Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej 1973

Seria: Budownictwo z. 34 Nr kol. 367

Ewa Kononowicz

OKREŚLENIE POTRZEBNEJ LICZBY TORÓW PERONOWYCH ORAZ OPRACOWANIE MODELI PRACY ROZBUDOWYWANEJ STACJI ROZRZĄDOWEJ

Streszczenie. W artykule omawiana jest stacja pomocniczo-rozrządowa charakterystyczna dla okręgu Śląska pod kątem oceny jej pracy, a mianowicie ustalenia potrzebnej liczby torów głównych osobowych i towarowych przyjazdowych metodą modelowania matematycznego.

Artykuł zawiera propozycję uniwersalnego modelu matematycznego pracy stacji kolejowej mieszczącego w sobie modele pracy: stacji osobowej, grupy przyjazdowej i odjazdowej stacji rozrządowej, grup przyjazdowych ze wspólnym lub oddzielnym urządzeniem do rozrządu. Potrzebny model uzyskuje się przez wybranie odpowiednich łańcuchów połączeń modelu uniwersalnego.

1. Wstęp

Współcześnie, dla oceny jakości pracy stacji w fazie projektowania stosuje się metody modelowania matematycznego z zastosowaniem modeli masowej obsługi.

Losowy charakter strumienia zgłoszeń pociągów na stacje kolejowe i zmienny czas zajęcia torów, powodujące w konsekwencji zmienny w czasie stan obciążenia ruchowego stacji - rozumianego jako liczba pociągów mogących znaleźć się równocześnie na torach stacyjnych i w oczekiwaniu na wjazd - preferują dla rozwiązania zagadnienia oceny pracy

stacji użycie metod probabilistycznych. Metody te pozwalają na ustalenie jakościowych miar oceny pracy stacji, takich jak:

- prawdopodobieństwo zaistnienia konieczności ograniczenia prędkości lub zatrzymania pociągu przed wjazdem na stację,
- oczekiwana liczba takich zdarzeń lub oczekiwana strata czasu przy wjeździe przypadająca na 1 zgłaszający się pociąg,
- oczekiwana długość kolejki pociągów przed stacją itp.,formułowanych w zależności od potrzeb, często związanych z rozwojem stacji czy grup torów.

Biorąc pod uwagę powyższe kryteria można między innymi ustalić potrzebną liczbę torów głównych, taką aby zasada płynności ruchu była realizowana przy pewnym, przyjętym poziomie ryzyka statystycznego ε. Wartość ε określa prawdopodobieństwo, że wjeżdżający pociąg lub skład zostanie zatrzymany przed semaforem wjazdowym z powodu zajęcia wszystkich torów głównych. Wartość ε przyjmuje się równą 0,10, 0,05, 0,01, 0,001. Wybór poziomu ryzyka statystycznego zależny jest od wielkości przewidywanego ruchu.

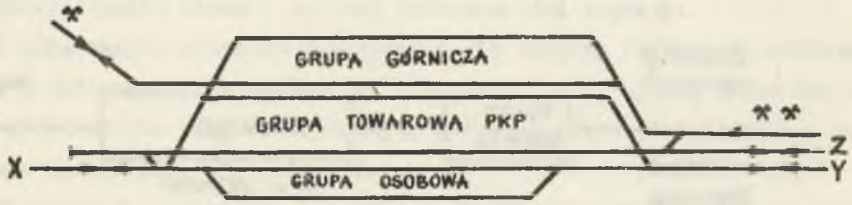
W badaniach używa się modeli pracy stacji lub grupy torów traktowanych jako urządzenia masowej obsługi, gdzie kanałami obsługi są tory główne.

Tylko najprostsze modele pracy stacji typu: "wejście - poczekalnia - obsługa - wyjście" mają rozwiązania analityczne w formie wzorów na niektóre interesujące nas wskaźniki oceny jakości działania systemu. Sformułowanie podobnych wzorów analitycznych dla modeli bardziej skomplikowanych jest bardzo trudne, a nawet wręcz niemożliwe, konieczne jest więc posłużenie się metodą symulacyjną. Symulacja pracy stacji lub grupy torów służyć może do indywidualnej oceny jakości działania systemu przy założonej liczbie torów lub przy kilku jej wariantach. W wyniku symulacji otrzymać można także dane do sporządzenia ogólnie ważnych wykresów umożliwiających odczytanie potrzebnej liczby torów w zależności od pewnych znanych parametrów. Wykresy takie zostały opracowane dla stacji osobowych i grup przyjazdowych stacji rozrządowych [4].

