

Stanisław Zinnoch

ZASTOSOWANIE TECHNIKI KOMPUTEROWEJ I METOD SIECIOWYCH DO OCENY TECHNOLOGII ROBÓT TOROWYCH

Streszczenie. W artykule omówiono na przykładzie wymiany szyn klasycznych na bezстыkowe, że zastosowanie metod matematycznych przy organizowaniu kolejowych robót torowych, pozwoli osiągnąć określone korzyści. Przy rozwiązaniu problemu posłużono się statystyką matematyczną oraz techniką sieciową i komputerową. Metodą zweryfikowano w warunkach pracy PKP.

1. Wstęp

W organizacji procesów roboczych, w każdej dziedzinie życia gospodarczego odczuwa się w coraz większym stopniu potrzebę oparcia decyzji na naukowych podstawach. W dziedzinie planowania i kierowania wykonaniem robót torowych także stosowane dotychczas tradycyjne metody są niewystarczające.

Procesy torowe charakteryzują się w porównaniu do produkcji fabrycznej i robót budowlanych swoistą specyfiką, a mianowicie:

- jednostkowym charakterem zadań,
- podatnością na warunki atmosferyczne,
- ciągłą zmianą stanowisk pracy zespołów roboczych i maszyn, które przesuwają się wzdłuż frontu robót itp.

Złożoność procesów liniowych sprawia, że coraz istotniejszym i trudniejszym problemem staje się opracowanie poprawnej dokumentacji organizacji i technologii robót.

W pracy niniejszej omówiony zostanie, na przykładzie wymiany szyn klasycznych na bezстыkowe, problem planowania i kierowania robotami torowymi, przy wykorzystaniu do tego celu ETO i techniki sieciowej. Nie chodzi tu jednak o stronę techniczną omawianego zagadnienia, lecz o metody matematyczne zastosowane dla oceny wspomnianej organizacji i technologii robót.

Rozwijanie na coraz szerszą skalę przez PKP modernizacji dróg kolejowych uwydatniło problemy organizacyjno-techniczne, które utrudniają realizację zwiększonych zadań. Przyczyn tego stanu rzeczy należy dopatrywać się w stosowanych na PKP tradycyjnych metodach organizacji robót i niskim stopniu mechanizacji procesów roboczych. Dość często wymiana szyn odbywa się metodą kolejnego wykonania poszczególnych procesów roboczych, co wymaga parokrotnego zamykania szlaku, na którym są one prowadzone.

Zrozumiałe jest, że wstrzymanie ruchu pociągów powoduje znaczne straty kolei, ogranicza jej zdolność przewozową oraz wywołuje wtórne zakłócenia ruchu pociągów, przyczyniając się do zmniejszenia sprawności i niezawodności systemu kolejowego.

W takiej sytuacji projektowanie nowoczesnych technologii przy uwzględnieniu dostępnych środków technicznych i wykorzystaniu badań operacyjnych nabiera szczególnego znaczenia.

2. Analiza materiałów statystycznych z przebiegu robót wymiany szyn klasycznych na bezстыkowe

Z badań terenowych i odpowiedzi wszystkich DOKP na ankietę [31], [32] w tablicy 1 zestawiono podstawowe parametry dotychczasowych technologii wymiany szyn bezстыkowych. Ustalono również najmniejszą liczbę i czas zamknięć szlaku przy kompleksowej realizacji omawianych procesów. W większości rozpatrywanych technologii zamknięcia szlaku udzielane były na:

- rozładunek wzdłuż frontu robót nowych szyn bezстыkowych,
- spawanie szyn nowych w odcinki o długości odstępów blokowych,
- wymianę szyn inwentarzowych na szyny bezстыkowe,
- załadunek i wywiezienie ze szlaku odzyskanych z wymiany szyn.

Tablica 1

Zestawienie wybranych wskaźników technologii stosowanych na PKP

DOKP drogowy	Metoda	Czas trwania zmiany (godz.)	Liczba zamknięć	Wydaźność na godz. procesu zasadn.	Liczba zatrudnionych
1 (Warszawa)	w.wymienn. S49/S49	7	4	350	66
2 (Lublin)	ręczna S49/S49	8	3	200	196
3 (Kraków)	w.wymienn. S49/S60	9	4	190	145
4 (Katowice)	w.wymienn. S49/S49	6	4	200	100
5 (Wrocław)	ręczna S49/S60	8	4	150	112
6 (Poznań)	w.wymienn. S49/S49	8	3	350	133
7 (Szczecin)	ręczna S49/S49	6	2	210	67
8 (Gdańsk)	ręczna S49/S60	9	3	240	212

Czasami wykonawcy robót realizowali poszczególne procesy częściowe jak np. spawanie i wymianę szyn lub wymianę i załadunek szyn - w jednym zamknięciu. Wówczas liczba zamknięć zmniejszała się do trzech, a w sprzyjających warunkach do dwóch.

