

PROGRAMOWANIE BADAŃ GEOLOGICZNO-INŻYNIERSKICH METODĄ MDC

UKD 624.131.001.12.004.58:627.42+627.8(498.312-202 Niedzica i Sromowce Wyżne)

Realizacja coraz większych i bardziej skomplikowanych przedsięwzięć wymaga udoskonalenia nie tylko metod technologicznych, lecz także — a w niektórych przypadkach przede wszystkim — dotychczas stosowanych metod organizacyjnych¹. Udoskonalone stare metody lub powstające nowe powinny umożliwić:

- 1) wariantowe opracowywanie koncepcji realizacji,
- 2) dokonywanie wyboru najwłaściwszej metody zarówno z punktu widzenia czasu, jak i kosztów,
- 3) łatwą i szybką aktualizacją dokumentacji organizacyjnej.

Stosowana dotychczas powszechnie metoda harmonogramów jest bardzo pracochłonna, a w przypadku jakiegokolwiek odstępstwa od założeń pierwotnie opracowany harmonogram przestaje być przydatny (12, 10). Ponadto harmonogram jest czytelny i przejrzysty, jeżeli ilość czynności w nim zawartych nie przekracza około 20—30, gdy przy realizacji nawet niedużych przedsięwzięć w wyniku najbardziej ogólnego podziału na czynności jest ich znacznie więcej. Z tych też względów (oraz i innych, które zostaną omówione) metoda harmonogramów zaczyna być coraz bardziej wypierana przez nowe metody organizacyjne, różniące się w sposób istotny zarówno co do formy ujęcia, jak i szybkości dokonywania niezbędnych obliczeń, które mogą być przeprowadzane za pomocą maszyn liczących.

Powyższe metody zastosowano po raz pierwszy w 1957 r. w krajach zachodnich. Ulegają one ciągłemu doskonaleniu i obejmują coraz szerszy zasięg (8). Rozwój ich nastąpił w dwóch kierunkach: deterministycznym i probabilistycznym. Różnice między kierunkami rozwoju wynikały z różnych potrzeb, jakim miały te metody służyć.

Kierunek deterministyczny reprezentowany jest przez CPM — Metoda drogi krytycznej (Critical Path Method) i pokrewne metody. Jest uważany za odpowiedni dla stosowania w budownictwie ze względu na możliwość jednoznacznego określania danych związanych z organizacją przedsięwzięcia (1).

Kierunek probabilistyczny reprezentowany przez PERT² — Metoda planowania i kontroli przedsięwzięć (Program Evaluation and Review Technique) wraz z metodami pokrewnymi uznano za dogodny dla celów kontroli i oceny prawdopodobieństwa wykonania planu skomplikowanych przedsięwzięć. W PERT położono nacisk na uzyskanie przy użyciu metod statystycznych informacji dotyczących czasu trwania czynności (możliwość operowania kilkoma ocenami czasów trwania jednej czynności przy ustalaniu czasu oczekiwanego).

Rozwój metod w ujęciu deterministycznym następuje szczególnie w kierunku analizy zużycia środków na podstawie układu czynności. Na tego rodzaju tendencje rozwojowe wskazuje np. RAMPS³ Metoda planowania złożonych przedsięwzięć i rozmieszczenia środków (Resource Allocation and Multi Project

Scheduling). Konieczność uwzględnienia przebiegu finansowania oprócz czynnika czasu w planowaniu i kontroli działalności gospodarczej spowodowała opracowanie w kierunku probabilistycznym np. systemu PERT — COST — Planowanie kosztów metodą PERT — COST (Cost planning with PERT).

W Polsce jedną z powszechnie stosowanych jest MDC — Metoda Decydujących Ciągów Czynności, którą określono zespół metod opartych na analizie struktury układu czynności i wyznaczaniu decydującego ciągu czynności (drogi krytycznej). Stosowanie MDC umożliwia wyznaczenie optymalnego czasu trwania procesu, odpowiadającego najniższemu kosztom dla określonych warunków oraz dostosowanie czasu trwania do postulowanego przy najmniejszym wzroście nakładów. Istnieje szereg sposobów analizy procesów opartych na wyznaczaniu decydujących ciągów czynności; różnią się one między sobą rodzajem i zakresem przetwarzanych i dostarczanych informacji oraz odmianami procedury, a wykorzystanie ich jest zależne od warunków i potrzeb.

Praktyczne zastosowanie metod organizacji opartych na analizie trasy krytycznej nastąpiło w Polsce w 1963 r. (5, 12). Nieznane są jednak dotychczas próby zastosowania metod analizy drogi krytycznej do organizacji badań geologiczno-inżynierskich. Istniejące w tym zakresie opracowania formułują raczej zasady oraz wykazują korzyści, jakie mogłyby być osiągnięte w przypadku ich zastosowania (np. 11). Wydaje się zatem słuszne omówienie przykładowo badań geologiczno-inżynierskich związanych z wykonywaniem wstępnej dokumentacji dla budowy zapór w Niedzicy i Sromowcach, dla których projekt organizacji opracowano na podstawie nowych metod. Projekt ten został w praktyce rzeczywiście wykorzystany i umożliwił osiągnięcie oczekiwanych efektów. Ze względu na to, że dla wymienionych badań został pierwotnie opracowany projekt organizacji na podstawie metody harmonogramów, przykład ten umożliwi jednocześnie porównanie obu metod (13).

I. Procedura MDC. Procedurę tej metody można ująć w następujących stadiach (12):

1. Podział procesu na czynności dokonywany dla wyodrębnienia operacji, których wykonanie jest względnie niezależne, poza związkami następstwa wynikającymi z przyjętej technologii i organizacji procesu.

