

Bogusław Mitura

SGGW AR

STEROWANIE PROCESAMI PRODUKCYJNYMI W LINII PRODUKCYJNEJ Z UWZGLĘDNIENIEM ZAKŁÓCEŃ ORAZ REZERW ZABEZPIECZAJĄCYCH PRZED SKUTKAMI ZAKŁÓCEŃ

Streszczenie. W referacie omówiono przeprowadzone badania dotyczące sterowania dyskretnymi procesami produkcyjnymi w wybranych liniach produkcyjnych przemysłu meblarskiego z uwzględnieniem zakłóceń oraz rezerw zabezpieczających przed skutkami zakłóceń.

1. Wstęp

Jednym z istotnych problemów występujących w sterowaniu procesem produkcyjnym w linii jest zagadnienie zakłóceń procesu produkcyjnego. Zakłócenia powodują powstawanie odchylenia pomiędzy planowanym a rzeczywistym przebiegiem procesu produkcyjnego. Wymiernym tego efektem jest mniejsza wielkość produkcji, wyższe koszty oraz mniejsza wartość produkcji.

Jednym ze sposobów zmniejszenia negatywnego wpływu zakłóceń na proces produkcyjny w linii jest zastosowanie rezerw zabezpieczających przed skutkami zakłóceń. Wymaga to przeprowadzenia wcześniejszej charakterystyki występujących zakłóceń oraz określenia uzasadnionych rodzajów i wielkości rezerw zabezpieczających. Przykładowo, rezerwy zabezpieczające mogą mieć postać: rezerwy czasu w harmonogramie pracy linii, rezerwy materiałów i surowców, rezerwy pracowników linii czy rezerwy samej linii produkcyjnej.

Metodą umożliwiającą określenie uzasadnionych rodzajów i wielkości rezerw zabezpieczających przed skutkami zakłóceń jest komputerowa symulacja pracy linii produkcyjnej z uwzględnieniem występujących zakłóceń procesu produkcyjnego oraz rzeczywistych parametrów dotyczących pracy linii.

W referacie omówiono przeprowadzone badania 6 wybranych linii produkcyjnych firmy Gabbiani i Homag w Wyszowskich oraz Jarocińskich Fabrykach Mebli. Celem tych badań było: określenie rodzajów i wielkości zakłóceń procesu produkcyjnego, określenie uzasadnionych rodzajów i wielkości rezerw zabezpieczających przed skutkami zakłóceń oraz ocena wyników pracy linii z zastosowaniem uzasadnionych rodzajów oraz wielkości rezerw zabezpieczających.

Wybrane do badań linie produkcyjne przemysłu meblarskiego były liniami obróbowymi, posiadającymi zautomatyzowane stanowiska robocze oraz transport. Pracowały wg regulowanego, przymusowego taktu. Linie te były przezbrajalne /zmiennie/ i charakteryzowały się synchronicznym procesem produkcyjnym.

4. Założenia do budowy modelu symulacyjnego pracy linii produkcyjnej

Dla potrzeb budowy modelu symulacyjnego pracy linii produkcyjnej przyjęto następujące założenia:

1. Linia produkcyjna składa się ze zbioru stanowisk roboczych ZN

$$ZN = \{1, 2, \dots, N\}.$$
2. Stanowiska robocze ustawione są w stałej kolejności, połączone są automatycznym transportem międzystanowiskowym.
3. ZT oznacza zbiór dyskretnych chwil czasowych należących do przedziału czasu $\langle 0, X_p \rangle$, stanowiącego okres powtarzalności pracy linii produkcyjnej

$$ZT = \{0, 1, 2, \dots, X_p\}.$$

4. W linii produkcyjnej w okresie powtarzalności X_p wykonywany jest zbiór zadań produkcyjnych ZM .

$$ZM = \{1, 2, \dots, M\}.$$

Zbiór zadań uporządkowany jest według kolejności uruchamiania, wynikającej z harmonogramu pracy linii.