Wyboru poszczególnych procesów roboczych do badań dokonano w sposób losowy [8], a następnie zmierzono czasy trwania (zmienna losowa t) procesów częściowych zadania wymiany szyn.

Zgromadzony materiał empiryczny [27], [31], [32], [37] opracowano przy zastosowaniu statystyki matematycznej [11], [20]. Uzyskane dane o poszczególnych procesach zgrupowano w szeregi rozdzielcze w celu określenia charakterystyk statystycznych i ustalenia średniego czasu wykonania zadania [8], [11], [19], [20].

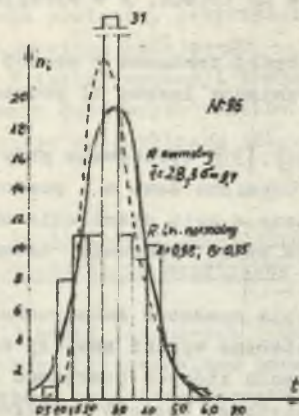
Dla oszczędności miejsca pominięto w pracy opis sposobów konstruowania szeregu rozdzielczego. Przytoczono jedynie ostateczne wyniki analizy komputerowej zgromadzonych materiałów, przy otrzymaniu których posłużono się programami standardowymi na mc Odra 1204. Geometryczny kształt rozkładów zmiennych " t " w poszczególnych próbach oraz średni czas trwania danego procesu - t i odchylenie standardowe σ pokazano na rys. 1-5.

W tabelicy 2 ujęto rezultaty dokonanych badań. Z zestawienia wynika, że średni czas wymiany 1 km szyn sposobem ręcznym trwa 15,45 godz., a sposobem wózków wymiennikowych 10,8 godz.

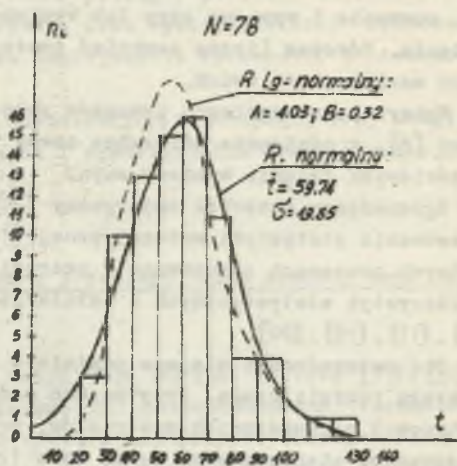
Tabela 2

Zestawienie porównawcze czasu wymiany 1 km szyn sposobem ręcznym i wózków wymiennikowych

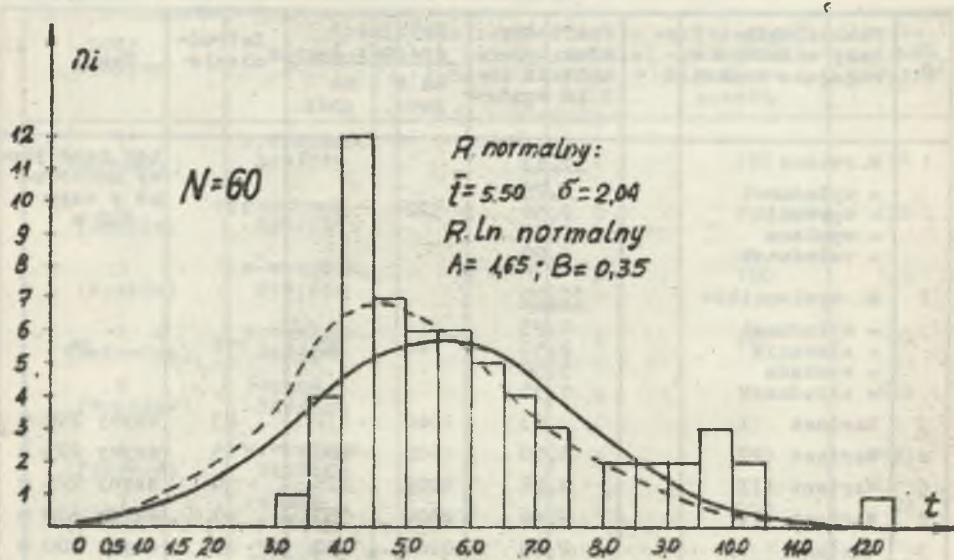
Lp.	Technologia i procesy składowe wymagające zamknięć	Potrzebny czas zamknięcia na 1 km wymiana	Wydaźność (m/godz.)		Zatrudnienie	Uwagi
			na 8 godz.	na 1 godz.		
1	M. ręczna - wyładunek - spawanie - wymiana - załadunek	15,45 1,25 2,50 7,71 4,00	520	65	147	tor bezstykowy montowano z szyn 400 m
2	M. wymienników - wyładunek - spawanie - wymiana - załadunek	10,80 1,25 2,50 5,50 1,55	740	92	111	jw.
3	Wariant I	7,53	1060	132	83	szyny 200 m
4	Wariant II	5,00	1600	200	65	szyny 225 m
5	Wariant III	3,96	1800	225	50	szyny 225 m
6	Wariant IV	2,46	2800	350	41	szyny 400 m
7	Wariant V	2,50	3200	400	23	szyny 400 m