2. Określenie zależności następstwa czynności. Wynikiem ustalenia zależności rozpoczęcia jednych czynności od ukończenia poprzedzających jest model układu czynności. Początek i koniec czynności na modelu stanowią punkty w czasie nazwane faktami. Na ryc. 1 przedstawiono kilka najczęściej spotykanych w MDC zapisów.

3. Określenie czasu trwania czynności — czas trwania czynności może być określony jednoznacznie na podstawie norm, normatywów lub doświadczenia bądź metodami statystycznymi przy założeniu prawdopodobieństwa według najczęściej stosowanego rozkładu beta i ze wzoru:

$$t_e = \frac{a + 4m + b}{6}$$

¹ Artykuł niniejszy stanowi skrót referatu wygłoszonego na zebraniu naukowym Kat. Geol. — Inż. UW.

² Podany do wiadomości i przyjęty w praktyce gospodarczej USA od 1958 r.

³ Program RAMPS (8) nie może być obecnie w pełni wykorzystany ze względu na ograniczone pamięci operacyjne maszyn cyfrowych zainstalowanych w polskich ośrodkach obliczeniowych.

DANE O CZYNNOSIACH Tabela I

gdzie: t_e — czas oczekiwany,
 a — ocena czasu optymistyczna (najkrótsza),
 b — ocena czasu pesymistyczna (najdłuższa),
 m — czas najbardziej prawdopodobny.

Czas oczekiwany jest tym pewniejszy im mniejsze są rozbieżności ocen optymistycznej i pesymistycznej.

4. Analiza czasu trwania procesu. W wyniku obliczeń przeprowadzonych w tym stadium uzyskuje się:

a) informacje o terminach najwcześniejszych rozpoczęcia i zakończenia czynności oraz zaistnienia faktów; terminy najwcześniejsze (NW), wyznaczone są przez sumy czasów najdłużej trwającego ciągu czynności, spośród poprzedzających dany fakt;

b) informacje o najpóźniejszych terminach rozpoczęcia i zakończenia czynności oraz zaistnienia faktów; terminy najpóźniejsze (NP) wyznaczone są poprzez odejmowanie czasów trwania czynności, występujących po rozpatrywanym fakcie, od terminu faktu końcowego.

Różnice między najwcześniejszym i najpóźniejszym terminem zakończenia czynności dają całkowity luz w czasie. Jeżeli całkowity luz jest równy zeru — czynność, dla której to nastąpiło, jest czynnością decydującą, a ciąg tego rodzaju czynności nazwano decydującym ciągiem czynności. Uzyskane informacje o czynnościach służą do oceny układu czynności i kontroli jego przebiegu.

5 Wybór optymalnego układu czynności — w tym stadium występuje przyjęcie koncepcji organizacji oraz ujęcie jej w formie dokumentacji. Po zbudowaniu modelu układu czynności okazać się może, że czas trwania procesu jest zbyt długi w stosunku do postulowanego. Przy konieczności doprowadzenia terminu zakończenia aż dożądanego, celowe jest zajęcie się czynnościami decydującymi ciągu (najdłużej trwający ciąg czynności na modelu) i tylko wówczas, gdy jest to realne z punktu widzenia technologii procesu. Ponadto skracanie czasu trwania czynności powinno być osiągnięte, poczynając od tych czynności decydujących, dla których można to osiągnąć przy najmniejszym wzroście nakładów na jednostkę skróconego czasu.

Podstawowa dokumentacja, przy obliczeniach prowadzonych ręcznie (co jest realne i opłacalne dla modelu zawierającego nie więcej niż 200 czynności) obejmuje: model układu czynności (ryc. 2), który może być ewentualnie wykonany w skali czasu, tabelę z danymi o czynnościach (tab. I) oraz tabelę z danymi o faktach (tab. II).

W stosunku do harmonogramów metoda MDC wykazuje cztery następujące podstawowe zalety:

1) ułatwia ściśle i przejrzyste (w sensie graficznym) określenie zależności czynności, okoliczność szczególnie ważna przy dużej ilości czynności występujących w procesie;

2) pozwala na ustalenie decydujących ciągów czynności, mających główny wpływ na ogólny czas trwania całego procesu i w dostosowaniu do nich na swobodne organizowanie pozostałych czynności;

3) umożliwia określenie dwóch terminów, najwcześniejszego i najpóźniejszego rozpoczęcia i zakończenia czynności, pierwszy z nich jest szczególnie ważny dla wykonawcy danej czynności, drugi natomiast dla organu kontrolującego przebieg jej realizacji;

4) ułatwia aktualizację dokumentacji organizacyjnej często konieczną do przeprowadzenia już w toku realizacji danego procesu (przy harmonogramach aktualizacja praktycznie sprowadza się do nowego ich opracowania, przy metodzie MDC aktualny pozostaje w dalszym ciągu sporządzony model układu czynności z tym, że niezbędne są tylko proste przeliczenia terminów).