5. Każde zadanie produkcyjne wykonywane w linii składa się z uporządkowanego zbioru operacji technologicznych. Uporządkowanie to związane jest z faktem, że linia produkcyjna wykonuje operacje technologiczne w ustalonej, stałej kolejności.
6. Każde zadanie produkcyjne ZM_i opisuje uporządkowana trójka:

$$ZM_i = \langle n_i, tpz_i, tr_i \rangle.$$

gdzie: n_i - wielkość i -tego zadania produkcyjnego,
 tpz_i - czas przygotowawczo-zakończeniowy i -tego zadania,
 tr_i - takt roboczy linii przy wykonywaniu i -tego zadania.

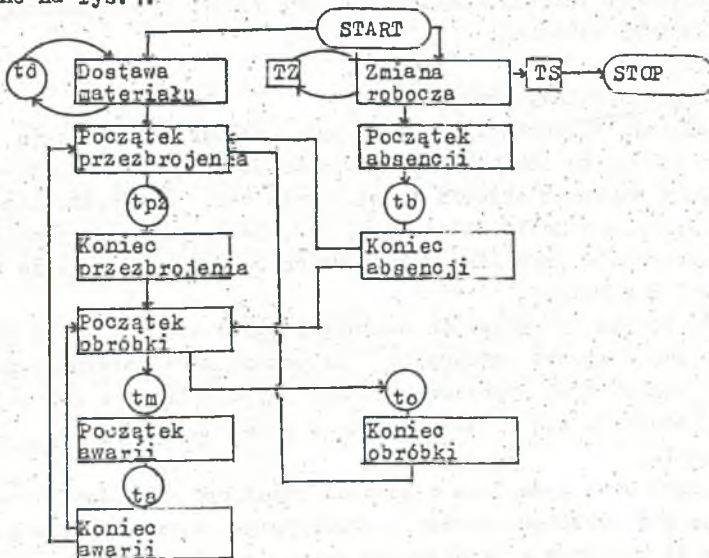
7. Z punktu widzenia niezawodności stanowiska robocze w linii produkcyjnej stanowią układ szeregowy. Awaria dowolnego stanowiska powoduje przerwę w pracy całej linii.
8. W modelowanym procesie produkcyjnym wyróżnia się następujące rodzaje zakłóceń:
 - awarie linii /mechaniczne, elektryczne i inne/,
 - absencje pracowników,
 - odchylenie od normatywnej wydajności pracy linii,
 - odchylenia od normatywnej jakości produkcji w linii /braki/,

- odstępstwa od planowanego przebiegu dostaw materiałów i surowców. Każda ze zmiennych określająca zakłócenia procesu produkcyjnego ma charakter losowy i jest opisana w modelu symulacyjnym w postaci rozkładu prawdopodobieństwa jej wartości.

9. Model symulacyjny pracy linii produkcyjnej uwzględnia możliwość stosowania rezerw zabezpieczających przed skutkami zakłóceń w postaci:
- rezerwy materiałów i surowców,
 - rezerwy linii produkcyjnej,
 - rezerwy pracowników linii,
 - rezerwy czasu w harmonogramie pracy linii.

10. Proces produkcyjny w modelu symulacyjnym pracy linii traktowany jest jako proces dyskretny. Postęp procesu w czasie odbywa się "od zdarzenia do zdarzenia". Każde zdarzenie zmienia w określony logiczny sposób stan systemu oraz inicjuje /z czasem natychmiastowym lub z określoną opóźnieniem/ zajście innych zdarzeń.

Schemat powiązań zdarzeń dyskretnych w modelu symulacyjnym przedstawiono na rys. 1.



- Oznaczenia:
- - opóźnienie o czas losowy,
 - - opóźnienie o czas zdeteminowany,
 - t_d - czas między dostawami materiałów,
 - t_{pz} - czas przygotowawczo-zakończeniowy,
 - t_m - czas międzyawaryjny,
 - t_o - czas obróbki,
 - t_a - czas trwania awarii,
 - t_b - czas trwania absencji,
 - t_z - czas trwania zmiany roboczej,
 - t_s - czas symulacji

Rys. 1. Schemat zdarzeń dyskretnych

Schematic diagram of discretion occurrences.

3. Przebieg doświadczeń symulacyjnych

Punktem wyjścia do przeprowadzenia symulacji pracy wybranych linii produkcyjnych było zebranie rzeczywistych danych źródłowych.