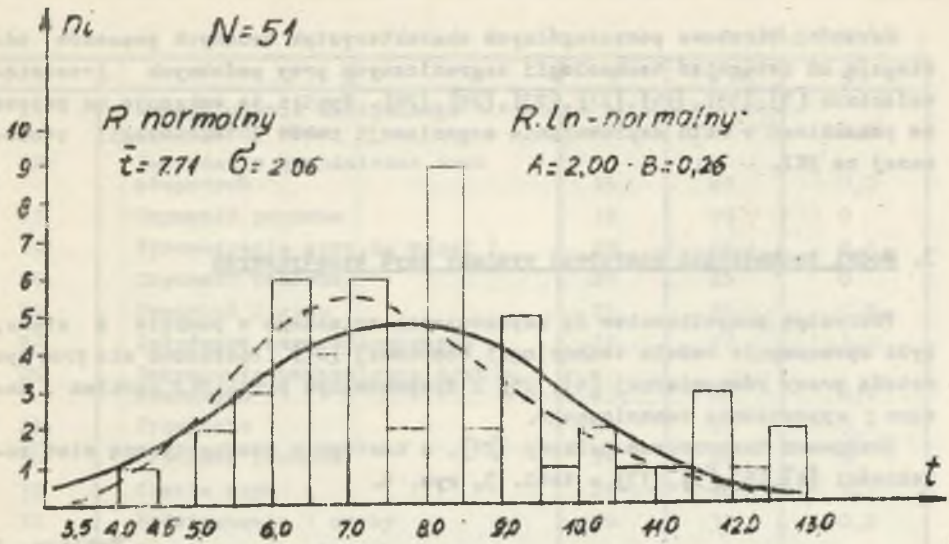
Rys. 1. Rozładunek szyn z pociągu



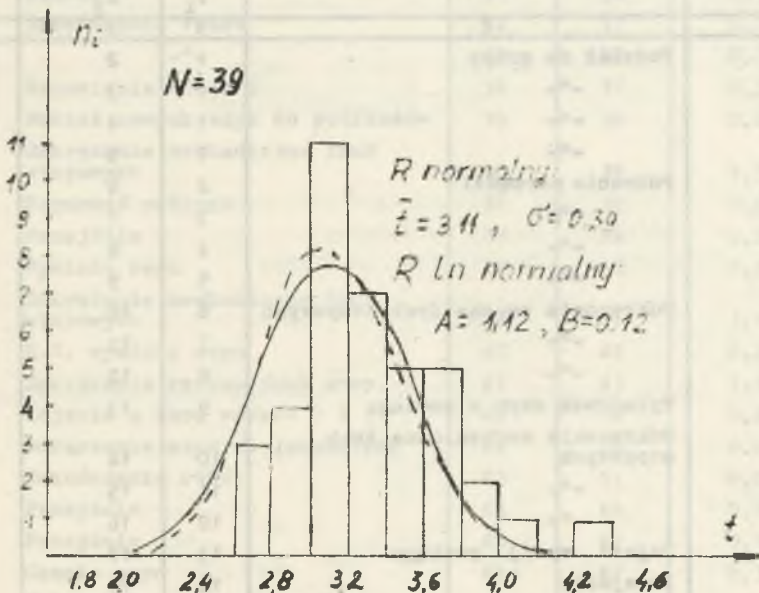
Rys. 2. Spawanie termitowe szyn



Rys. 3. Wymiana szyn wózkami COB



Rys. 4. Wymiana szyn ręcznie



Rys. 5. Załadunek szyn starych

Wartości liczbowe poszczególnych charakterystyk badanych procesów odbywają od osiągnięć technologii zagranicznych przy podobnych przedsięwzięciach [7], [15], [16], [21], [23], [24], [29]. Wyniki te wskazują na potrzebę poszukiwań w celu usprawnienia organizacji robót i technologii stosowanej na PKP.

3. Model technologii wzorcowej wymiany szyn bezстыkowych

Pierwszym przybliżeniem do usprawnienia opisanego w punkcie 2 stanu, było opracowanie modelu technologii wzorcowej [27]. Posłużono się przy tym metodą pracy równomiernej [6], [25] i dysponowanym przez PKP parkiem maszyn i wyposażenia technicznego.

Zbudowano harmonogram belkowy [27], a następnie stochastyczną sieć zależności [4], [5], [9], [13] - tabl. 3, rys. 6.