Na sieci PKP istnieje również wiele innych typów stacji, które należałoby poddać próbie oceny przed zamierzoną zmianą organizacji ich pracy lub w przypadku planowanego wzrostu ruchu. Jedną z tego rodzaju stacji jest omawiana w dalszym ciągu stacja A.

Stacja A (rys. 1) jest stacją węzłową, trzykierunkową, osobowo-towarową o charakterze pomocniczo-rozrządowym, usytuowaną na linii jednotorowej pierwszorzędnej X - Y i na linii jednotorowej Z - A. Stacja obsługuje trzy bocznice kopalniane, w przyszłości podłączona będzie czwarta. W chwili obecnej stacja posiada trzy grupy torów w układzie równoległym:

- trzy tory do obsługi ruchu pasażerskiego i towarowego tranzytowego z krawędziami peronowymi,
- grupę torów przyjazdowo-odjazdowych,
- grupę torów kierunkowo-odjazdowych.



Rys. 1. Schemat stacji "A"

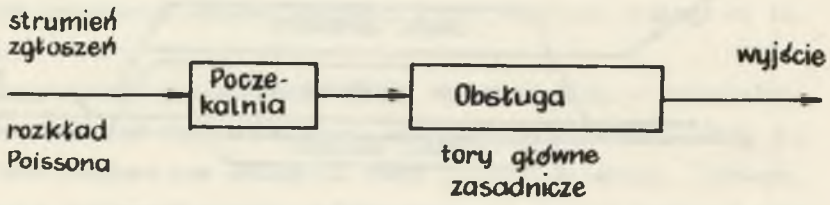
Rozrząd odbywa się sposobem płaskim poprzez tor wyciągowy. Na tory grupy przyjazdowej przyjmowane są zarówno pociągi towarowe PKP jak i pociągi górnicze.

Koncepcja rozbudowy stacji zmierza w kierunku oddzielenia ruchu towarowego od ruchu górniczego przez zbudowanie dla każdego z tych rodzajów ruchu osobnych grup przyjazdowych. Wzrost zadań przewozowych predystynuje jednocześnie stację do rozbudowy pod względem liczby torów i ich długości.

Dla sprawdzenia potrzebnej liczby torów dla obsługi ruchu pasażerskiego i w grupach przyjazdowych towarowych: PKP i górniczej zastosowano metody modelowania matematycznego.

2. Określenie potrzebnej liczby torów peronowych

Analiza pracy stacji pozwoliła na oddzielenie rozpatrywanie ruchu pasażerskiego. Przyjęto według G. Potthoffa [3] model grupy przyjazdowej z nieograniczoną liczbą kanałów. Odstępy czasu między kolejami wjazdami pociągów (odczytane z rozkładu jazdy) podlegają rozkładowi wykładniczemu. Przeprowadzone sprawdzenie zgodności postawionej hipotezy o rozkładzie wykładniczym potwierdza jej dopuszczalność. Test chi kwadrat sprawdzenia niezależności odstępów między kolejnymi wjazdami dał także wynik dodatni na poziomie istotności $\alpha = 0{,}10$. Rozkład czasu trwania obsługi nie odgrywa tu roli.



