

PLANOWANIE REALIZACJI PRZEDSIĘWZIĘĆ NA PRZYKŁADZIE WAŁU KORBOWEGO

Iwona ŁAPUŃKA, Ryszard KNOSALA

Streszczenie: W artykule zaprezentowano zastosowanie autorskiej metody modyfikacji planu realizacji projektu w momencie wystąpienia zakłócenia do analizy czasowo-kosztowej planu sieciowego przygotowania produkcji wału korbowego z korbowodem i łożyskowaniem. Wykorzystano w tym przypadku m.in. metody sieciowe, jako jedną z form stosowanych w planowaniu i kontroli realizacji przedsięwzięć technicznego przygotowania produkcji (TPP) nowych wyrobów. Efektem działań bazujących na takiej analizie jest wyznaczenie dopuszczalnych wariantów planu realizacji przedsięwzięcia w zależności od stopnia kompresji sieci czynności, przyjętych czasów normalnych i granicznych oraz odpowiadającym im kosztom normalnym oraz granicznym.

Słowa kluczowe: planowanie realizacji przedsięwzięć, techniczne przygotowanie produkcji wyrobu (TPP), analiza czasowo-kosztowa, sieć czynności, wał korbowy.

1. Wstęp

Budowa odpowiedniego planu (uwzględniającego nakłady, zasoby, koszty oraz harmonogram) realizacji szeroko pojętego przedsięwzięcia, jakim jest techniczne przygotowanie produkcji nowowprowadzanych na rynek wyrobów, jest zagadnieniem niezwykle istotnym dla współczesnych przedsiębiorstw. Od właściwie realizowanego przygotowania produkcji zależą w dużej mierze m.in.: nowoczesność wyrobów, jak i ich atrakcyjność dla użytkownika, konkurencyjność cen oraz krótki cykl uruchamiania produkcji, a przede wszystkim koszty przygotowania i wytworzenia wyrobów.

Głównym celem TPP jest opracowanie projektów nowych wyrobów, metod ich wytwarzania oraz uruchomienie produkcji, a także stałe doskonalenie wyrobów [1, 2]. Techniczne przygotowanie produkcji wyrobu (TPP) ma podstawowe znaczenie dla całości funkcjonowania przedsiębiorstwa, kształtuje ono bowiem kompleksowo poziom techniczny i organizacyjny, a także wpływa na efekty ekonomiczne działalności gospodarczej.

Ze względu na różnorodne fazy projektowania w technicznym przygotowaniu produkcji wyróżnia się główne etapy, takie jak [3]:

1. Studia i badania.
2. Konstrukcyjne przygotowanie produkcji (czyli jak zrobić wyrób?).
3. Technologiczne przygotowanie produkcji (czyli co składa się na produkt?).
4. Organizacyjne przygotowanie produkcji.
5. Rozruch produkcji.
6. Organizacja zbytu i obsługi.

Z punktu widzenia idei technicznego przygotowania produkcji wyrobu do najistotniejszych etapów należy zaliczyć konstrukcyjne, technologiczne oraz organizacyjne przygotowanie produkcji. Szczególnie istotnym dla tych etapów jest budowa właściwego planu ich realizacji, uwzględniającego wzajemne powiązania i relacje następstwa poszczególnych zadań. Stosowanie w tym celu metod sieciowych pozwala na konstrukcję

odpowiednich modeli sieci czynności, ze szczególnym wskazaniem na czynności krytyczne.

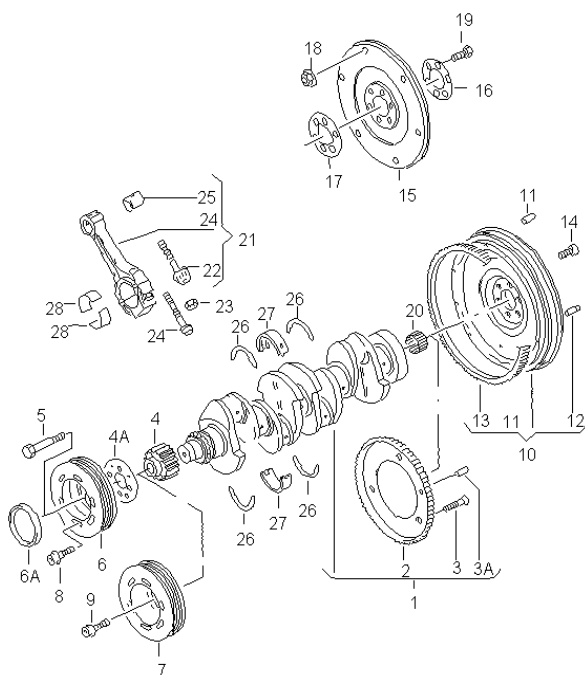
We współczesnym turbulentnym otoczeniu organizacji niezwykle często zdarza się decydom rozważać możliwość modyfikacji modelu poprzez kompresję sieci wynikającą ze zbyt długiego dla inwestora lub odbiorcy okresu realizacji przedsięwzięcia. Każde przyspieszenie terminu wykonania czynności powoduje wzrost kosztów (wyłączając drobne usprawnienia organizacyjno-techniczne), podczas gdy odbiorca oczekuje efektu przy minimum wzrostu nakładów pieniężnych. Analiza czasowo-kosztowa obrazuje w dość dokładny sposób zależności wynikające z takiej modyfikacji przy uwzględnieniu wynikających z tego wszelkich aspektów ekonomicznych.