Tablica 3

Topologiczne zestawienie działań w procesie wymiany szyn klasycznych na bezстыkowe - model wzorcowy

Numer działania	Opis działania	Zdarzenia		Czas trwania działania $t_{i,j}$
		Numer początkowy P_i	Numer końcowy K_j	
1	2	3	4	5
1	Podział na grupy	1	2	0
2	-"	1	3	0
3	-"	1	4	0
4	-"	1	5	0
5	Pobranie narzędzi	2	6	0,3
6	-"	3	7	0,3
7	-"	4	8	0,3
8	-"	5	9	0,3
9	Odkręcanie ręczne śrub stopowych	6	10	0,7
10	-"	7	11	0,7
11	-"	8	12	0,7
12	Wyładunek szyn z pociągu	9	13	3,5
13	Odkręcanie mechaniczne śrub stopowych	10	14	3,8
14	-"	11	15	0,4
15	-"	12	16	0,6
16	Dojazd specj. pociągu	13	17	0,5
17	Przejście	14	18	0,2
18	Demontaż łubków	15	19	0,2
19	Wstawienie wózka 1	15	20	0,2
20	Przejście	16	21	0,2

cd. tablicy 3

1	2	3	4	5
21	Przygotowanie specjalnego pociągu do pracy	17	22	0,2
22	Zakręcanie mechaniczne śrub stopowych	18	23	0,2
23	Czynność pozorna	19	20	0
24	Wprowadzenie szyn na wózek 1	20	24	0,2
25	Czynność pozorna	21	25	0
26	Demontaż 2 szyn	21	26	0,2
27	Załadunek szyn odzyskanych	22	27	3,0
28	Zakręcanie mechaniczne śrub stopowych	23	28	0,7
29	Przejście	24	29	0,1
30	Czynność pozorna	24	25	0
31	Cięcie szyn	25	30	1,1
32	Podwieszenie 1 szyny	26	31	0,2
33	Zakończenie załadunku szyn i odjazd	27	32	0,5
34	Odjazd grupy 1	28	33	0,3
35	Podwieszenie 2 szyny	29	34	0,3
36	Wiercenie otworów w szynach	30	35	0,4
37	Czynność pozorna	31	34	0
38	Umocowanie nowych szyn do podkładów	31	36	0,3
39	Zakończenie robót	32	57	0,0
40	-"-	33	57	0,0
41	Wstawienie wózka 2	34	37	0,3
42	Montaż nowych szyn do podkładów	35	38	0,2
43	Zakręcanie mechaniczne śrub stopowych	36	39	1,3
44	Czynność pozorna	37	38	0,0
45	Przejście	38	39	0,2
46	Wymiana szyn	37	40	2,4
47	Zakręcanie mechaniczne śrub stopowych	39	41	3,4
48	D.C. wymiany szyn	40	42	0,2
49	Zakręcanie ręczne śrub stop.	41	43	1,1
50	Zdjęcie z toru wózków 1 i 2	42	44	0,2
51	Odłączenie szyn od lokomotywy	42	45	0,2
52	Zakończenie robót	43	57	0,0
53	Przejście	44	46	0,1
54	Przejście	45	46	0,1
55	Cięcie szyn	45	47	0,3
56	Zakręcanie mechaniczne śrub stopowych	46	48	0,2
57	Wiercenie otworów w szynach	47	49	0,4

cd. tablicy 3

1	2	3	4	5
58	Zakręcanie mechaniczne śrub stopowych	48	50	1,6
59	Założenie łubków	49	51	0,1
60	Założenie opórek p.pełnych	50	52	0,3
61	-"-	51	53	1,1
62	Czynność pozorna	52	54	0,0
63	Założenie opórek p.pełnych	53	55	0,3
64	Zabezpieczenie narzędzi	54	56	0,4
65	Czynność pozorna	55	54	0,0
66	Koniec robót	56	57	0,0
		Wyniki analizy:		8,3

Przy opracowaniu modelu przyjęto najlepsze z dotychczas uzyskanych wyników na sieci PKP [1], [2], [10], [22], [23], [31] a mianowicie:

- czas zamknięcia szlaku $T_z = 8$ godz..
- wydajność zmianowa $W = 2500$ m,
- zatrudnienie $I_r = 75$ rob.,
- liczba zamknięć $Z = 2$ zamknięcia.

Punktem wyjścia przy stosowaniu metody pracy równomiernej był podział zadania dziennego na działki robocze i utworzenie odpowiedniej liczby brygad roboczych [25], [37]. Podziału tego dokonano wychodząc z następującej formuły:

$$n \geq \frac{n_p \cdot t' + \sum t_{pt}}{r} \quad (1)$$

gdzie:

- n_p - liczba brygad realizujących podstawowy proces roboczy,
- t' - czas pracy brygady na działce,
- t_{pt} - rytm pracy równomiernej, przy czym

$$r \geq t = t' \quad (2)$$

Czas trwania procesu roboczego T_z metodą pracy równomiernej wynosił:

$$T_z = t + r(n-1) \quad (3)$$

lub

$$T_z = \frac{L_z}{v} + (t_{pz} + \sum_1^{n-1} t_1^0) \quad (4)$$

gdzie:

- L_z - długość zmianowego frontu robót,
 v - wydajność zmianowa zespołu maszyn i brygad roboczych,
 t_{pz} - straty czasu na rozpoczęcie i zakończenie robót,
 t_1^0 - [0]dostęp czasu między rozpoczęciem i zakończeniem i -tego oraz $(i+1)$ -tego procesu.