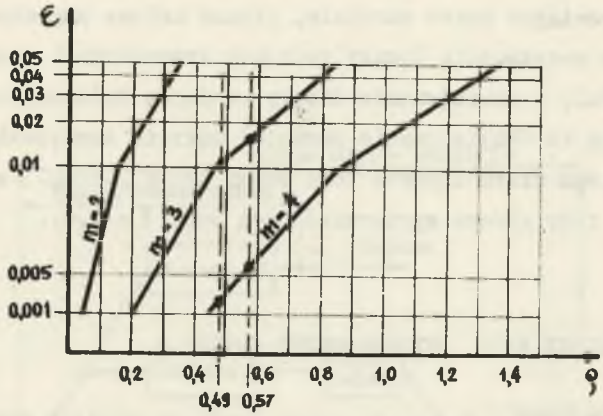
Rys. 2. Model pracy grupy torów osobowych

Jako podstawę do ustalenia potrzebnej liczby torów posłużono się tablicą [4] zależności liczby torów "m" od intensywności ruchu $\varrho = \frac{t_{zśr}}{i_{śr}}$, przy poziomach ryzyka statystycznego 0,001, 0,01, 0,05, gdzie

$t_{zśr}$ - średni czas zajęcia toru przez jeden pociąg,

$i_{śr}$ - średni odstęp czasu między wjazdami pociągów.

Na podstawie tej tablicy skonstruowano wykresy potrzebnej liczby torów. Przedstawiają one zależność poziomu ryzyka statystycznego ε od intensywności ruchu ϱ dla założonej liczby torów "m".



Rys. 3. Wykres liczby torów "m" w układzie ϱ, ε.

Linie dla wartości m = 2,3,4 wyznaczają trzy punkty, odpowiadające poziomom ryzyka statystycznego 0,001, 0,01, 0,05. Wykresy te służyć mogą do szybkiego oszacowania wartości ryzyka statystycznego przy istniejącej liczbie torów i zadanej intensywności ruchu ϱ.

W opracowaniu wykresów ograniczono się jedynie do trzech niezbędnych w obliczeniach wartości m, równych 2,3 i 4. Wykres można uzupełnić przedłużając oś ϱ i wrysowując następne linie odpowiadające kolejnym wartościom, tj. 5,6...20.

Przeprowadzono przykładowe obliczenie dla roku 1970 i 1975.

Rok 1970	Rok 1975
N = 49	N = 52
$t_{zśr}$ = 16,7 min	$t_{zśr}$ = 13,4 min
$i_{śr}$ = 29,4 min	$i_{śr}$ = 27,7 min
ϱ = 0,57	ϱ = 0,49

Z odczytów na wykresie (rys. 3) wynika, że istaniejące trzy tory peronowe wystarczają w chwili obecnej przy poziomie ryzyka statystycznego 0,02 co oznacza, że średnio 2 pociągi na 100 są zatrzymywane przed semaforem wjazdowym z powodu zajęcia torów.

W roku 1975 sytuacja jeszcze się poprawi. Co prawda liczba przyjmowanych pociągów nieco wzrośnie, jednak zmiana organizacji ruchu, a mianowicie zwiększenie liczby pociągów tranzytowych (o krótkim czasie postoju), a zmniejszenie liczby pociągów kończących i rozpoczynających bieg (o długim czasie postoju) wpłynie korzystnie na zmniejszenie średniego czasu zajęcia toru przez jeden pociąg. Tak więc istniejące trzy tory główne wystarczać będą przy $\varepsilon = 0{,}01$.