II. Projekt organizacji badań geologiczno-inżynierskich opracowany na podstawie metody harmonogramów i metody MDC. Projektowany zespół zbiorników wodnych w Niedzicy i Stronowcach Wężnych obejmuje budowę zapory głównej w Niedzicy,

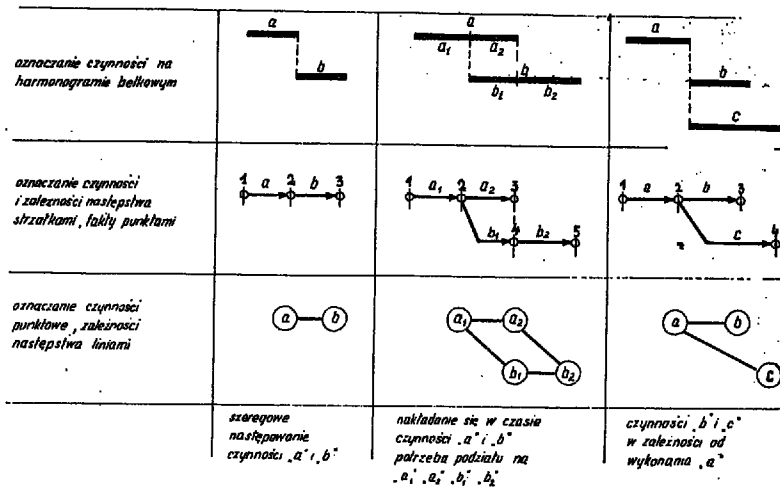
Lp.	Czynności	Fakty określające czynność	Czas trwania w dniach	Termin rozpoczęcia		Termin zakończenia		Luz		Czynności decydującego ciągu
				NW	NP	NW	NP	całkowity	wolny	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Projekt i wykonanie aparatury badawczej (moduł sprężystości, ścinanie, sprzężanie)	1-2	120	0	0	120	120	0	0	x
2	Wykonanie sztolni lewobrzeżnej	1-6	90	0	90	90	180	90	90	
3	Wykonanie sztolni prawobrzeżnej	2-3	30	120	240	150	270	120	0	
4	Przygotowanie badań modułu sprężystości	2-4	30	120	240	150	270	120	0	
5	Linia zerowa	3-4	0	—	—	—	—	—	—	
6	Sztolnie prawobrzeżne i inne	4-5	30	150	270	180	300	120	0	
7	Przygotowanie badań modułu sprężystości sztolnie lewobrzeżne	5-7	30	180	300	210	330	120	0	
8	Przygotowanie badań odprężeń sztolnie lewobrzeżne	2-6	60	120	120	180	180	0	0	x
9	Przygotowanie badań odprężeń sztolnia lewobrzeżna c. d.	6-8	30	180	180	210	210	0	0	x
10	Badanie odprężeń sztolnia lewobrzeżna nowa	8-9	180	210	210	390	390	0	0	x
11	Badanie odprężeń sztolnia prawobrzeżna i w szybie w dnie doliny Dunajca	6-9	180	180	210	360	390	30	30	
12	Badanie modułu sprężystości sztolnia lewobrzeżna nowa	5-9	90	180	300	270	390	120	120	
13	Badanie modułu sprężystości sztolnie lewobrzeżne nowa i stara	7-9	60	210	330	270	300	120	120	
14	Sprawozdanie z badań	9-10	30	390	390	420	420	0	0	x

DANE O FAKTACH Tabela II

Nr faktu	Najwcześniejszy termin zaistnienia	Najpóźniejszy termin zaistnienia	Luz całkowity dla faktu	Fakty decydującego ciągu
1	0	0	0	x
2	120	120	0	x
3	150	270	120	
4	150	270	120	
5	180	300	120	
6	180	180	0	x
7	210	330	120	
8	210	210	0	x
9	390	390	0	x
10	420	420	0	x

Ryc. 1. Przykłady oznaczania czynności na modelu układ czynności i na harmonogramie belkowym (12).

Fig. 1. Examples of determining operations on a model of operation system and on a bar graph (12)



Ryc. 2. Wycinek modelu układu czynności (zapora Niedzica).

1. $120 \times 30 + 30 + 60 + 30 = 300$
2. $120 + 30 + 30 + 90 + 30 = 300$
3. $120 + 60 + 180 + 30 = 390$
4. $120 + 60 + 30 + 180 = 420$
5. $90 + 30 + 180 + 30 = 330$

Fig. 2. A part of a model of operation system (dam at Niedzica).

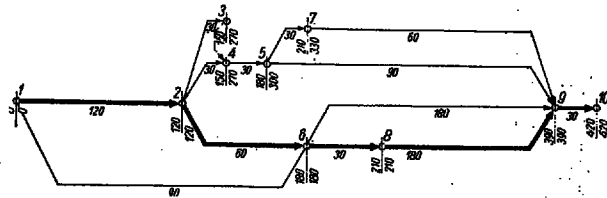


Tabela III

Lp.	Wyszczególnienie	Czasokres badań z opracowaniem całości dokumentacji miesięcznie		Liczba aparatów wiertniczych mechanicznych		Liczba aparatów udarowych		Liczba aparatów do wierceń ręcznych		Liczba brygad roboczych		Uwagi
		HY-DRO-GEO	IOMB	HY-DRO-GEO	IOMB	HY-DRO-GEO	IOMB	HY-DRO-GEO	IOMB	HY-DRO-GEO	IOMB	
1	Zapora czołowa Niedzica	23	17	6	8 (10) ¹	—	—	—	—	12	12 ²	¹ Konieczna jest rezerwa dwóch dalszych aparatów wiertniczych na wypadek awarii ² oraz 1 koparka 0,25 m ³
2	Czasza zbiornika Niedzica	21	13	—	—	—	—	3	4	6	17	
3	Ochrona zamku Niedzica	18	14	2	3	—	—	—	—	1	1	
4	Ochrona zamku Czorsztyn	17	14	2	3	—	—	—	—	1	1	
5	Ochrona wsi Frydman	11	12	1	1	2	2	—	—	1	1	
6	Ochrona wsi Dębno	11	11	—	—	2	2	—	—	1	1	
7	Zapora Sromowce (z czaszą)	9,5	11	3	3	—	—	2	2	2	4	
8	Złóża materiałowe	12	11	—	—	—	—	8	8	—	4	
	Ogółem			14	20	4	4	13	14	24	37 ³	³ oraz 1 koparka 0,25 m ³

zapory w Sromowcach Wyżnych oraz roboty związane z zabezpieczeniem przed ewentualnymi skutkami wynikającymi ze spiętrzenia wody następujących obiektów: Zamki w Niedzicy i Czorsztynie oraz wieś Frydman i Dębno. Projekt ten wymaga jednocześnie przełożenia i budowy około 50 km dróg.