Model technologii wzorcowej poddano następnie weryfikacji empirycznej i teoretycznej [32], [36], [37].

4. Weryfikacja empiryczna modelu technologii wzorcowej

Wdrożenie procesu technologicznego wymiany szyn klasycznych na bezстыkowe miało miejsce na linii kolejowej Gliwice - Strzelce Opolskie, w torze nr 1 [36]. Wyniki weryfikacji terenowej pokazały, że na 20 przeprowadzonych prób tylko w 2 przypadkach osiągnięto zakładaną wydajność. Planowanego terminu zamknięcia szlaku nie dotrzymano 4-krotnie. W pozostałych 16 przypadkach, chociaż czas zamknięcia nie został przekroczony, to jednak zaniżona została planowana wydajność zmianowa.

Okazało się również, że pracochłonność procesów roboczych niektórych składowych technologii wzorcowej, obliczona na podstawie obowiązujących norm pracy [17], [18], [33], [35] nie była zgodna z rzeczywistym przebiegiem robót. W trakcie robót miały bowiem miejsce awarie sprzętu lub maszyn, zakłócenia rytmu pracy z powodu nieprzewidzianych przeszkód w naprawianym torze, niedyspozycje pracowników, warunki atmosferyczne itp. Rzeczywisty przebieg robót odzwierciedla fotografia losowo wybranego dnia roboczego (tablica 4).

Tablica 4

Zestawienie czasu wykorzystania zmiany roboczej

Lp.	Wyszczególnienie składników procesu technologicznego	Czas zużyty na poszczególne składniki w godz.	Udział procentowy składników czasu w stosunku do zmiany rob.
1	t_{pz} - Prace przygotowawcze i zakończeniowe	$(0,3+0,48)=0,78$	13,0
2	t_{pm} - prace pomocnicze	$(1,02+0,33)=1,35$	22,5
3	t_o - odpoczynki	0,23	4,2
4	t_{ej} - prace zasadnicze	1,25	20,8
5	t_z - prace zbędne	0,20	3,3
6	t_{wb} - przestoje zawinione	1,35	22,5
7	t_{nb} - przestoje usprawiedliwione	0,77	13,0
8	t_{dp} - przekroczenie dyscypliny pracy	-	-
		5,93	99,3

Z zestawienia wynika, że efektywny czas pracy ($t_{pz} + t_{pm} + t_{ej}$) pochłaniał 56,3% czasu zmiany roboczej, a wszystkie przerwy usprawiedliwione i nieusprawiedliwione - 43,7%.

Z przebiegu robót wynikał również wniosek, że w przypadku jakichkolwiek zakłóceń, pierwotnie opracowany harmonogram belkowy dezaktualizował się i był nieprzydatny do dalszego wykorzystania. Z harmonogramu nie wynikało, które działania procesu są krytyczne, ani jakie będą skutki wydłużenia czasu wykonania niektórych z tych działań. Skutki w postaci mniejszych jak planowano wydajności zmianonych oraz niedotrzymanie czasu zamknięć szlaku, na którym prowadzono prace, ujawniały się dopiero w trakcie robót. Fakt ten świadczył o niedoskonałości dotychczasowego sposobu planowania i sugerował potrzebę dalszych poszukiwań.