3. Model pracy grup przyjazdowych stacji A

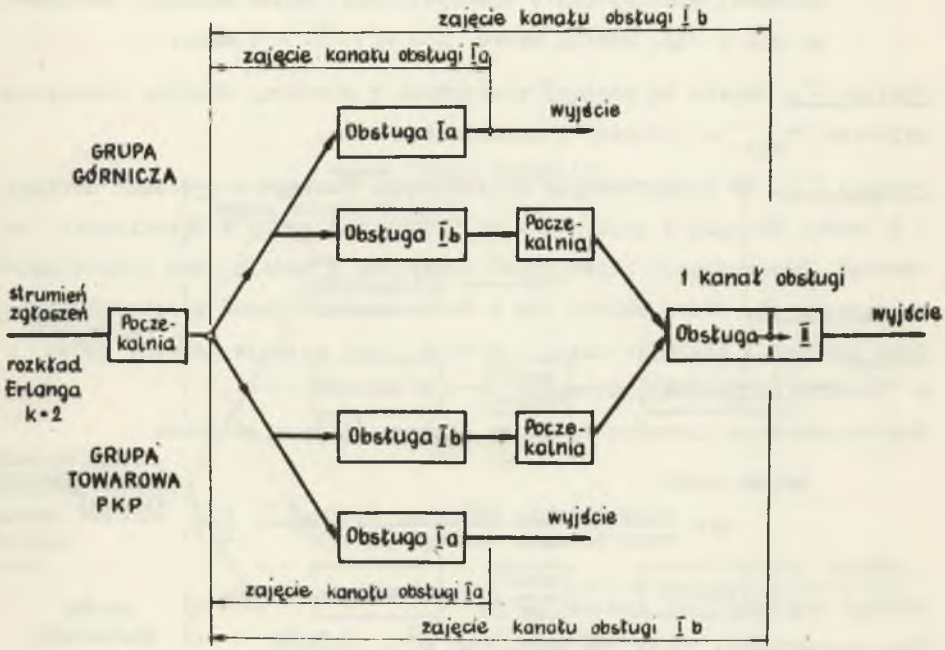
Dla określenia właściwej liczby torów na grupach przyjazdowych towarowych: PKP i górniczej G, gdzie zawodzą metody analityczne opracowano model pracy tych grup, przedstawiony na rys. 4; będzie on podstawą do przeprowadzenia symulacji. Przyjęto, że strumień zgłoszeń scharakteryzowany jest rozkładem Erlanga o stałej k = 2. Badano obecny rozkład odstępów czasu między wjazdami kolejnych pociągów. Test sprawdzający "lambda" Smirnowa - Kołmogorowa potwierdził dopuszczalność postawionej hipotezy na poziomie istotności $\alpha = 0{,}30$. Badania przeprowadzone dla wielu innych stacji dla ruchu towarowego wykazują występowanie tego samego rozkładu [2].

Strumień zgłoszeń jest wspólny dla obu osobno pracujących grup przyjazdowych. Potem następuje losowanie: 30% pociągów kierowanych jest na grupę PKP a 70% na grupę górniczą. Zgłoszenie dostaje się więc na pierwszą z grup z prawdopodobieństwem p = 0,30 a na drugą z p = 0,70.

Rozpoczyna się na obu grupach równolegle zasadnicza obsługa I, będąca sumą dwóch części.

Pierwsza z nich - zdeterminowana - jest minimalnym czasem trwania obsługi, składa się na nią czas przygotowania wjazdu, czas wjazdu i czas wyjazdu. Czas ten obliczony jako średni dla trzech kierunków wynosi $t_{min} = 6{,}5$ min.

Część zmienna jest faktycznym czasem obsługi pociągów na torach danej grupy. Z harmonogramów obróbki na tych torach wynika, że czas ich trwania są wprost proporcjonalne do liczby wagonów w składzie.



Rys. 4. Model pracy grup przyjazdowych stacji "A" - wariant I

Ponieważ stwierdzono już [2], że liczba ta jest zmienną losową podlegającą rozkładowi normalnemu, zatem można także i dla czasu trwania zmiennej części zasadniczej obsługi I - założyć rozkład normalny.

Parametry tego rozkładu będą kształtowały się następująco:

(G) Obsługa I a

Obsługa I b: $N = 39$, $\bar{t}_1 = 47{,}1$ min, $\acute{s} = 13{,}9$ min.

(PKP) Obsługa I a $N = 7$, $\bar{t}_1 = 56{,}5$ min., $s = 16{,}7$ min.

Obsługa I b $N = 8$, $\bar{t}_1 = 28{,}8$ min, $\acute{s} = 7{,}4$ min.

gdzie:

N - liczba składów

$\bar{t}_1$ - obliczony, średni czas trwania obsługi

s - przyjęte odchylenie standardowe, obliczone z warunków niemożliwości wystąpienia w rzeczywistości czasu obsługi krótszego niż t min, według wzoru $S = 1/3\ (\bar{t}. - t\ min)$.

Obsługa I a objęte są pociągi tranzytowe z obróbką, obsługa kończy się wyjściem ($t_{wyj.} = 6{,}0$ min) i zwolnieniem toru.