1. Zakres i metodyka badań. Całość badań geologicznych można w zasadzie podzielić na dwie grupy:

a) badania dla określenia charakterystyk geologiczno-inżynierskich podłoża i warunków hydrogeologicznych poszczególnych obiektów,

b) badania, dotyczące wybranych zagadnień (np. ciśnienia dopuszczalne przy cementacji podłoża, naprężenia wewnętrzne w górotworze itp.).

Badania geologiczne obejmują zarówno prace w terenie (in situ), jak i w laboratorium. Prace w te-

Ryc. 3. Model układu czynności dla organizacji badań geologiczno-inżynierskich M.D.C. Budowa zespołu zapór wodnych w Niedzicy i Sromowcach Wyżnych.

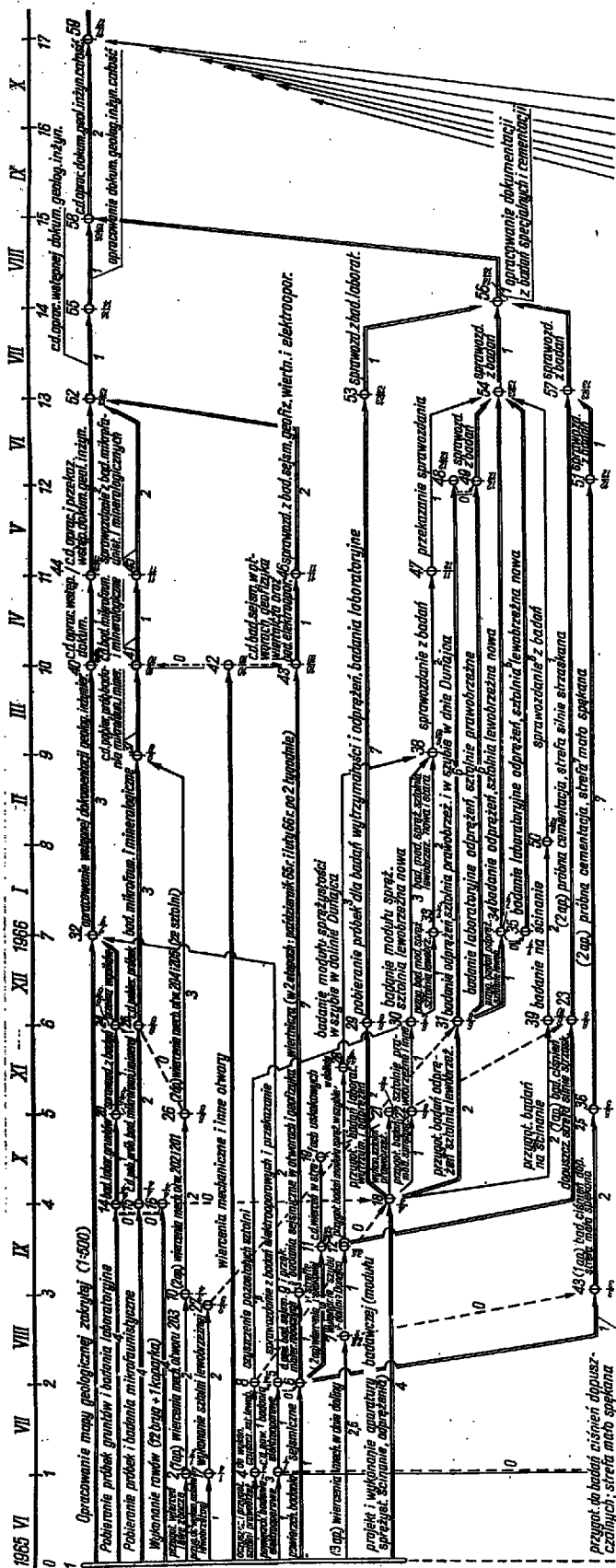


Fig. 3. Model of operation system for organization of engineering-geological researches by means of MDC. Complex of dams constructed at Niedzica and Sromowce Wyżne.

renie polegają na wykonywaniu otworów wiertniczych, rowów i szybików oraz sztolni. Przewiduje się łączne wykonanie 281 otworów wiertniczych (wiercenia mechaniczne, ręczne i udarowe) długości ok. 5000 m i 230 sondowań o łącznej głębokości 850 m. Prace odkrywkowe (rowy i szybiki) wynoszą ok. 15 000 m³, gómicze natomiast (wykonanie nowych i oczyszczenie starych sztolni) ok. 1500 m³.

Prace laboratoryjne obejmują wykonanie badań na ok. 2000 próbek gruntu i skał pobranych w miejscach badań in situ. Większość próbek (ok. 70%) dotyczy określenia własności fizycznych gruntów.

Przyjęto ogólne założenie, że w pierwszej kolejności prowadzone są badania mające pozwolić na określenie charakterystyk geologiczno-inżynierskich podłoża poszczególnych obiektów, w drugiej zaś kolejności badania dotyczące wybranych zagadnień. Lokalizacja tych badań może nastąpić dopiero po określeniu charakterystyk geologiczno-inżynierskich badanego podłoża i wydzieleniu wyodrębniających się kompleksów geologicznych.