5. Zastosowanie techniki sieciowej i ETO przy ocenie niezawodności technologii wzorcowej

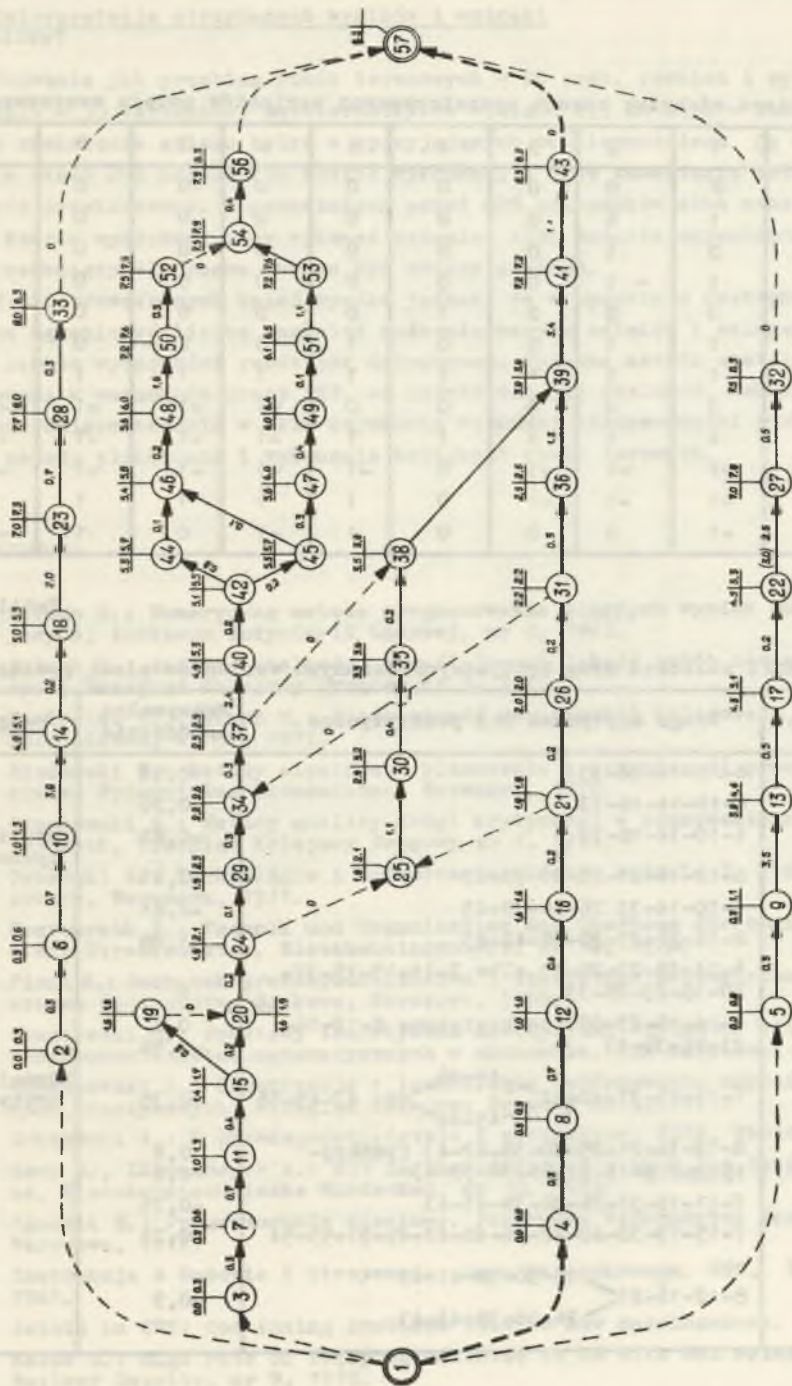
Celem oceny skuteczności dotychczasowej techniki planowania robót przeprowadzono analizę omawianej technologii, korzystając z metod sieciowych [9], [12], [13], [36]. W tym celu w oparciu o harmonogram belkowy [27] zbudowano dla rozpatrywanego modelu wzorcowego sieć powiązań, rys. 6.

Dla uwzględnienia występujących podczas robót - w wielu działaniach harmonogramu (sieci) - zakłóceń spowodowanych zdarzeniami losowymi, rozpatrzono dla wymienionych działań odchyłki czasowe w przedziale od minus 20% do plus 20%, które przyjęto na podstawie badań statystycznych [31] i doświadczeń własnych autora.

Obliczono drogi krytyczne dla następujących wariantów, według przedstawionych w tablicy 5 macierzy odchyłek czasów trwania wybranych procesów. Każdy wiersz macierzy określa jeden wariant. Na przykład wariant 4 zapisano w postaci 110000000, co oznacza, że przyjęto dodatnie odchylenia czasu (wydłużenie czasu pracy) dla działań 1 i 2 według podanej tabeli odchyłek, a dla pozostałych działań (3-9) pozostawiono poprzednie, średnie czasy. Liczba 1 oznacza, że w danym miejscu przyjęto odchyłkę ujemną (skrócenie czasu pracy).

Warunki przeprowadzonych obliczeń dróg krytycznych dla poszczególnych sieci przedstawiono w tablicy 6.

Dalsze obliczenia kolejnych 20 wariantów przeprowadzono na mc Odra 1204. Dane na komputer, będące skorygowanymi czasami trwania poszczególnych działań sieci zależności oraz wyniki obliczeń wykazały, że tylko w 5 przypadkach na 20 prób (symulacji) można wykonać planowane zadanie w terminie, a wszystkie pozostałe warianty spowodują przekroczenie planowanego czasu zamknięcia szlaku.