W przeprowadzonej analizie zastosowano autorską metodę modyfikacji planu realizacji projektu w momencie wystąpienia zakłócenia opisaną dokładnie w pracach [4, 5, 6].

2. Ogólna charakterystyka wału korbowego z korbowodem i łożyskowaniem

Wał korbowy z korbowodem i łożyskowaniem stanowi jedną z głównych składowych dzisiejszych spalinowych silników samochodowych, stosowany w mechanizmach korbowych. Wał korbowy zamienia ruch posuwisto-zwrotny tłoka (lub tłoków) na ruch obrotowy elementów maszyny.

Wał korbowy składa się z odcinków prostych (osiowych), które obciążone są jak w typowym wale, i wykorbień, które podlegają bardziej złożonym obciążeniom. W wałach korbowych w podparciach osiowych odcinków wału najczęściej stosuje się łożyska ślizgowe.

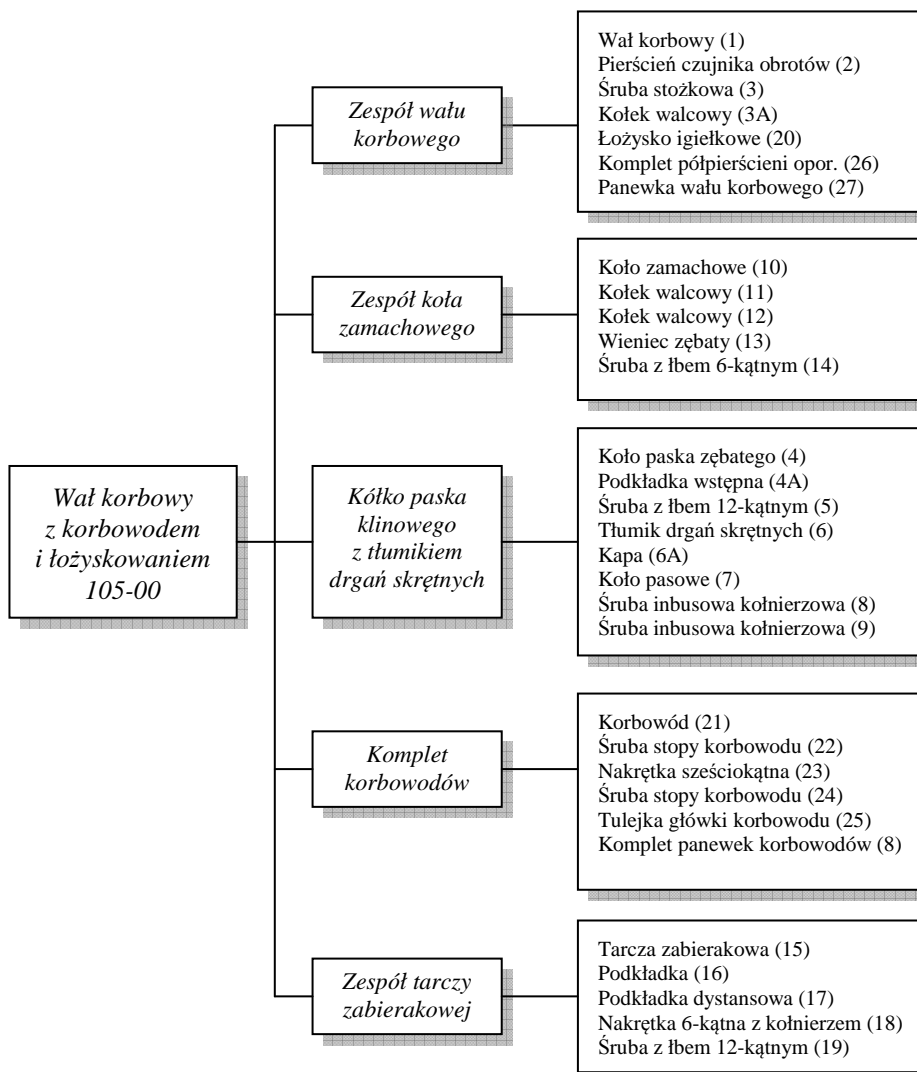


Rys. 1. Zapis wału korbowego z korbowodem i łożyskowaniem

Wał o oznaczeniu 105-00 montowany jest w silnikach typów BCA, BUD, BSE, BSF do samochodów marki Volkswagen o pojemności 1.4/1.6 litra. Wał korbowy 105-00 powstał na bazie swojego poprzednika o oznaczeniu 102-00. Jest obecnie montowany w modelach Volkswagen Golf Plus.

Podjęcie decyzji o uruchomieniu produkcji tego typu wału korbowego wymusiło wejście na rynek nowej technologii produkcji i zainteresowanie nią zarówno przedstawicieli konkurencyjnych koncernów samochodowych, jak i samych odbiorców – potencjalnych właścicieli samochodów o tego typu silnikach.

Rysunki 1 i 2 przedstawiają odpowiednio zapis i strukturę budowy wału korbowego z korbowodem i łożyskowaniem.



Rys. 2. Struktura budowy wału korbowego z korbowodem i łożyskowaniem

3. Analiza czasowo-kosztowa technicznego przygotowania produkcji wału korbowego

Planowanie i kontrola realizacji przedsięwzięć z wykorzystaniem analizy czasowo-kosztowej obejmuje następujące etapy:

1. Określenie prac zleconych do kooperacji oraz określenie potencjalnych zleceniobiorców.
2. Określenie liczby wykonawców poszczególnych czynności.
3. Określenie czasu potrzebnego na wykonanie poszczególnych czynności TPP.
4. Przedstawienie struktury przedsięwzięcia w postaci wykresu sieciowego.
5. Określenie terminu rozpoczęcia i zakończenia całego przedsięwzięcia.

6. Obliczenie terminów rozpoczęcia i zakończenia poszczególnych czynności TPP oraz rezerw czasu.
7. Wyznaczenie krytycznego ciągu czynności warunkujących terminową realizację przedsięwzięcia (ścieżki krytycznej).

