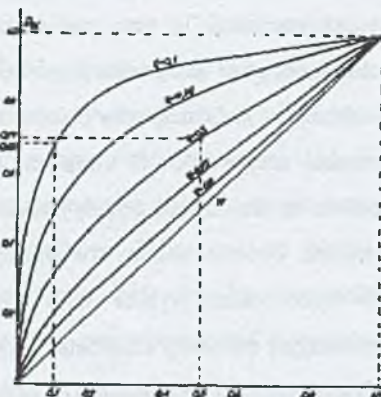
Wyniki powyższe skłaniają nas do znalezienia rozwiązania bardziej odpowiedniego dla rzeczywistości eksploatacyjnej systemów, które analizujemy, a szczególnie tych systemów, dla których długookresowy wskaźnik wykorzystania obiektu wynosi około 0,5 lub mniej. Najprościej możemy to osiągnąć uśredniając wskaźniki  $D_{1i}$  i  $D_{2i}$  geometrycznie. Wtedy, oznaczając ten uśredniony wskaźnik  $i$ -tego czynnika przez  $D_{3i}$ , otrzymamy:

$$D_{3i} = \sqrt{D_{1i} \cdot D_{2i}} \quad (13)$$

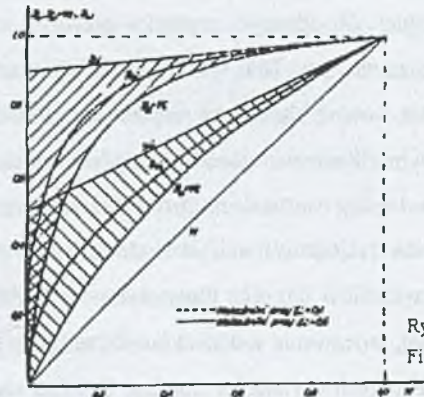
lub:

$$D_{3i} = \sqrt{W \frac{1 - \gamma_i(1 - W)}{W + \gamma_i(1 - W)}} \quad (14)$$

Rys. 5 przedstawia wskaźniki dyspozycyjności technicznej: optymistyczny, pesymistyczny i uśredniony, w zależności od wskaźnika wykorzystania systemu  $W$  przy  $\gamma_i=0,1$  i  $\gamma_i=0,5$ . Widać, że dla tych systemów, których wartość długookresowego wskaźnika wykorzystania wynosi około 0,5 lub mniej, dla określenia wskaźników dyspozycyjności technicznej każdego z czynników obiektu, bardziej celowe jest stosowanie wskaźnika  $D_{3i}$ , wg wzoru (13) lub (14).



Rys. 4.  
Fig. 4.



Rys. 5.  
Fig. 5.

Rys. 4. Wskaźnik dyspozycyjności  $D_{3i}$  w funkcji  $W$  przy różnych  $\gamma_i$

Fig. 4. Availability form  $D_{3i}$  as a function of  $W$ , for various  $\gamma_i$

Rys. 5. Wskaźniki dyspozycyjności  $D_{1i}$ ,  $D_{2i}$ ,  $D_{3i}$  w funkcji  $W$  przy  $\gamma_i=0,1$  i  $\gamma_i=0,5$ .



#### 1.4. Pesymistycznie ( $D_i$ ) i optymistycznie ( $D_{si}$ ) skorygowane wskaźniki oceny czynników systemu

Dalsze rozważania, odpowiednie korekty i przekształcenia prowadzą do dwóch następujących, nowych form wskaźników [4]:

$$D_{4i} = \frac{T_p + W_i \left( \sum_{i=1}^n T_{si} - T_{si} \right)}{T_p + T_{si} + W_i \left( \sum_{i=1}^n T_{si} - T_{si} \right)} \quad (15)$$

$$D_{4i} = \sqrt{\frac{W}{\gamma_i + W[1 + \gamma_i^2(1 - W) - \gamma_i(2 - W)]}} \quad (16)$$

oraz

$$D_{3i} = \frac{T_z - T_{si} - [(1 - D_{1i}) \cdot \left( \sum_{i=1}^n T_{si} - T_{si} \right)]}{T_z} \quad (17)$$

$$D_{3i} = \gamma_i W(1 - W) + [1 - \gamma_i(1 - W)]^2 \quad (18)$$

Analogicznie, jak to uczyniliśmy w stosunku do wskaźników bez korekty ( $D_{1i}$  i  $D_{2i}$ ), narzuca się możliwość geometrycznego ich uśrednienia, tzn., że można określić kolejny wskaźnik:

$$D_{6i} = \sqrt{D_{4i} \cdot D_{3i}} \quad (19)$$

W [4] ujęte są również znalezione wyrażenia wiążące ze sobą różne rodzaje wskaźników.

## 2. Symulacja komputerowa wskaźników oceny wykorzystania systemu

W celu symulacji komputerowej wskaźników oceny dyspozycyjności napisano program, za pomocą którego możliwe jest zbadanie zachowania się ich przy różnej liczbie czasów przestoju  $T_{si}$ . Ponadto, po zadaniu liczby czasów przestoju, można ustawić (lub wylosować) poszczególne udziały przestoju  $\gamma_i$ . Możliwe jest również przeanalizowanie i wybór najlepszego spośród wszystkich wskaźników. Jako kryterium wyboru zastosowano minimalizację wyrażenia [5]:  $Q = W - \eta$ , gdzie  $\eta = D_{k1} \cdot D_{k2} \cdot \dots \cdot D_{ki} \cdot \dots \cdot D_{kn}$  i  $k$ -rodzaj wskaźnika, a  $i$ -czynnik systemu.