Rys. 6. Sieć powiązań procesu wzorcowego wymiany szyn

Tablica 5

Macierz odchyłek czasów rozpatrywanych wariantów modelu wzorcowego

Lp.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	1	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	1	0	0	0	0	0	0	0
4	1	1	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	1	0	0	0	0	0
6	1	1	0	0	1	0	0	0	0
7	1	1	1	1	1	1	1	1	1
8	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	-1
9	1	1	1	1	1	-1	-1	-1	-1
10	-1	-1	-1	0	-1	-1	-1	-1	-1
11	-1	-1	-1	0	1	1	1	1	1
12	-1	0	0	0	1	-1	0	1	-1

Tablica 6

Wyniki obliczeń dróg krytycznych badanych wariantów sieci powiązań

Wariant	Droga krytyczna lub podkrytyczna	Maksymalne opóźnienie	Uwagi
1	6-10-14-18-33	-0,55	Drogi krytyczne
2	6-10-14-18-33	-0,26	
3	6-10-14-18-33	-0,81	
4	8-12-16-21-25-30-38-43	-0,61	
5	6-10-14-33 26-36-39-43	-0,81	
6	8-16-21-25-30-38-41-43	-1,09	
7	6-14-18-23-28-33 albo 7-11-15-19-37-40-18-23-28-33	0	
8	6-14-18-23-33 (podkrytyczne 8-12-16-21-26-36-43)	0,8 -0,56	Drogi podkrytyczne
9	7-11-15-37-40-42 $\begin{matrix} \swarrow 44-46 \\ \searrow 45-46 \end{matrix}$ 48- 47-49-55	+0,35	
10	8-12-16-21-25-30-38-42-43 (podkrytyczne 8-16-21-26-36-39-43)	0,9 0,9	
11	7-11-19-37-26-36-39-41-43	-0,75	
12	7-15-19-32-40-42-46-48-47-49-51-55-54	-0,75	
13	8-12-16-21 $\begin{matrix} \swarrow 25-30-38-41-43 \\ \searrow 26-36-39-41-43 \end{matrix}$	-0,9	

6. Interpretacja otrzymanych wyników i wnioski

Podobnie jak przebieg robót terenowych - 20 prób, również i wyniki symulacji - 33 wariantów, potwierdziły że wymiana 2,5 km szyn w czasie 8 godzin zamknięcia szlaku tylko w sprzyjających okolicznościach ($p = 0,17$), tj. w około 20% przypadków będzie wykonane, a czas zamknięcia szlaku nie będzie przekroczony. W pozostałych ponad 80% przypadków albo czas zamknięcia będzie wydłużony, aby wykonać zadanie, albo zadanie ograniczone, jeśli zamknięty dla ruchu tor ma być oddany planowo.

Z przeprowadzonych badań wynika jednak, że w oparciu o dostępne środki można ograniczyć liczbę zamknięć modernizowanych szlaków i osiągać znacznie lepsze wydajności robót jak dotychczas. Opisana metoda została zweryfikowana w warunkach pracy PKP, co potwierdza jej realność. Wskazane są jednak dalsze badania w celu uzyskania większej niezawodności przedstawionej metody planowania i wykonania kolejnych robót torowych.

LITERATURA

- [1] Bałuch H.: Numeryczna metoda prognozowania ciągłych wymian szyn kolejowych, *Archiwum Inżynierii Lądowej*, nr 3, 1973.
- [2] Bałuch H.: Analiza wielkości określających jakość robót nawierzchniowych, *Przegląd Kolejowy Drogowy* nr 3, 1972.
- [3] Basiewicz T., Bałuch H.: Niezawodność nawierzchni kolejowej, *Problemy Kolejnictwa*, z. 51, 1971.
- [4] Bładowski S.: Metody sieciowe w planowaniu i organizacji pracy, Państwowe Wydawnictwa Ekonomiczne, Warszawa, 1970.
- [5] Czechowski E.: Metody analizy drogi krytycznej w planowaniu robót kolejowych, *Przegląd Kolejowy Drogowy* nr 1, 1971.
- [6] Dyżewski A.: Technologia i organizacja budowy, wydanie 3, Wydawnictwo Arkady, Warszawa, 1971.
- [7] Fastenrath F.: Technik und Organisation des Oberbaus für stark belastete Streckennetze, *Eisenbahningenieur*, nr 12, 1970.
- [8] Fisch M.: Rachunek prawdopodobieństwa i statystyka matematyczna, Państwowe Wydawnictwa Naukowe, Warszawa, 1969.
- [9] Greniewski H.: Podstawy teoretyczne metody PERT i metod zbliżonych. Zastosowanie metod matematycznych w ekonomice, PAN Warszawa, 1965.
- [10] Gołaszewski A.: Organizacja i technologia wyrównywania naprężeń w torach bezстыkowych. *Przegląd Kolejowy Drogowy* nr 8, 1971.
- [11] Gruzewski A.: O prawdopodobieństwie i statystyce, PZWS, Warszawa 1965.
- [12] Hock D., Lübbesmeyer A.: EDV im Oberbaudienst - auch für Bauablaufpläne. *Eisenbahntechnische Rundschau*, nr 10, 1973.
- [13] Ignasik E.: Programowanie sieciowe. Państwowe Wydawnictwa Ekonomiczne, Warszawa, 1972.
- [14] Instrukcja o budowie i utrzymaniu toru bezстыkowego. D22, Warszawa, 1961.
- [15] Joints in CWR: Continuing problems lead to new developments.
- [16] Kaess G.: High rate of relaying achieved on DB with SUZ relaying train. *Railway Gazette*, nr 9, 1970.