Analizę czasowo-kosztową procesu technicznego przygotowania produkcji wału korbowego przeprowadzono przy użyciu narzędzia informatycznego, jakim jest komputerowy system planowania realizacji projektu, omówiony dokładnie w pracach [4, 6, 7]. Moduł planowania sieciowego umożliwia, po uprzednim wyborze typu problemu, wprowadzenie czasów i kosztów normalnych oraz granicznych. W celu budowy reprezentacji grafowej należy poprawnie zdefiniować tzw. bezpośrednich poprzedników, czyli listę czynności, których realizacja powinna zostać ukończona przed przystąpieniem do prac nad bieżącą czynnością.

Do arkusza wprowadzono 54 czynności technicznego przygotowania produkcji wyrobu, opisane szczegółowo w tabelach 1 i 2.

Tab. 1. Zestawienie czynności oraz ich czasów trwania i kosztów realizacji dla technicznego przygotowania produkcji wyrobu

Numer/Nazwa czynności	Czynność	Czas trwania		Koszt realizacji		Czynności poprzedzające		
		t _n [ujc]	t _{gr} [ujc]	K _n [ujk]	K _{gr} [ujk]			
Zadania do wykonania przez Dział Handlowo-Marketingowy								
1	A	Analiza i wstępna ocena ryzyka projektu		8	6	10 000	25 000	-
2	B	Otwarcie projektu		1	1	2 000	4 000	1
3	C	Opracowanie założeń projektu		8	6	20 000	28 000	2
4	D	Wstępna ocena nakładów i korzyści realizacji projektu		1	1	3 000	7 000	3
5	E	Organizowanie zespołu projektowego		2	1	2 000	3 000	4
6	F	Zamówienie i odbiór oprzyrządowania		1	1	1 000	6 000	29
7	G	Zakup materiałów		2	1	5 000	8 000	30
Konstrukcyjne przygotowanie produkcji (Dział Konstrukcyjny)								
8	H	Udział konstruktorów w opracowaniu założeń		3	2	12 000	16 000	2
9	I	Określenie ostatecznej struktury projektu (zatwierdzenie założeń)		2	1	2 000	4 000	8
10	J	Opracowanie projektu wstępnego		8	7	11 000	15 000	5, 9
11	K	Zatwierdzenie projektu wstępnego		1	1	2 000	3 000	10
12	L	Opracowanie projektu technicznego		15	12	24 000	32 000	11
13	M	Opracowanie rysunków części		12	10	8 000	9 000	12
14	N	Obliczenia wytrzymałościowe		10	8	10 000	12 000	12
15	O	Opracowanie rysunków zestawieniowych		3	2	6 000	8 000	13, 14
16	P	Opiniowanie dokumentacji konstrukcyjnej		3	2	2 000	4 000	15
17	Q	Wstępne zatwierdzenie dokumentacji konstrukcyjnej		1	1	2 000	3 000	16
18	R	Opracowanie programu badań prototypu		9	6	8 000	8 000	17, 31
19	S	Testy prototypu		6	5	10 000	11 000	18, 50
20	T	Korekta dokumentacji konstrukcyjnej po testach prototypu		9	7	2 000	17 000	19
21	U	Badanie serii próbnej		6	6	6 000	12 000	52
22	V	Korekta dokumentacji konstrukcyjnej po wykonaniu serii próbnej		5	4	1 000	15 000	21
23	W	Zatwierdzenie dokumentacji konstrukcyjnej		1	1	2 000	3 000	22
24	X	Wykonanie rysunków części i zespołów		6	4	8 000	16 000	23, 34

