

Władysław Jodłowski*, Edward Michłowicz*

Problem czasu w strukturach systemów produkcyjnych

1. Wprowadzenie

Podczas analizy systemów często przewija się pojęcie czasu. Dokładniejsza analiza wykazuje, że czas należy do podstawowych parametrów, jakie należy brać pod uwagę przy poszukiwaniu optymalnej struktury systemu. W niniejszym opracowaniu rozpatrywane są systemy produkcyjne przeznaczone do wytwarzania określonej grupy produktów. Do takich systemów należą np. surowce huty stali, huty miedzi czy niektóre zakłady materiałów budowlanych. Nie rozpatruje się więc tutaj tzw. holonicznych systemów wytwarzania. Koszty budowy rozpatrywanych systemów są bardzo wysokie, a czas ich eksploatacji jest długi – liczony w dziesiątkach lat. Strukturę takiego systemu należy więc projektować nie dla danego momentu czasu, ale dla odpowiednio długiego okresu czasu.

Pojęcie czasu występuje w wielu dziedzinach życia i wielu dyscyplinach naukowych, takich jak fizyka, filozofia, i innych. Według [1] czas jest to „wielkość służąca do chronologicznego uszeregowania zdarzeń”. Mówiąc o czasie, należy rozróżnić moment czasu (punkt na osi czasu) i okres czasu (przedział).

W niniejszym opracowaniu temat został ograniczony do analizy wpływu czasu na strukturę systemu produkcyjnego. Czas jako taki oczywiście nie oddziałuje tak jak np. siła czy ciepło na pojedyncze urządzenie czy cały system. W czasie jednak coś się dzieje, występuje jakieś oddziaływanie, a jego efekt, np. wartość funkcji kryterium, będzie w dużej mierze zależeć od czasu trwania oddziaływania. Nawet jeśli pozornie nic się nie dzieje, np. urządzenie jest wyłączone, to mamy do czynienia z jakimś „oddziaływaniem”. W tym okresie następuje przecież moralne starzenie się urządzenia, zajmuje ono powierzchnię, za którą należy płacić itd.

2. Struktura systemu produkcyjnego

Strukturę systemu produkcyjnego można ująć, analogicznie jak w pracach [2–4], w postaci czwórki:

$$S = \langle X, C, Q, R \rangle,$$

* Katedra Systemów Wytwarzania, Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie

gdzie:

X – zbiór obiektów systemu,

$$X = \{x_1, \dots, x_i, \dots, x_j, \dots, x_n\},$$

n – liczba obiektów systemu.

C – zbiór cech (właściwości) obiektów; zbiór cech j -tego obiektu można ująć za pomocą wektora C^j :

$$C^j = [C_1^j, \dots, C_k^j, \dots, C_k^j]^T,$$

którego elementy ujmują takie cechy jak:

- zdolność produkcyjna,
- zapotrzebowania materiałów z innych obiektów i otoczenia niezbędnych do wytworzenia jednostki produktu (np. Mg),
- zapotrzebowania nośników energii niezbędnych do wytworzenia jednostki produktu,
- zajmowany teren,
- koszty jednostkowe i inne.

Q – zbiór relacji między obiektami systemu i między obiektami otoczenia.

Podstawowe relacje mają postać sprzężeń strumieni materiałów. Można je ująć za pomocą macierzy:

$$Q = [q_{ij}]_{(n+m) \times (m+n)},$$

gdzie:

q_{ij} – liczba materiału dostarczonego z obiektu i do j ,

m – liczba obiektów otoczenia,

R – zbiór relacji między cechami obiektów.

3. Charakterystyka wielkości wywołujących zmiany struktury w długim okresie czasu

3.1. Wielkości ulegające zmianie

Rozpatrując system produkcyjny w dłuższym okresie czasu można zauważyć, że zmiana jego struktury następuje w wyniku zmian wartości wielkości wyjściowych, wielkości wejściowych, jak i zdarzeń występujących w samej strukturze. Zbiór tych wielkości wywołujących zmiany struktury oznaczono przez W .

Główne zmiany wielkości wyjściowych to:

- zmiana wielkości produkcji wynikająca ze zmian zapotrzebowania na wytwarzane produkty,
- zmiana wymagań dotyczących parametrów (postaci) produktów.