Podobnie jak wcześniej, symulację przeprowadzono dla trzech przyczyn przestoju systemu, mianowicie: 1. przestój spowodowany przez sprzęt automatyki i robotyki, 2. przestój spowodowany przez sprzęt technologiczny, 3. przestój spowodowany przez niewłaściwą pracę

personelu i nadzoru (czynnik organizacji). Odpowiednio dla nich ustalono następujące udziały przestojów:  $\gamma_1=0,01$ ,  $\gamma_2=0,8$ ,  $\gamma_3=0,19$  ( $\sum_{i=1}^3 \gamma_i = 1$ ). Po przeprowadzeniu analizy, jak można było przypuszczać, żaden z dwóch pierwszych wskaźników ( $D_1$ -opymistyczny,  $D_2$ -pesymistyczny), nie okazał się najlepszy. Najlepszy okazał się wskaźnik  $D_3$ , czyli geometryczne uśrednienie wskaźników  $D_1$  i  $D_2$ . Powyższa analiza przeprowadzona została dla zakresu zmienności  $W = 0,2 \div 0,6$ .

Następnym krokiem było ustalenie innych (równych) wartości udziałów przestojów  $\gamma_i$ . Przyjęto:  $\gamma_1=1/3$ ,  $\gamma_2=1/3$ ,  $\gamma_3=1/3$ . Podobnie jak w poprzednim przypadku najlepszy okazał się także wskaźnik  $D_3$ . Jednak przy niewielkiej zmianie (w dół lub w górę) zakresu  $W$ , dla której przeprowadzana była symulacja, najlepszy ze wszystkich wskaźników okazywał się wskaźnik  $D_5$ , czyli skorygowany optymistycznie wskaźnik  $D_1$ . Dalsze zmiany zakresu  $W$  nie powodowały już zmiany wyboru najlepszego wskaźnika oceny wykorzystania systemu.

Przeprowadzona została również symulacja dla 100 przyczyn przestojów systemu. W tym przypadku poszczególne wartości udziałów przestojów  $\gamma_i$  zostały wylosowane. Przeprowadzona następnie analiza wykazała, że niezależnie od wyboru zakresu  $W$ , czyli od 0 do 1, najlepszy okazał się wskaźnik  $D_5$ .

Zasymulowano również zachowanie się poszczególnych wskaźników w okresie całego roku pracy zautomatyzowanego-zrobotyzowanego systemu, z uwzględnieniem różnej liczby przyczyn przestojów. Uzyskane wyniki potwierdziły tutaj dominację wskaźnika  $D_5$ .

Z komputerowej symulacji wskaźników oceny wykorzystania systemu wynika, że najlepsze, najbardziej wiarygodne i najbardziej miarodajne są dwa wskaźniki:  $D_3$  i  $D_5$ . Trudno wskazać jednoznacznie, który z nich powinien być stosowany w praktyce, gdyż różnice w wynikach uzyskanych z symulacji są bardzo niewielkie, a wobec tego można je uznać za równoważne. Ponadto, w czasie symulacji korzystano z danych losowych, które mogły nieznacznie wpływać na otrzymywane wyniki. Proponujemy zatem stosować w pierwszej kolejności nowy wskaźnik  $D_3$ , jako najbliższy znanym wskaźnikom  $D_1$  i  $D_2$ , a następnie także nowo proponowany wskaźnik  $D_5$ .

## LITERATURA

1. Pilat Z., Sawwa R.: Zadanie rejestracji i przetwarzania danych dla linii produkcyjnych w tłoczniectwie. Biuletyn PIAP Nr 1-177, 1995r.

2. Sawwa R.: Robotyzacja linii 6 pras średnich 300t. Osiągnięte wyniki. Biuletyn PAIP Nr 2-166, 1993r.
3. Grześlak J., Łukasik E., Sawwa R., Świder S.: Doświadczenia z wdrożenia zrobotyzowanej linii pras w FSM Tychy. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, Automatyka, Z110, Gliwice, VIII KKA DPP, Kazubnik, 1992r.
4. Sawwa R., Dwojak S.: O ocenie eksploatacyjnej zautomatyzowanych-zrobotyzowanych systemów produkcyjnych. Biuletyn PIAP Nr 6-158, 1991r.
5. Bator F.: Sterowanie procesem produkcyjnym na przykładzie parku obrabiarek. Praca VII Krajowej Konferencji Automatyki, Rzeszów, 15-17 września 1977r., tom II.

Recenzent: Dr hab.inż. Mirosław Zaborowski, prof.Pol.Śl.

### Abstract

The evaluation of the equipment in production systems, performed permanently is a very important factor of a process improvement by monitoring and operation control. It enables to find impartially the most important downtimes reasons and then helps to improve the process actual utilization. It enables also to evaluate impartially the work of the various services responsible for the system's efficiency.

In the processes with a low actual utilization, as for example in a press forming, where the actual utilization coefficient is not higher than 0.5, the simplest, so far known forms of the technical availability coefficient results with „too optimistic” or „too pessimistic” estimations.

In the paper, the new forms of availability coefficient are presented, and based on the computer simulation, a chosen, „best” form of the coefficients is proposed.

The investigation had been undertaken with connection to the automation-robotization of the 6 press line of 300t in the car factory in Tychy, Poland. Robotization was made by Industrial Research Institute for Automation and Measurement - PIAP some years ago. The proposed coefficients' forms may be used also for any system, especially with a low actual utilization, technically limited.

It is advisable to introduce, calculated on-line, the proposed, new coefficient forms into the process supervisory monitoring and control systems as e.g. SCADA type systems.