Tab. 2. Zestawienie czynności oraz ich czasów trwania i kosztów realizacji dla technicznego przygotowania produkcji wyrobu c.d.

Numer/Nazwa czynności		Czynność	Czas trwania		Koszt realizacji		Czynności poprzedzające
Konstrukcyjne przygotowanie produkcji (Dział Konstrukcyjny)							
25	Y	Sprawdzenie rysunków i zestawienie specyfikacji	3	2	4 000	6 000	24
Technologiczne przygotowanie produkcji (Dział Technologiczny)							
26	Z	Prace technologiczne przy założeniach i projekcie wstępnym	12	10	10 000	14 000	2
27	AA	Analiza technologiczna dokumentacji	6	5	8 000	10 000	16, 26
28	AB	Opracowanie dokumentacji warsztatowej	4	4	4 000	5 000	27
29	AC	Ustalenie zapotrzebowania na przyrządy i pomoce znormalizowane	4	3	4 000	7 000	28
30	AD	Opracowanie specyfikacji materiałowej	4	3	5 000	9 000	27
31	AE	Opracowanie dokumentacji technologicznej prototypu	8	7	8 000	13 000	27
32	AF	Korekta dokumentacji technologicznej po testach prototypu	6	4	2 000	8 000	19
33	AG	Korekta dokumentacji technologicznej po wykonaniu serii próbnej	6	4	1 000	4 000	21
34	AH	Zatwierdzenie dokumentacji technologicznej	1	1	2 000	3 000	33
35	AI	Nadzór technologiczny nad wykonaniem prototypu	8	7	6 000	9 000	31
Zadania do wykonania przez Dział Planowania Produkcji							
36	AJ	Określenie zadań produkcyjnych w projekcie	4	2	5 000	12 000	23, 34
37	AK	Przydział zadań produkcyjnych	7	7	8 000	8 000	36
38	AL	Wstępna analiza obciążenia	5	2	8 000	30 000	23, 34
39	AM	Planowanie zasobów wykonawczych	1	1	5 000	5 000	38
40	AN	Planowanie przebiegu projektu	1	1	7 000	7 000	23, 34
41	AO	Szacowanie czasu realizacji	2	1	12 000	26 000	42
42	AP	Bilansowanie planowanych zadań ze zdolnością produkcyjną	3	2	10 000	15 000	37, 39, 40
43	AQ	Szacowanie kosztów	6	1	6 000	36 000	42
44	AR	Szacowanie nakładów	5	4	10 000	13 000	42
45	AS	Konstrukcja harmonogramu	4	2	9 000	18 000	41
46	AT	Konstrukcja budżetu	1	1	6 000	6 000	43
47	AU	Konstrukcja planu nakładów	3	1	8 000	30 000	44
48	AV	Opracowanie planu realizacji projektu	6	4	5 000	10 000	45, 46, 47
Zadania do wykonania przez Dział Produkcji							
49	AW	Przygotowanie wykonania prototypu	4	3	5 000	8 000	7, 35
50	AX	Wykonanie prototypu	12	10	10 000	24 000	49
51	AY	Wykonanie poprawek korekcyjnych po testach prototypu	8	6	2 000	16 000	20, 32
52	AZ	Wykonanie serii próbnej	14	10	22 000	42 000	20, 32, 51
53	BA	Wykonanie poprawek korekcyjnych po serii próbnej	6	4	1 000	7 000	52
54	BB	Rozruch produkcji seryjnej	15	12	18 000	46 000	25, 48

Ze względu na odróżnienie zbioru czynności od zbioru zdarzeń, dla czynności przyjęto oznaczenia alfabetyczne $\{A, \dots, BB\}$, natomiast numeracja zdarzeń opisana została zbiorem liczb naturalnych $\{1, \dots, 61\}$.