Obsługa I b, to przygotowanie do rozrządu. Pociągi w systemie obsługi I b tworzą kolejkę w poczekalni na torach tej grupy w oczekiwaniu na rozrząd. Rozrządzanie składu jest określone w modelu jako jednokanałowa obsługa II, która składa się z dwóch części. Część pierwsza - końcowa obsługa I obejmuje czas, w którym skład zajmuje jeszcze jeden z m kanałów grupy przyjazdowych.

Współczynnikiem charakteryzującym obsługę II jest stosunek

$$\alpha = \frac{\text{czas trwania końcowej obsługi I}}{\text{czas trwania obsługi II}} \quad [4],$$

którego wartość jest zawsze $\leqslant 1$.

Dla rozrządzania przez tor wyciągowy $\alpha = \frac{n - n_o}{n}$,

gdzie n - średnia liczba wagonów w składzie

n_o - średnia liczba wagonów w grupie manewrowej.

Na stacji A w chwili obecnej wartości te przedstawiają się następująco:

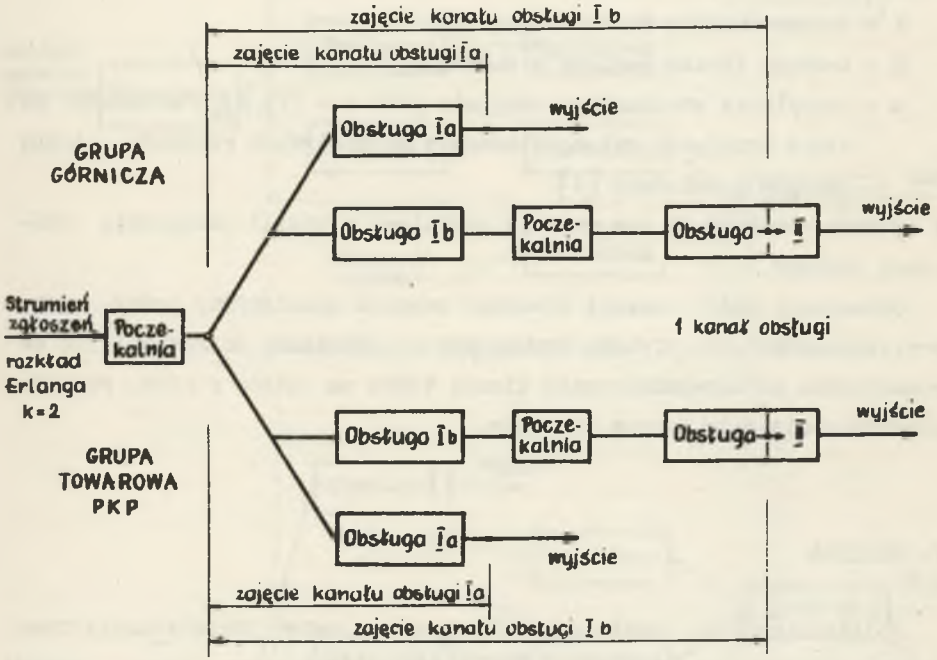
$n = 28$

$n_o = 9{,}3$ (skład dzielony średnio na trzy odprzęgi),

$$\alpha = \frac{28 - 9{,}3}{9{,}3} = 0{,}67.$$

Zakłada się, że w roku 1975 współczynnik α będzie miał wartość 0,75. Obsługa II przy jednym torze wyciągowym jest wspólna dla obu rozpatrywanych grup.

W przypadku budowy osobnego toru wyciągowego dla grupy górniczej model zmieni się na dwa podobne, niezależne od siebie pracujące urządzenia obsługi, jedynie ze wspólnym wejściem (patrz rys. 5).



Rys. 5. Model pracy grup przyjazdowych stacji "A" - wariant II

Całkowity czas rozrządzania składu jest funkcją liniową liczby wagonów w składzie i wyraża się ogólnie wzorem

$$t = a + b. n \text{ (min)} \quad 4$$

gdzie:

a - składnik czasu rozrządzania niezależny od liczby wagonów,

b - jednostkowy czas trwania zmiennej części czasu rozrządzania,

n - liczba wagonów w składzie.