Dane te obejmowały między innymi informacje dotyczące:

- produkowanego w linii asortymentu wyrobów,
- procesów technologicznych,
- harmonogramów pracy linii,
- występujących zakłóceń procesu produkcyjnego,
- kosztów pracy linii /stałych i zmiennych/.

Zebrane informacje źródłowe po ich przetworzeniu stanowiły dane wejściowe modelu symulacyjnego.

Warunki symulacji pracy poszczególnych linii produkcyjnych określał plan doświadczeń symulacyjnych. Plan ten, dla każdego doświadczenia, określał między innymi:

- informacje dotyczące charakterystyki zakłóceń procesu produkcyjnego w badanych liniach,
- informacje dotyczące rodzaju wykorzystywanych rezerw zabezpieczających przed skutkami zakłóceń,
- czas symulacji,
- liczbę przebiegów symulacyjnych..

W celu określenia charakterystyk występujących zakłóceń procesu produkcyjnego w wybranych liniach produkcyjnych przeprowadzono rejestrację zakłóceń w dłuższym okresie czasu. Okres ten w przypadku linii w Wyszkowskich Fabrykach Mebli /linie L-1, L-2, L-3 oraz L-4/ wynosił 12 miesięcy, natomiast w przypadku Jarocińskich Fabryk Mebli /linie L-5 oraz L-6/ wynosił 6 miesięcy.

Sposób ewidencji zakłóceń w obydwóch zakładach był odmienny. W WFM ewidencja odbywała się w sposób tradycyjny: za pomocą kart dziennego postępu maszyn, kart braków oraz raportów obecności pracowników. W JFM ewidencja zakłóceń odbywała się w dużej mierze w sposób automatyczny za pomocą procesografu.

W oparciu o zebrane dane określono w postaci rozkładów wartości parametrów występujących zakłóceń procesu produkcyjnego. Stanowiły one podstawę do generacji zakłóceń w symulowanym procesie.

Rezerwy zabezpieczające przed skutkami zakłóceń były wykorzystywane w sposób alternatywny. W pierwszej kolejności przeprowadzano doświadczenia symulacyjne pracy linii produkcyjnej bez wykorzystania rezerw zabezpieczających. Następnie w sposób kombinacyjny stosowano poszczególne rodzaje rezerw, łącznie z przypadkiem wykorzystania wszystkich rodzajów rezerw występujących w modelu symulacyjnym.

Każde doświadczenie symulacyjne przeprowadzano w określonej, zadeklarowanej liczbie przebiegów.

Czas symulacji określany był liczbą zmian roboczych objętych symulacją i wynosił dla poszczególnych linii produkcyjnych od 40 do 140 zmian roboczych, w zależności od długości okresu powtarzalności.

4. Ocena wyników symulacji pracy wybranych linii produkcyjnych

Przeprowadzone doświadczenia symulacyjne pracy linii produkcyjnych stanowiły podstawę do określenia uzasadnionych wielkości rezerw zabezpieczających przed skutkami zakłóceń, to znaczy takich, które skutecznie zabezpieczałyby przed występującymi zakłóceniami, były realne do praktycznego zastosowania oraz były uzasadnione z punktu widzenia ekonomicznego.

Do oceny wyników symulacji pracy linii produkcyjnych wykorzystano następujące mierniki:

- współczynnik obciążenia linii produkcyjnej,
- wielkość produkcji,
- wynik ekonomicznej pracy linii.

Współczynnik obciążenia linii charakteryzował stopień wykorzystania czasu pracy linii w przeprowadzanych doświadczeniach. Wielkość produkcji określała średniomiesięczną ilość wyrobów produkowanych w linii. Wynik ekonomiczny pracy linii obliczany był jako różnica pomiędzy wartością miesięcznej produkcji linii, a poniesionymi w tym okresie czasu kosztami pracy linii /zmiennymi oraz stałymi/. Wykorzystano do tego celu metodę analizy punktu krytycznego.

Zarejestrowane, przykładowe wyniki doświadczeń symulacyjnych przedstawiono w tabl. 1.