- [17] Katalog Norm Pracy, część 16, Roboty torowe, Działy 01 i 02 Ministerstwo Komunikacji ZPRK, Warszawa, 1973.
- [18] Konferencja efektywnego wykorzystania godzin zamknięć torów dla wykonania napraw nawierzchni. Ministerstwo Komunikacji, CZUK, Warszawa 1973.
- [19] Lewinowski Cz., Zimnoch S.: Probabilistyczna metoda określania długości torów szlakowych na sieci kolejowej podległej wpływom eksploatacji górniczej. Ochrona Terenów Górniczych, nr 28, 1974.
- [20] Lewinowski Cz.; Matematyczna analiza wyników badań przeprowadzonych w laboratoriach drogowych. Prace COBiRTD, 1972.
- [21] Niggel E.: Erhöhte Wirtschaftlichkeit durch neuen entwickelte Gleisumbauverfahren. Signal und Schiene, nr 9, 1972.
- [22] Praca COBiRTK: Analiza głównych napraw nawierzchni wykonywanych na PKP w 1970 r. Wzorcowe procesy technologiczne, Warszawa, 1970.
- [23] Praca COBiRTK symbol D-114: Analiza calowości i sposoby układania na sieci PKP toru bezстыkowego bez uprzedniego układania toru klasycznego. Warszawa, 1969.
- [24] Railway Track and Structures nr 7, 1971, On Union Pacific: Relay rail is picked up transporter unloaded in long strings.
- [25] Rowiński L.: Planowanie i organizacja w budownictwie, PWN, Warszawa-Kraków, 1973.
- [26] Semrau A.: Budowa i utrzymanie toru na kolejach francuskich. Przegląd Kolejowy Drogowy nr 8, 1971.
- [27] Szumierz W., Zimnoch S.: Tor bezстыkowy na terenach górniczych. Problemy Kolejnictwa, nr 67, 1975.
- [28] Wątorski I.: Organizacja i mechanizacja budowy. Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Łódź, Warszawa, Kraków, 1964.
- [29] Zieliński S.: Nowe technologie wymian na kolejach zagranicznych. Przegląd Kolejowy Drogowy nr 1, 1971.
- [30] Zieliński S., Zimnoch S.: Pociąg z urządzeniami do załadunku i wyładunku długich szyn na szlaku lub stacji. Przegląd Kolejowy Drogowy nr 3, 1967.
- [31] Zimnoch S.: Krystyczna analiza dotychczasowych metod wymiany toru klasycznego na bezстыkowy. Praca COBiRTK, symbol 3005/16, I etap, 1972.
- [32] Zimnoch S.: Warunki i organizacja wymiany toru klasycznego na bezстыkowy przy dużym natężeniu ruchu na terenach szkód górniczych. Praca COBiRTK, symbol 3005/16, etap II, 1973.
- [33] Zimnoch S.: Wymiana toru klasycznego na bezстыkowy z jednoczesnym załadunkiem dziennego przerobu specjalnie do tego celu skonstruowanym pociągiem. Przegląd Kolejowy Drogowy, nr 7, 1967.
- [34] Zimnoch S., Leszko P., Rodak A.: Poprawa organizacji wymiany szyn klasycznych na szyny bezстыkowe. Przegląd Kolejowy Drogowy, nr 8 1969.
- [35] Zimnoch S.: Wdrożenie nowej technologii wymiany szyn klasycznych na bezстыkowe. Praca COBiRTK, symbol 3054/16, Katowice, 1975.
- [36] Zimnoch S.: Unifikacja technologii wymiany szyn na spawane. Rozprawa doktorska Politechnika Śląska Gliwice, 1975.
- [37] Zydkov G.F., Kostjukowicz A.A.: Oburodowanje dlja układki pletiej. Put i Putievoje Choziajstwo nr 7, 1969.

ПРИМЕНЕНИЕ СЕТЕВЫХ И СТАТИСТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ
ДЛЯ ОЦЕНКИ ТЕХНОЛОГИИ ПУТЕВЫХ РАБОТ

Р е з ю м е

В статье доказано на примере замены классических рельсов на бесстыковые, что применение математических методов при проведении путевых работ позволит получить определенную выгоду. При решении этой проблемы воспользовались математической статистикой, а также сетевой и компьютерной техникой. Метод был проверен на польских железных дорогах.

APPLICATION OF NETWORK METHODS AND STATISTICAL INVESTIGATIONS
FOR THE EVALUATION OF THE TECHNOLOGY OF RAILROAD WORKS

S u m m a r y

Basing on the example of the replacement of classical rails by contactless rails, the paper discusses the application of mathematical methods in the arrangement of railroad works showing up the advantages arising from them.

For the purpose of solving this problem use has been made of the statistical method as well as of network and computer methods. This method has been verified for the working conditions of the Polish Railways.