Wielkości wejściowe można podzielić na dwie grupy. Jedna (ww1) związana jest bezpośrednio z procesem wytwarzania, a druga (ww2) dotyczy otoczenia procesu wytwarzania.

Główne zmiany wielkości wejściowych ww1 [5]:

- zmiana zapotrzebowania na surowce, półprodukty, paliwa i inne, wynikające ze zmian wielkości produkcji,
- zmiana parametrów tych „przyszłych” surowców (np. większa zawartość Fe w rudzie żelaza).

Główne zmiany wielkości wejściowych ww2 polegają na zmianie wymagań otoczenia w zakresie:

- kosztów produkcji,
- podatków i innych opłat,
- przepisów dotyczących ochrony środowiska i innych.

Do zdarzeń zachodzących w samej strukturze, które wywołują jej zmiany należą:

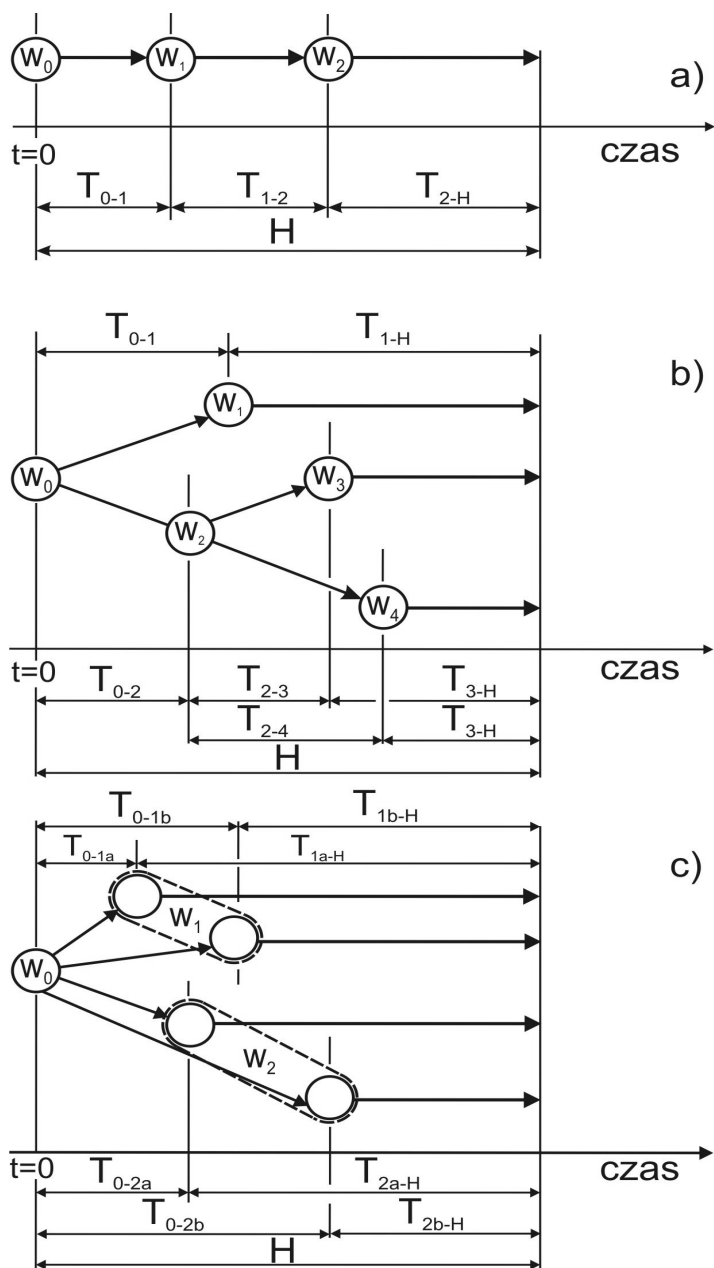
- zużycie obiektu (urządzenia),
- awaria obiektu w wyniku zużycia jakiegoś elementu, niewłaściwej eksploatacji czy klęski żywiołowej.

W takich przypadkach można oczywiście odtwarzać poprzednią strukturę, albo wprowadzać nową (nowocześniejsze obiekty).