Wielkości oznaczone w tabelicy symbolem I są wielkościami planowanymi. Wielkości oznaczone symbolem II odnoszą się do przypadku pracy linii bez zastosowania rezerw zabezpieczających przed skutkami zakłóceń. Wielkości oznaczone symbolem III odnoszą się do przypadku pracy linii z zastosowaniem uzasadnionych rezerw zabezpieczających przed skutkami zakłóceń.

5. Wnioski końcowe

Przeprowadzone badania potwierdziły duży wpływ zakłóceń na proces sterowania pracą linii produkcyjnych. Łączna wielkość zakłóceń zarejestrowanych w badanych liniach przemysłu meblarskiego wyniosła około 30% efektywnego funduszu czasu pracy linii. Do grupy zakłóceń o największej sile oddziaływania na proces produkcyjny należały: absencja pracowników oraz awarie linii /mechaniczne i elektryczne/.

Wyniki doświadczeń symulacyjnych
Results of simulation experiments

Tablica 1

Rodzaj miernika	Symbol linii	Wyszowskie Fabryki Mebli				Jarocińskie Fabryki Mebli	
		L-1	L-2	L-3	L-4	L-5	L-6
Współczynnik obciążenia linii	I	0,02	0,84	0,88	0,63	0,86	0,82
	II	0,59	0,62	0,64	0,39	0,60	0,48
	III	0,97	0,92	0,90	0,70	0,97	0,91
Wielkość produkcji /średnio-miesięczna/ tys.szt.	I	100	120	154	119	112	144
	II	64	88	112	74	80	80
	III	105	131	158	132	129	163
Wynik ekonomiczny pracy linii /średniomiesięczny/ mln zł	I	4,6	1,49	0,37	0,18	0,72	3,1
	II	1,67	0,32	-1,43	-1,63	-0,59	0,23
	III	4,85	1,64	0,38	0,21	0,81	3,45

Przeprowadzone badania symulacyjne pracy linii produkcyjnych umożliwiły określenie uzasadnionych wielkości rezerw zabezpieczających przed skutkami zakłóceń. Zastosowanie tych rezerw przyniosło pozytywne, wymierne efekty w postaci: wzrostu wykorzystania funduszu czasu linii, wzrostu wielkości produkcji oraz poprawy wyniku ekonomicznego pracy linii.

LITERATURA

- [1] Fishman G.S.: Symulacja komputerowa. Pojęcia i metody, PWE, Warszawa 1963.
- [2] Jarugowa A. i inni: Rachunek kosztów, PWE, Warszawa 1983.
- [3] Mitura B.: Symulacja pracy linii produkcyjnej przemysłu meblarskiego, referat na II Konferencji Naukowej Wydziału Technologii Drewna SGGW AR, Warszawa 1986.
- [4] Nosowski W.: Projektowanie rezerw w gnieździe produkcyjnym, zeszyt nr 2, ZGPW, Warszawa 1983.

Recenzent: Dr hab.inż. Mirosław Zaborowski

Wpłynęło do Redakcji do 1986.04.30

УПРАВЛЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ ПРОЦЕССАМИ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ
ЛИНИИ С УЧЕТОМ ПОМЕХ И РЕЗЕРВ ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ КЪ БЕЗПРИ-
ПЯТСТВЕННУЮ РАБОТУ

Резюме

В статье представлены исследования, касающиеся управления производственными процессами избранных производственных линий мебельных фабрик с учетом помех а также резерв обеспечивающих безпрпятственную работу линий.

THE MANUFACTURING PROCESS ALONG A PRODUCTION LINE WITH PROCESS DISTURBANCES AND THE RESERVES SECURING OF THEIR CONSEQUENCES TAKEN INTO ACCOUNT

Summary

The report gives a description of investigations into the manufacturing process along a production line with process disturbances and the reserves securing of their consequences taken into account. The study includes a simulation of the operation of several production lines selected from the furniture-making industry. The disturbances covered by the simulation are: actual materials and raw-materials supplies discrepant from the planned ones, failures of equipment, rejects among the products, absences of operators, a productivity level below the planned one. Four types of anti-disturbances reserves are used for simulation purposes: time reserves in the schedules of the production lines, reserves of equipment and operators, reserves of materials and raw-materials. The simulation results have been evaluated from the viewpoint of the lines workload factors, the output volume and the economic effect respectively.