W celu określenia charakterystyk geologiczno-inżynierskich podłoża przewidziano zastosowanie metod geofizycznych (elektrooporowa i sejsmiczna) oraz wiercenia i odkrywki. Należy podkreślić iż w ramach badań dla wybranych zagadnień zaprojektowano prace, które wykonywane miały być po raz pierwszy w kraju. Dotyczy to szczególnie określenia wewnętrznych naprężeń w górotworze, ciśnień dopuszczalnych przy cementacji i wymagało zaprojektowania nowej aparatury badawczej oraz bardzo uważnego śledzenia przebiegu badań w celu szczegółowego dopracowania metodyki badań.

2. Metoda harmonogramów. Opracowany przez „Hydrogeo” projekt robót geologicznych zawiera 9 harmonogramów szczegółowych dla poszczególnych obiektów (tematów) oraz jeden harmonogram zbiorczy podający w formie jednej linii czasokres trwania całości badań na każdym obiekcie.

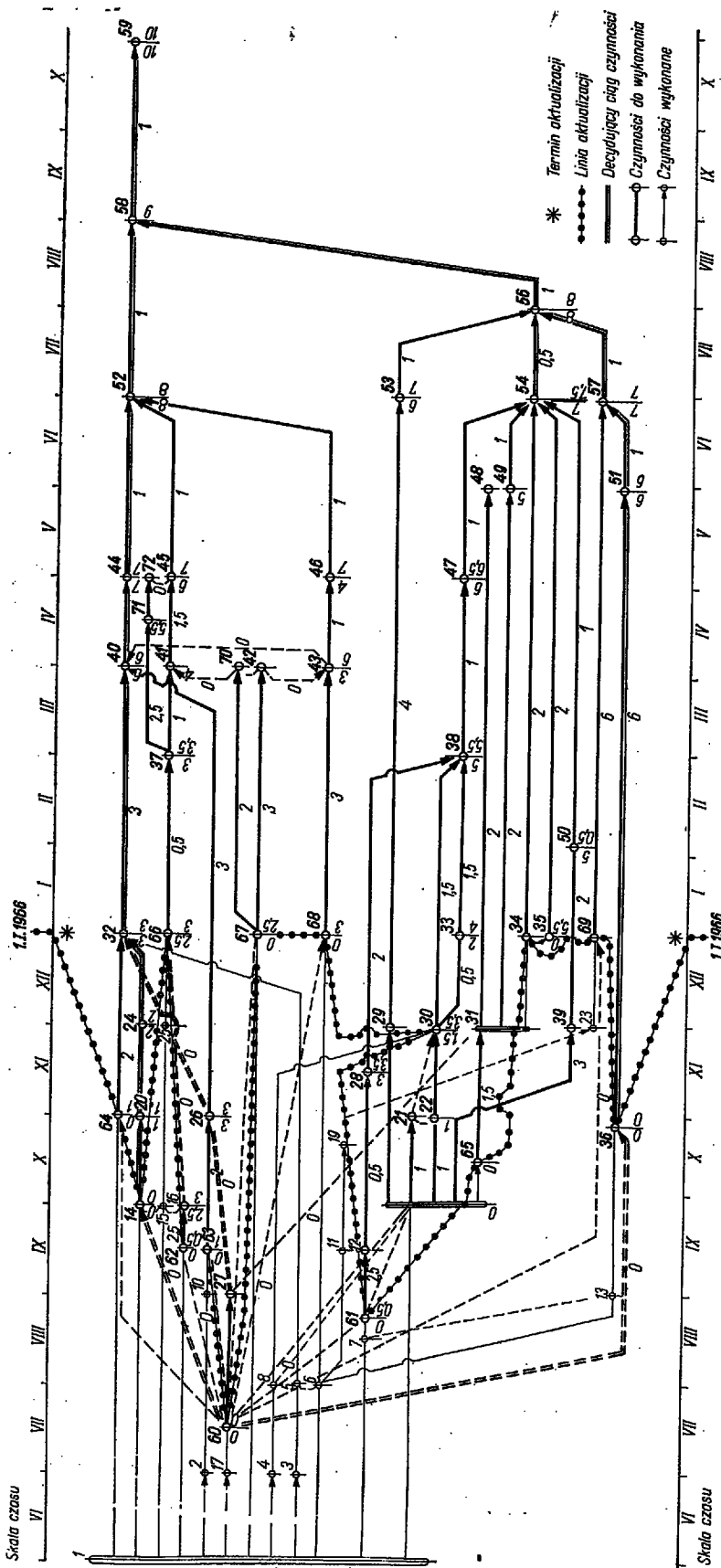
Porównując wynikające z harmonogramów terminy przekazania dokumentacji geologiczno-inżynierskiej badań z terminami, w jakich „Hydroprojekt” powinien ją otrzymać, by zakończyć opracowanie projektu wstępnego w założonym terminie, stwierdzono zbieżność jedynie w odniesieniu do trzech obiektów: ochrona wsi Frydman i Dębno oraz zaporą w Sromowcach. Dla pozostałych obiektów terminy są znacznie późniejsze, a różnice w czasie są szczególnie duże dla zasadniczego obiektu, jakim jest zaporą w Niedzicy (różnica 12 miesięcy) oraz dla czaszy zbiornika Niedzica (różnica 10 miesięcy). W tym ostatnim obiekcie (temacie) mieści się zagadnienie przełożenia dróg, które powinno być w pierwszej kolejności rozwiązane przez biuro projektów.