3.2. Prognozy zmian wielkości wywołujących zmiany struktury

Można wyróżnić kilka typowych sytuacji (rys. 1):

- 1) Jest przewidywany wzrost (zmiana) zapotrzebowania na wytwarzane przez rozpatrywany system produkty (lub jakaś inna zmiana zbioru W), czyli znane są przejścia wielkości W z jednego stanu w inny (przykład – rys. 1a).
- 2) Jest przewidywany wzrost (zmiana) zapotrzebowania, ale jego wielkość nie jest ściśle określona; wielkość wzrostu (zmiana W) jest określona wariantowo (rys. 1b).
- 3) Sytuacja, jak powyżej, tylko moment wprowadzenia zmian jest również opracowany wariantowo (rys. 1c).



Rys. 1. Warianty prognoz zmian wielkości W

W_0 – stan początkowy, T_{k-1} – czas od momentu przejścia wielkości W w stan W_k do momentu jej przejścia w stan W_l , H – rozpatrywany horyzont czasu

Objaśnienia w tekście

3.3. Zmiany struktury

Osiągnięcie ekstremum funkcji kryterium, którą są zazwyczaj łączne koszty inwestycyjne i eksploatacyjne liczone dla całego rozpatrywanego okresu H , wymaga zaprojektowania odpowiedniej struktury systemu dla momentu $t = 0$ oraz jej dalszych zmian. Zmiana struktury systemu, czyli jej przejście z jednego stanu w inny może polegać na:

- 1) zmianie, tzn. wzroście lub spadku, liczby obiektów n ; np. konieczność korzystania z gorszej jakości surowców może wymusić dobudowanie obiektów wzbogacania;
- 2) zmianie wartości cech C^j charakteryzujących poszczególne obiekty; np. w wyniku modernizacji istniejącego obiektu lub zastąpienia go nowym może nastąpić wzrost zdolności produkcyjnej;
- 3) zmianie liczby sprzężeń; np. korzystanie z surowców wtórnych oznacza dodanie kolejnego sprzężenia materiałowego;
- 4) zmianie wartości poszczególnych sprzężeń, np. korzystanie z surowców wtórnych, przy tej samej wielkości produkcji oznacza zmniejszenie strumienia surowców pierwotnych.

Opracowując projekt struktury systemu dla przypadku z rysunku 1a, mamy do czynienia z podejmowaniem decyzji w warunkach pewności, a dla przypadków z rysunku 1b i 1c w warunkach ryzyka (gdy są znane prawdopodobieństwa wystąpienia zmian) lub niepewności (gdy te prawdopodobieństwa nie są znane).

Wskutek aktualnie obowiązującego prawa w zakresie ochrony środowiska jedną z zasadniczych przyczyn zmian struktur systemów produkcyjnych staje się rozwój recyklingu. Następuje wówczas wzrost strumienia wykorzystywanych surowców wtórnych. Wzrost tego strumienia może wynikać z następujących przyczyn:

- ze zwiększonej podaży produktów (np. opakowań), które stają się surowcami wtórnymi,
- wskutek zmian przepisów na bardziej „proekologiczne”,
- ze wzrostu „świadomości ekologicznej” społeczeństwa,
- w wyniku zmian jednostkowych cen surowców pierwotnych i/lub cen surowców wtórnych,
- jako wynik rozwoju technologii i urządzeń do pozyskiwania i przygotowania surowców wtórnych, a zwłaszcza technik segregacji materiałów.

3.4. Ograniczenia projektanta

Aby projektant mógł określić najlepszą strukturę dla momentu $t = 0$, oraz określić jej przyszłe zmiany, powinien posiadać informacje dotyczące przedstawionych w rozdziale 3 wielkości W , a przede wszystkim:

- zmian zapotrzebowania, zarówno co do ilości, jak i struktury asortymentowej na wytwarzane produkty;
- zmian w dostępności i jakości surowców, paliw i energii;

- kosztów surowców, paliw, energii i in.;
- momentów czasu, w których te zmiany występują;
- w przypadku wariantowej prognozy dotyczącej ww. wielkości niezbędna jest znajomość prawdopodobieństw wystąpienia poszczególnych wariantów zmian i momentów ich wystąpienia;
- parametrów przyszłych urządzeń (prognozowanie postępu technicznego);
- przewidywanych zmian w przepisach i regulacjach prawnych, a szczególnie wymagań dotyczących ochrony środowiska;
- przy porównywaniu wariantów rozwiązań dotyczących struktury odpowiadające im koszty muszą być zdyskontowane do jednego momentu czasu. Aby to realizować niezbędna jest znajomość przyszłej stopy procentowej.