Na podstawie danych z procesu technologicznego stacji ustalono, że: a = 2,5 min, b = 0,94 min, zaś n - liczba wagonów w składzie jest zmienną losową podlegającą rozkładowi normalnemu o parametrach:

$N = 39$, $\bar{n} = 45$, $s = 15$

N - liczba składów do rozrządzania,

$\bar{n}$ - średnia liczba wagonów w składzie

s - odchylenie standardowe przyjęte jako $s = 1/3\ n_{śr}$. Możliwość takiego przyjęcia wykazały badania statystyczne rozkładu liczby wagonów w składach [4].

W systemie obsługi Ib tor zostaje zwolniony w chwili ukończenia końcowej obsługi I.

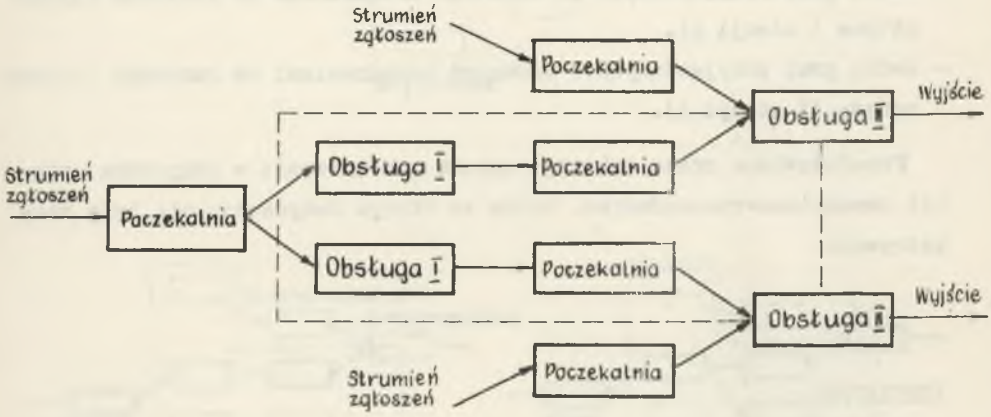
Opracowany model pozwoli stworzyć program symulacyjny pracy grup przyjazdowych, co w efekcie doprowadzi do ustalenia potrzebnej lub ekonomicznie najkorzystniejszej liczby torów na każdej z nich, przy założonym obciążeniu ruchem pociągów.

4. Wnioski

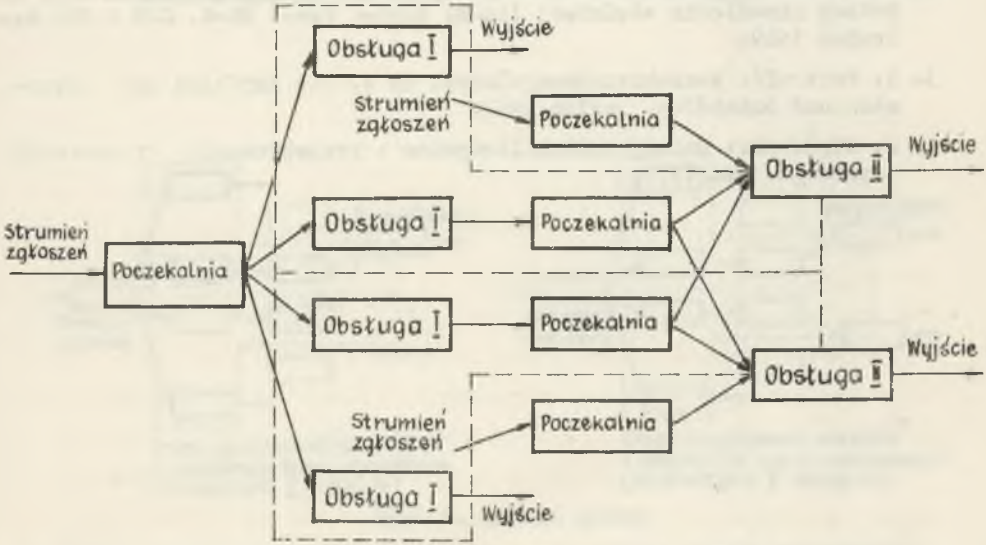
W literaturze na temat probabilistycznych metod projektowania transportu szynowego spotkać można opracowane modele matematyczne pracy stacji osobowych, grup przyjazdowych i odjazdowych stacji rozrządowych wraz z programami symulacyjnymi [2], [4]. Ostatnio stworzony został model uniwersalny [1], (rys. 6). Przez wybranie pewnych tylko łańcuchów połączeń można uzyskać z niego - zależnie od potrzeby - jeden z wyżej wymienionych modeli pracy.