3. Metoda MDC. Głównym celem nowego projektu było opracowanie takiej organizacji robót, która by umożliwiła „Hydroprojektowi” zakończenie dokumentacji w założonym terminie. Opracowanie tego projektu oparto na założeniu, że zarówno zakres, jak i metodyka badań nie ulegają zmianom w stosunku do przyjętych w „Projekcie robót geologicznych” opracowanym przez „Hydrogeo”. Główny akcent natomiast położony został na maksymalne, ale z punktu widzenia technologii badań możliwe skrócenie czasu trwania podstawowych, a zarazem najdłuższych cykli badań. Nie zmieniając w zasadzie przyjętych w „Projekcie robót geologicznych” norm wydajności dla urządzeń wiertniczych i бригад робочих, poszukiwania możliwości skrócenia tych cykli szły w kierunku:

- 1) planowania równoległego przebiegu robót w zakresie uwarunkowanym technologią procesu;
- 2) ściślejszego powiązania badań wzajemnie się warunkujących; przyjęto zasadę, że kolejno następu-

Ryc. 4. Aktualizacja modelu układu czynności i dla organizacji badań geologiczno-inżynierskich (zapora Niedzica).

Fig. 4. Model of operation system actualized for organization of engineering-geological researches (dam at Niedzica).



jące po sobie badania mogą być rozpoczynane na podstawie wyników roboczych (i ich wstępnej interpretacji) poprzedzających je badań;

3) wydzielenia wyników pewnych badań nie mających decydującego znaczenia dla opracowania projektu wstępnego zespołu zbiorników poza termin złożenia całości dokumentacji geologiczno-inżynierskiej z przeprowadzonych prac badawczych;

4) zwiększenia ilości środków (urządzeń wiertniczych, brygad roboczych) oraz zmechanizowanie robót odkrywkowych (zapora Niedzica) w okresach decydujących o czasie trwania procesu.

Wobec dużej rozbieżności w okresach trwania badań na poszczególnych obiektach (odnosi się to szczególnie do zapory w Niedzicy, dla której ten jest dłuższy) przyjęto, że wynikowa dokumentacja z badań przekazana będzie do „Hydroprojektu” oddzielnie dla każdego obiektu.

W pierwszej kolejności przeanalizowano z poszczególnymi wykonawcami robót technologię poszczególnych badań, ich wzajemne powiązania oraz wynikające z zaproponowanych zmian organizacyjnych dokonanych na podstawie podanych wyżej założeń, właściwe czasy trwania badań i przekazania dokumentacji wynikowej. W oparciu o te ustalenia opracowano model układu czynności dla wszystkich badań niezbędnych przy opracowaniu projektu wstępnego zespołu zbiorników w Niedzicy i Sromowcach. W modelu tym przyjęte badania podzielono na 8 głównych obiektów (stanowiących jednocześnie wyodrębniające się tematy). Są to: zapora czołowa Niedzica, czasza zbiornika Niedzica, ochrona zamku Niedzica, ochrona zamku Czorsztyn, ochrona wsi Dębno, ochrona wsi Frydman, zapora Sromowce, złoza materiałów budowlanych.

Opracowano przede wszystkim oddzielne modele dla każdego z wyodrębnionych obiektów, następnie powiązано je w jeden wspólny model układu czynności dla całości badań, zwracając szczególną uwagę na skoordynowanie pracy tych instytucji, czy przedsiębiorstw, które prowadzić je będą na kilku obiektach (np. Zakład Nauk Geologicznych PAN w zakresie prac fotogrametrycznych itp.).

Opracowany model obejmuje 250 czynności oraz 172 faktów. Został on przedstawiony na skali czasu w terminach najwcześniejszych. Wycinek modelu dotyczący zasadniczego obiektu, jakim jest zapora w Niedzicy przedstawiony jest na ryc. 3.

W modelu układu czynności, jako dominującą część procesu przyjęto czynności wykonywane na pierwszym odcinku, tj. na zaprze Niedzicy. Decydujący ciąg czynności tej części procesu ma główne znaczenie dla terminu końcowego całości badań. Decydujące ciągi czynności w procesach badań pozostałych obiektów potraktowano jako tzw. lokalne decydujące ciągi⁴. Występują bowiem one tylko przy założeniu, że najwcześniejszy termin oddania dokumentacji dla poszczególnych obiektów jest równy najpóźniejszemu terminowi oddania tych dokumentacji. Wyznaczenie lokalnych dróg krytycznych ma znaczenie dla organizacji poszczególnych części badań, zgodnie z przyjętą zasadą przekazywania dokumentacji geologiczno-inżynierskiej oddzielenie dla każdego obiektu.

4. Porównanie obydwóch wariantów projektu. Porównanie wyników tych dwóch projektów przeprowadzono w odniesieniu do dwóch głównych elementów:

— okresów trwania badań na poszczególnych obiektach (łącznie z opracowaniem dokumentacji geologiczno-inżynierskiej),

— zaangażowania środków (głównie aparatów wiertniczych, brygad roboczych) do przeprowadzenia prac geologicznych. Odnośne dane zestawiono w tab. III.

Zasadnicze skrócenie czasokresów badań uzyskano dla zapory czołowej (o 6 miesięcy), czaszy zbiornika Niedzicy (o 8 miesięcy). Dla ochrony zamków w Niedzicy i Czorsztynie skrócenie to wynosi odpowiednio 4 i 3 miesiące. W pozostałych obiektach, dla których czasokresy zaproponowane w projekcie „Hydrogeo” nie limitowały opracowania projektu wstępnego, pozostały one w zasadzie bez zmian.