Wskutek takiego zapisu uzyskano model sieci czynności przygotowania produkcji wału korbowego, zobrazowany rysunkiem 3. Widoczny poniżej graf acykliczny utworzono w reprezentacji AOA (ang. *activity-on-arc*), techniką sieciową „czynność-łuk”. Czynności oparto o łuki (strzałki), natomiast węzły są odpowiednikami zdarzeń (momentów). Charakterystyczną cechą tej reprezentacji jest konieczność wprowadzania nowych czynności z zerowym czasem realizacji, tzw. czynności pozornych. Mają one na celu odzwierciedlenie następstwa techniczno-organizacyjnego oraz technologicznego pomiędzy kolejnymi zadaniami.

W arkuszu wyjściowym z programu uzyskano identyfikację czynności leżących na ścieżce krytycznej, a tym samym wskazane zostały dwie ścieżki krytyczne:

ścieżka nr 1: A – B – C – D – E – J – K – L – M – O – P – AA – AE – AI – AW – AX – S – T – AY – AZ – U – AG – AH – AJ – AK – AP – AR – AU – AV – BB,

ścieżka nr 2: A – B – C – D – E – J – K – L – M – O – P – AA – AE – AI – AW – AX – S – T – AZ – U – AG – AH – AJ – AK – AP – AR – AU – AV – BB.

Obliczenia wykonane zostały dla czasów i kosztów normalnych (t_n , K_n). Uzyskano ponadto najwcześniejsze/najpóźniejsze momenty rozpoczęcia oraz zakończenia czynności, a także określony został zapas czasu dla każdej z czynności w przedsięwzięciu.

W efekcie końcowym przedsięwzięcie można zrealizować w czasie normalnym 193 [ujc] przy koszcie normalnym 370 000 [ujk], z tego na koszt czynności krytycznych przypada 236 000 [ujk]. Jest to najdłuższy, zdeterminowany przez ścieżkę krytyczną, dopuszczalny czas, w którym przedsięwzięcie musi być zrealizowane, aby dotrzymać ustalonych w fazie planowania terminów.

Następnie obliczenia wykonane zostały dla czasów i kosztów granicznych (t_{gr} , K_{gr}). Podobnie jak w poprzednim przypadku, w arkuszu wyjściowym z programu uzyskano identyfikację czynności leżących na ścieżce krytycznej oraz wskazane zostały cztery ścieżki krytyczne:

ścieżka nr 1: A – B – C – D – E – J – K – L – M – O – P – AA – AE – AI – AW – AX – S – T – AY – AZ – U – V – W – AJ – AK – AP – AR – AU – AV – BB,