W przypadku stacji A nie można bezpośrednio użyć modelu uniwersalnego. Omawiana stacja nie jest stacją typu rzadko spotykanego na Śląsku i zagadnienia tego rodzaju będą występowały tu częściej. Wobec

tego proponuje się, aby tworząc program symulacyjny uniwersalny zbudować go tak, by nadawał się on również do symulacji pracy grup przyjazdowych stacji pomocniczo-rozrządowych.



Rys. 6. Istniejący uniwersalny model pracy stacji



Rys. 7. Proponowany uniwersalny model pracy stacji

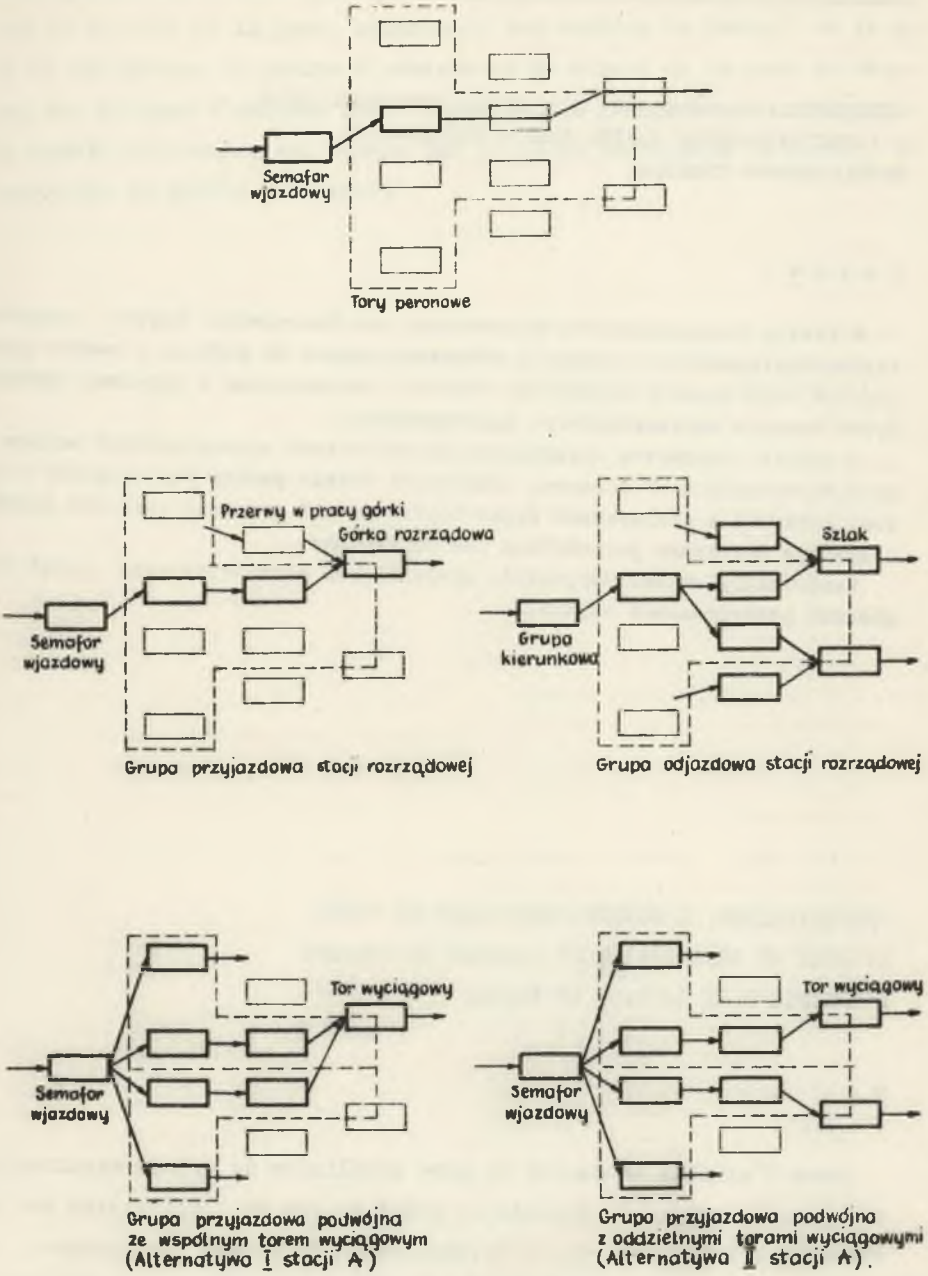
Propozycję takiego modelu przedstawiono (rys. 7). Zawiera on w sobie wszystkie poprzednio wymienione modele pracy (rys. 8) dla:

- stacji osobowej,
- grupy przyjazdowej stacji rozrządowej,
- grupy odjazdowej stacji rozrządowej,
- dwóch grup przyjazdowych ze wspólnym urządzeniem do rozrządu (alternatywa I stacji A),
- dwóch grup przyjazdowych z osobnymi urządzeniami do rozrządu (alternatywa II stacji A).

Przedstawiona praca wskazuje sposób postępowania w przypadku stacji pomocniczo-rozrządowych, które to stacje dotychczas nie były rozpatrywane.

LITERATURA

1. J. Kucharczyk, J. Węgierski: Modelowanie pracy systemów sieci kolejowych. Przegląd Komunikacyjny nr 1/1971.
2. Model matematyczny probabilistyczny pracy stacji kolejowych. Etap I: Metody określenia właściwej liczby torów. Temat RC-4, COB i RTK Katowice 1969.
3. G. Potthoff: Verkehrsströmungslehre. Bd 1. Die Zugfolge auf Strecken und Bahnhöfen. Berlin 1962.
4. J. Węgierski: Metody probabilistyczne w projektowaniu transportu szynowego. WKŁ 1971.



Rys. 8. Modele pracy:

stacji osobowej, grupy przyjazdowej i odjazdowej stacji rozrządowej, grup przyjazdowych stacji "A" (wariant I i II) - oparte na proponowanym modelu uniwersalnym

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕОБХОДИМОГО КОЛИЧЕСТВА ПЕРРОННЫХ ПУТЕЙ, А ТАКЖЕ РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ РАБОТЫ РАСШИРЯЕМОЙ СОРТИРОВОЧНОЙ СТАНЦИИ

Р е з ю м е

В статье рассматривается характерная для Силезского округа вспомогательно-сортировочная станция в отношении оценки её работы, а именно определения необходимого количества основных пассажирских и грузовых приёмных путей методом математического моделирования.

В статье содержится предложение универсальной математической модели работы железнодорожной станции, включающей модели работы пассажирской станции, приёмной и отправочной групп сортировочной станции, приёмных групп с общим или отдельным устройством для сортировки.

Необходимую модель получается путём выбора соответствующих цепей соединений универсальной модели.

DETERMINATION DE NOMBRE NECESSAIRE DE VOIES DE QUAI ET ELABORATION DE MODELES DE TRAVAUX D'EXTENTION DE LA GARE DE TRIAGE

R e s u m e

Dans l'article on decrit la gare auxiliaire de triage caracteristique pour la region de Silésie du point de vue de l'estimation de son travail, c'est-à-dire de la determination du nombre necessaire de voies principales d'arrivée pour voygeurs et marchandises, par la méthode du modèle mathématique.

L'article renferme la proposition universelle du modèle mathèmatique du travail de la gare, comprenant les modèles de travail de la gare de voyageurs, du groupe d'arrivée et de départ de la gare de triage, des groupes d'arrivée avec dispositif de traige commun ou séparé. Le modèle nécessaire est obtenu par le choix convenable de séries de connexion du modèle universel.