W zakresie zaangażowania środków nowy projekt IOMB-u przewidywał zwiększenie liczby aparatów wiertniczych o 6 (czyli 40%) oraz liczby brygad roboczych o 13 (czyli 50%), z tym że zaprojektowano równocześnie zastosowanie koparki o pojemności łyżki 0,25 m³ w okresie 4 miesięcy. Warto zaznaczyć, że samo zastosowanie koparki umożliwia skrócenie robót odkrywkowych o 5–6 miesięcy, a tym samym i terminów zakończenia badań specjalnych, które mogą być rozpoczęte dopiero po zakończeniu robót odkrywkowych.

Należy jeszcze raz podkreślić, że skrócenie czasokresów badań zostało osiągnięte zarówno drogą zwiększenia ilości środków, jak i ściślejszego wzajemnego powiązania warunkujących się badań.

III. Porównanie przebiegu realizacji badań z opracowanym modelem układu czynności oraz jego aktualizacja. Można ogólnie stwierdzić, że wszystkie przyjęte założenia przy opracowywaniu modelu układu czynności okazały się słuszne i realne. W konsekwencji więc terminy zakończenia badań i przekazywania dokumentacji zostały w zasadzie dotrzymane.

W styczniu 1966 r. przeprowadzono szczegółową analizę postępu badań dla głównego obiektu jaki stanowi zapora czołowa w Niedzicy. Wobec stwierdzenia pewnych opóźnień w niektórych z nich dokonano aktualizacji modelu układu czynności (7). Ogólnie biorąc, aktualizacja może być przeprowadzona w trzech zakresach zależnie od potrzeb i warunków realizowanego przedsięwzięcia. Zakres pierwszy to zbadanie i naniesienie stanu rzeczywistego — w terminie aktualizacji — na model oraz dokonanie przeliczeń dla uzyskania nowych terminów. W zakresie drugim przewidziano wprowadzenie zmian w danych o czynnościach, jak: zmiany ocen czasów trwania czynności, zmiany ilości zatrudnionych, ilości lub rodzaju sprzętu itp. Zakres trzeci

⁴ Ze względu na przyjęty stopień szczegółowości podziału czynności, oparcie się na okresach ich trwania w miesiącach oraz krótkie terminy ich realizacji w poszczególnych obiektach wystąpiło szereg lokalnych decydujących ciągów (o jednakowym natężeniu); przy większym stopniu uszczegółowienia modelu ilość tych ciągów uległaby zmniejszeniu.

umożliwia pewne zmiany w układzie czynności, tj. wprowadzenie nowych czynności, usunięcie uprzednio przyjętych, wprowadzenie nowych zależności (uwarunkowań) pomiędzy czynnościami itp.

Konieczność wprowadzenia zmian (o których mowa w drugim i trzecim zakresie aktualizacji) może występować często w pracach o charakterze badawczym — jak to miało miejsce przy aktualizacji modelu organizacji badań geologiczno-inżynierskich, gdzie w miarę postępu badań uszczegóławia się stopień rozpoznania zagadnienia.

Aktualizacja modelu układu czynności organizacji badań geologiczno-inżynierskich przebiegała następująco: wszystkie czynności modelu podzielono na trzy grupy (ryc. 4):

1) czynności, które w terminie przystąpienia do aktualizacji były rozpoczęte, lecz nie zakończone (czynności w toku) i fakty rozgraniczające czynności zakończone od nierozpoczętych; czynności i fakty tej grupy stworzyły obszar, który nazwano „strefą aktualizacji”.

2) czynności i fakty leżące na lewo od strefy aktualizacji do faktu początkowego na modelu; grupę tę stanowią czynności, które do momentu aktualizacji były wykonane oraz fakty, które do tego momentu zaistniały.

3) czynności i fakty leżące na prawo od strefy aktualizacji oraz fakty, które będą musiały zaistnieć.

Analizy czynności dokonano w dwóch etapach. W etapie pierwszym przeanalizowano tylko czynności strefy aktualizacji (grupa 1), uzyskując dane o stanie rzeczywistym czynności w toku (zużycie czasów i wykorzystanie luzów). Po uzyskaniu powyższych informacji przystąpiono do pierwszego zakresu aktualizacji. Dane o stanie rzeczywistym naniesiono na model i dokonano przeliczeń, w wyniku których otrzymano nowy termin zakończenia. Ponieważ w omawianym przypadku uzyskany nowy termin (wynik pierwszego zakresu aktualizacji) przekraczał poważnie pierwotnie założony oraz istniała potrzeba dotrzymania pierwotnego terminu, wykorzystano możliwości jakie daje drugi i trzeci zakres aktualizacji. W tym celu przystąpiono do drugiego etapu analizy czynności. Przeanalizowano ponownie czynności strefy aktualizacji oraz czynności grupy trzeciej pod kątem możliwości wprowadzenia zmian. Zmiany te polegały głównie na wprowadzeniu nowych ocen czasów trwania czynności. Ponadto wprowadzono kilka nowych czynności oraz uwarunkowań pomiędzy czynnościami.

Dane uzyskane z drugiego etapu analizy naniesiono na model i dokonano przeliczeń. Uzyskane terminy (zarówno poszczególnych etapów badań jak i całości) uzgodnione z wykonawcami badań pokrywały się z pierwotnie założonymi i zostały przyjęte, jako obowiązujące w dalszym ciągu.