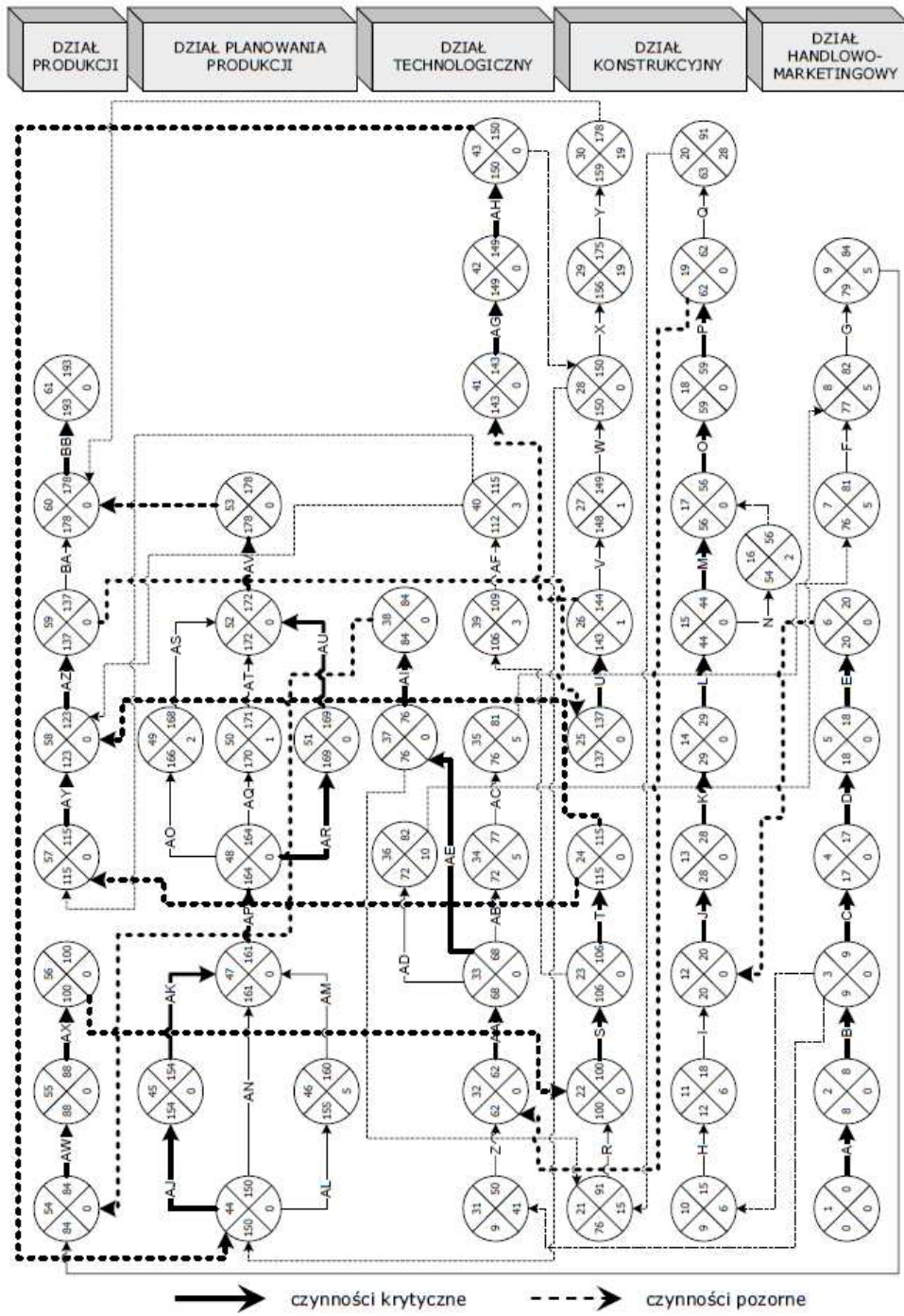
ścieżka nr 2: A – B – C – D – E – J – K – L – M – O – P – AA – AE – AI – AW – AX – S – T – AY – AZ – U – AG – AH – AJ – AK – AP – AR – AU – AV – BB,

ścieżka nr 3: A – B – C – D – E – J – K – L – M – O – P – AA – AE – AI – AW – AX – S – T – AZ – U – V – W – AJ – AK – AP – AR – AU – AV – BB,

ścieżka nr 4: A – B – C – D – E – J – K – L – M – O – P – AA – AE – AI – AW – AX – S – T – AZ – U – AG – AH – AJ – AK – AP – AR – AU – AV – BB.

Uzyskano ponadto najwcześniejsze/najpóźniejsze momenty rozpoczęcia oraz zakończenia czynności, a także określony został zapas czasu dla każdej z czynności.

W efekcie końcowym przedsięwzięcie można zrealizować w czasie granicznym 152 [ujc] przy koszcie granicznym 716 000 [ujk], z tego na koszt czynności krytycznych przypada 459 000 [ujk]. Jest to najkrótszy, zdeterminowany przez ścieżkę krytyczną, możliwy czas, w którym istnieje realna szansa na terminową realizację przedsięwzięcia.



Rys. 3. Sieć czynności przygotowania produkcji wału korbowego z korbowodem i łożyskowaniem dla (t_n, K_n)

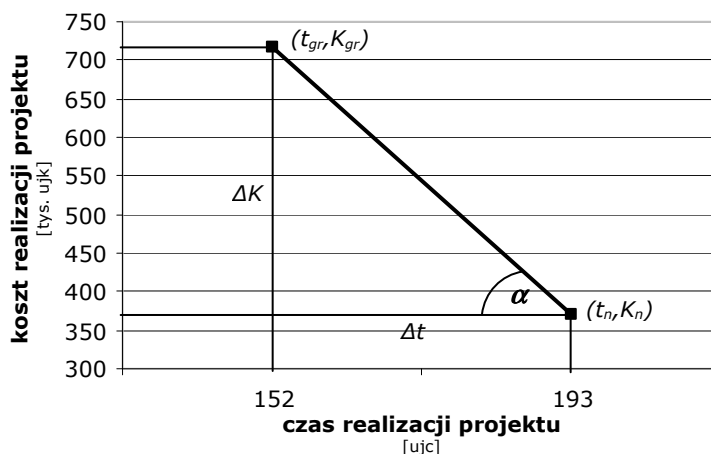
4. Interpretacja wyników

Dla całościowej realizacji technicznego przygotowania produkcji wału korbowego wygenerowane zostały dwa skrajne rozwiązania o następujących charakterystykach:

- czas normalny czynności t_n , przy którym koszty jej wykonania K_n są najniższe;
- czas graniczny t_{gr} , najkrótszy możliwy ze względów technicznych i technologicznych czas wykonania czynności przy koszcie granicznym K_{gr} .

Oczywistym jest fakt, iż krzywa kosztów dla wszystkich alternatywnych rozwiązań przyjmie postać hiperboliczną, bowiem krzywoliniowa postać jest cechą charakterystyczną funkcji $K=f(t)$.

Prostoliniowość wykresu zobrazowanego na rysunku 4 jest wynikiem przyjęcia do analizy punktów (t_{gr}, K_{gr}) oraz (t_n, K_n) . Pozwoli to na proste (choć obciążone błędem statystycznym) określenie współczynnika α , którego wartość zależy od rodzaju i charakteru inwestycji..



Rys. 4. Wykres krzywej kosztów $K=f(t)$

Przy przebiegu krzywoliniowym funkcji kosztów całkowitych $K=f(t)$, przyrost kosztów w odniesieniu do skracania czasu trwania czynności, czyli tzw. gradient kosztu S , jest różny dla różnych wartości czasu t i wynosi:

$$S = tg \alpha = \frac{\Delta K}{\Delta t} = \frac{K_{gr} - K_n}{t_n - t_{gr}} = \frac{716000 - 370000}{193 - 152} = \frac{346000}{41} \approx 8439 \cdot$$

Oznacza to, że średnio każdorazowe skrócenie czasu realizacji przedsięwzięcia o jednostkę [ujc] spowoduje całościowy wzrost kosztów o około 8439 [ujk].

Przedstawione zależności czasowo-kosztowe wykorzystywane są w metodach, bazujących na dwupunktowych modelach sieciowych. Krzywą $K=f(t)$ wyznacza się wskutek analizy możliwości wykonania poszczególnych czynności w różnych warunkach i przy użyciu różnych środków produkcji, którym odpowiadają określone koszty i czasy. Przedział zawarty między czasami t_{gr} i t_n określa się mianem przedziału optymalnego

i w nim poszukuje się również końcowych rozwiązań optymalnych.

W wyniku przeprowadzonych eksperymentów dotyczących wyznaczania alternatywnych planów realizacji przedsięwzięcia w punktach załamania krzywej kosztu uzyskano liniowe zależności czasu (t) oraz kosztu (K), zobrazowane na wykresie (rys. 4). Para zmiennych T i K , których iloczyn jest niemalże stałą wartością dodatnią, stanowi wzajemnie odwrotnie proporcjonalne wielkości, co za tym idzie czas i koszt są z pewnością w tym przypadku sprzecznymi kryteriami optymalności planu.

Minimalizacja kosztów realizacji przedsięwzięć techniczno-organizacyjnych w programach sieciowych sprowadza się do rozwiązania problemów dwojakiej natury:

- wyznaczenia wszystkich punktów załamania krzywej kosztów przedsięwzięcia oraz odpowiadających im planów realizacji o minimalnym koszcie,
- wyznaczenia planu realizacji o minimalnym koszcie dla danego terminu T zakończenia przedsięwzięcia (plan optymalny z narzuconym czasem realizacji).

Krzywoliniowy przebieg funkcji kosztów całkowitych $K=f(t)$ obrazuje jednak w dokładniejszy sposób zależności czasowo-kosztowe w programie sieciowym i pozwala decydom na pełną analizę możliwych do uzyskania wariantów planu realizacji przedsięwzięcia w punktach załamania krzywej kosztu.

W praktyce organizacyjnej zarówno koszt, jak i czas muszą być skutecznie minimalizowane przez realizatorów przedsięwzięcia ze względu na ekonomikę i efektywność działań przedsiębiorstwa. Jak widać na załączonym przykładzie jest to niemałą trudnością, a nawet (obserwując doświadczenia zakładów produkcyjnych) można by rzec – niemożliwością. Dla tak sformułowanego problemu, jaki wykorzystany został w eksperymencie, pozostaje jedynie poszukiwanie rozwiązań optymalnych w sensie Pareto lub zadowolenie się jednym z wyników uzyskanych dla alternatywnych planów realizacji przedsięwzięcia w punktach załamania krzywej kosztu. Decydent (kierownik/realizator projektu) dokonuje przeważnie subiektywnej oceny poszczególnych wariantów planu, ewentualnie zostają one poddane wielokryterialnej ocenie końcowej ze względu na inny dobór kryteriów.