Jak wykazały doświadczenia ostatnich lat, w których wystąpiły bardzo duże wahania cen, szczególnie cen surowców [6] i nośników energii, prognozy opracowane przez specjalistów ze sfery ekonomii i nauk pokrewnych były – mówiąc ogólnie – nietrafione. Mimo tego, ze względu na wysokie koszty inwestycyjne i długi czas eksploatacji rozpatrywanych systemów produkcyjnych, należy poszukiwać możliwie najlepszej struktury systemu.

3.5. Rozwiązanie problemu przez inżynierów

Ze względu na dużą zmienność, szczególnie w sferze ekonomii, racjonalne podejście – zdaniem autorów – jest następujące:

- 1) Należy określić strukturę optymalną dla krótkiego (kilkuletniego) horyzontu H , dla którego można przewidzieć zmiany (wielkości W),
- 2) Zastosować takie rozwiązania techniczne, które umożliwiają stosunkowo proste i niezbyt kosztowne dostosowanie struktury systemu do zmieniających się warunków.

Na koszty dostosowania składają się głównie koszty:

- terenu,
- hal produkcyjnych,
- infrastruktury zaopatrzeniowej,
- samych urządzeń technologicznych.

Aby zminimalizować te koszty należy wdrażać następujące rozwiązania techniczne:

- 1) Można się liczyć w dalszej przyszłości z większym zapotrzebowaniem na wytwarzane produkty, a co z tym związane – ze zwiększeniem ilości produkowanych wyrobów. Zakładając jednak, że przyszłe urządzenia będą wydajniejsze, więc – na ogół – nie będzie potrzebny większa powierzchnia terenu. Jest jednak jeden wyjątek. Przyszłe surowce będą uboższe (gorszej jakości), co będzie wymagać rozbudowy zakładu o obiekty do wzbogacania (wstępnej obróbki), czyli na początku ciągu technologicznego winny być przewidziane pewne rezerwy terenu.

- 2) Hale produkcyjne nie powinny być połączone z aktualnie eksploatowanymi urządzeniami, a w szczególności ze specjalistycznymi suwnicami. Ponadto powinna istnieć możliwość podniesienia wysokości poszczególnych fragmentów hal, gdyby w przyszłości zaistniała potrzeba zainstalowania wysokich urządzeń technologicznych.
- 3) Linie zaopatrzenia, to znaczy rurociągi z gazami i płynami oraz urządzenia do transportu materiałów stałych, np. przenośniki, winny być prowadzone na niezależnych konstrukcjach ułatwiających szybką przebudowę.
- 4) Należy dążyć do takiego zamocowania urządzeń technologicznych, nawet bardzo ciężkich, które umożliwiają ich szybką wymianę.

Literatura

- [1] *Nowa encyklopedia powszechna*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1995.
- [2] Jodłowski W., Michłowicz E., Zwolińska B., *Influence of recycling on changes in structures of production systems*. Polish Journal of Environmental Studies, vol. 16, no. 3B, Hard Publishing Company, Olsztyn 2007.
- [3] Jodłowski W., Michłowicz E., *Recykling stali – efekty i problemy*. Wyd. Politechniki Częstochowskiej, Konferencje, 62, t. 1, Częstochowa 2007.
- [4] Jodłowski W., Karwat B., Michłowicz E., *Analiza czynników determinujących zmiany struktury wielkich systemów na przykładzie hutnictwa stali*. [w:] Zastosowania teorii systemów. Monografie WIMiR AGH, nr 36, Kraków 2007.
- [5] Michłowicz E., *Logistyczne problemy zaopatrzenia huty stali w surowce*. Transport zintegrowany. Wyd. Uczelniane Politechniki Szczecińskiej, Szczecin 2004.
- [6] Konstanciak E., Konstanciak M., Waszkielewicz W., *Zmiany cen podstawowych surowców hutnictwa żelaza na świecie w latach 2000–2006*. Materiały XV Międzynarodowej Konferencji Naukowo-Technicznej nt. Produkcja i zarządzanie w hutnictwie. Wyd. Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa 2007.