WNIOSKI

1. Opracowanie projektu organizacji badań geologiczno-inżynierskich w oparciu o metodę MDC pozwoliło na skrócenie okresu badań na podstawowych obiektach o 20–30%. Efekt ten został osiągnięty wyłącznie poprzez wprowadzenie pewnych zmian organizacyjnych bez ponoszenia jakichkolwiek kosztów dodatkowych. Warto w tym miejscu zaznaczyć, że podobne możliwości skrócenia czasu trwania procesu wyłącznie drogą zastosowania nowych metod organizacyjnych podają autorzy prac (11, 12). O ile jednak autorzy ci wyciągają swe wnioski na podstawie wykonanych modeli układu czynności już po zrealizowaniu odnośnych procesów, w Niedzicy skrócenie to zostało w rzeczywistości osiągnięte. Uzyskany efekt jest tym cenniejszy, że urealniał on opracowa-

⁵ Zmiany takie w dużym stopniu zależą od specyfiki organizowanego przedsięwzięcia.

nie projektu wstępnego całej inwestycji wartości około 2 mld złotych w założonym terminie.

2. Wykonanie dla tych samych badań dwóch projektów, jednego opartego na metodzie harmonogramów a drugiego na metodzie MDC, pozwoliło na uwypuklenie dużych zalet, jakie posiada metoda MDC. Dotyczy to m. in. szybkości aktualizacji dokumentacji jaka może być osiągnięta przy stosowaniu tej metody.

3. W celu uzyskania właściwych efektów przy stosowaniu metody MDC konieczne jest jednakże znacznie bardziej precyzyjne niż w metodzie harmonogramów opracowanie technologii wykonania poszczególnych czynności, ich wzajemnych powiązań, określenie środków itp.

LITERATURA

1. Antill J. M., Woodhead R. W. — Critical Path Method in Construction Practice. John Wiley & Sons, Inc. New York, London Sydney, 1965.
2. Dyżewski A. — Technologia i organizacja budowy. Arkady 1965.
3. Fondahl J. W. — A non computer approach to the Critical Path Method for the Construction Industry. Department of Civil Engineering Stanford University, 1962.
4. Idźkiewicz Z. — Analiza sieci powiązań i metoda ścieżki krytycznej. Skrypt CODKK —

SUMMARY

The article deals with the first attempt at applying in Poland the method of determining chains of operation (MDC — Polish variety of PERT method) in organizing engineering-geological researches related to a complex of two water basins constructed at Niedzica and Sromowce Wyżne.

Principles of this method are discussed, as well as technique of elaborating and actualizing a model of operation system is presented. The model is also compared with the graphic schedules previously made for these researches. If more parallel researches limited only by their technology, and a closer connection between the researches, as well as greater amounts of working crews and drilling rigs are taken into account, the model should allow to shorten the period of examinations by 20 — 30 per cent., thus making possible the elaboration of preliminary project of the intended construction in a planned period.

A comparison of the actual course of researches with the model demonstrates that all the parameters accepted for this model, among others, duration of individual research cycles, are right and real. The attempt at applying the MDC method in engineering-geological researches has shown that this method can successfully be applied in other scientific branches, too. A possibility of shortening the research time by about 20 — 30 per cent., only by means of better organization, forces to apply this method on a larger scale.

Zastosowanie metod matematycznych i maszyn cyfrowych w budownictwie. Warszawa, 1964.

5. Jaworski W., Miłobędzki J. — Metoda organizacji przedsięwzięć (Mark II) na M. C. Elliott 803. Instytut Elektrotechniki, 1963.
6. Kaufman A., Desbazeille G. — La méthode du chemin critique — Dunod Paris 1966.
7. Kupiszewska M. — Aktualizacja modelu układu czynności w procedurze MDC. Inwestycje i Budownictwo. 1966, nr 5.
8. Lambourn S. — Resource allocation and multiproject scheduling (RAMPS) — a new toll in planning and control. Computer Journal, 1962.
9. Lockyer K. G. — An Introduction to Critical Path Analysis. Pitman Sons LTD. London 1964.
10. Miączyński A. — Matematyczne metody planowania realizacji budowy, Prz. bud. 1965, nr 2.
11. Pawlak J., Markowski R. — Zastosowanie matematycznej analizy (metody Pert) w organizacji wykonywania prac hydrogeologicznych. Tech. Posz. 1966, nr 17.
12. Staniszkis W. — Zastosowanie metody decydujących ciągów czynności (MDC) do organizowania przedsięwzięć inwestycyjnych. Prace Instytutu Organizacji i Mechanizacji Budownictwa. Warszawa 1964 nr 509.
13. Thiel K. — Zastosowanie metody MDC przy organizacji badań geologicznych. Probl. Budown. 1965, nr 4—5.

РЕЗЮМЕ

Статья посвящена первой в нашей стране попытке применения метода определяющих цепей действий (ОЦД) для организации инженерно-геологических исследований, связанных с сооружением водохранилищ в местностях Недзика и Сромовце-Выжне.

Рассматриваются принципы этого метода, способ разработки и актуализации модели системы действий. Модель сопоставлялась с составленными ранее графиками действий. При условии более параллельного хода ряда работ в пределах данного технологического процесса, более тесной увязки работ взаимно обуславливающих друг друга, а также увеличения количества рабочих бригад и буровых станков, эта модель позволяет сократить сроки работ в среднем на 20—30%.

Сравнение действительного хода работ с моделью показывает, что все принятые исходные данные, например длительность отдельных циклов работ, были определены правильно и реально. Опыт применения метода ОЦД в инженерно-геологических исследованиях показал его полную пригодность в этой области. Возможность сокращения сроков работ на 20—30% исключительно только путем лучшей организации является достаточным стимулом широкого применения этого метода.