Podsumowując, należy również dodać, że dla mniej wymagających decydentów wystarczającym mogą być plany o minimalnym koszcie z deterministycznym czasem realizacji, a także plany o minimalnym czasie realizacji przedsięwzięcia z kosztem najbliższym kosztowi narzuconemu.

5. Wnioski

Przeprowadzone badania i analiza wyników badań pozwalają na sformułowanie następujących wniosków:

1. Metody sieciowe stosowane w technicznym przygotowaniu produkcji do analizy czasowo-kosztowej przedsięwzięć pozwalają wyznaczać optymalne terminy i koszty poszczególnych zadań oraz w dokładny sposób definiują dyrektywny termin zakończenia realizacji wszystkich prac projektowych.
2. Stosowanie przedziałów czasowych $\langle t_{gr}, t_n \rangle$ i kosztowych $\langle K_n, K_{gr} \rangle$ charakteryzujących poszczególne czynności umożliwia przybliżenie badanego problemu do warunków rzeczywistych.
3. Planowanie sieciowe technicznego przygotowania produkcji pozwala na uzyskanie wielu alternatywnych planów realizacji przedsięwzięcia, tworząc zbiór rozwiązań dopuszczalnych.
4. Dwa skrajne warianty ze zbioru rozwiązań dopuszczalnych wyznaczane są dla

następujących charakterystyk: czas normalny czynności t_n , przy którym koszty jej wykonania K_n są najniższe oraz czas graniczny t_{gr} , najkrótszy możliwy ze względów technicznych i technologicznych czas wykonania czynności przy koszcie granicznym K_{gr} .

5. Warianty dopuszczalne różnią się między sobą uzyskanymi terminami zakończenia przedsięwzięcia i całościowymi kosztami jego realizacji.
6. Zestawienie czasów i kosztów dla poszczególnych wariantów realizacji przedsięwzięcia w funkcję $K=f(t)$ determinuje przebieg liniowy zależności kosztów wykonania przedsięwzięcia od czasu jego trwania.
7. Zastosowane oprogramowanie w postaci komputerowego systemu planowania realizacji przedsięwzięcia, a w szczególności modułu planowania sieciowego, pozwala w dość prosty sposób na uzyskanie i interpretację rezultatów analizy czasowo-kosztowej technicznego przygotowania produkcji.
8. Ostateczny rezultat – wybór najlepszego wariantu planu realizacji przedsięwzięcia zależy od zakresu wiedzy i kompetencji ekspertów dokonujących końcowej selekcji wśród uzyskanych rozwiązań dopuszczalnych, a także w ścisły sposób koreluje z oczekiwaniami inwestorów lub odbiorców w kwestiach ekonomicznych i terminowych.

Literatura

1. Dworczyk M.: Organizacja technicznego przygotowania produkcji. PWE, Warszawa, 1973.
2. Haratym F.: System technicznego przygotowania produkcji. WNT, Warszawa, 1979.
3. Brzeziński M.: Podstawy metodyczne projektowania rozruchu nowej produkcji. PWN, Warszawa, 1996.
4. Łapuńska I.: Metoda modyfikacji planu realizacji projektu w momencie wystąpienia zakłócenia. Praca doktorska. Politechnika Warszawska, Warszawa, 2008.
5. Łapuńska I., Knosala R.: Wyznaczanie alternatywnych planów realizacji projektu w punktach załamania krzywej kosztu. Przegląd Mechaniczny, nr 5/07, pp. 83-85.
6. Knosala R. i Zespół: Komputerowe wspomaganie zarządzania przedsiębiorstwem. Nowe metody i systemy. Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa, 2007.
7. Łapuńska I., Knosala R.: System komputerowy wspomagający modyfikację planu realizacji projektu w warunkach zakłóceń. Praca pod redakcją R. Knosali, Komputerowo Zintegrowane Zarządzanie, Tom I, Oficyna Wydawnicza Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, Opole, 2007.

Mgr inż. Iwona ŁAPUŃKA
Prof. dr hab. inż. Ryszard KNOSALA
Instytut Innowacyjności Procesów i Produktów
Politechnika Opolska
45-370 Opole, ul. Ozimska 75
tel.: (0-77) 423 40 39
e-mail: i.lapunka@po.opole.pl
r.knosala@po.opole.pl