

Jadwiga WALENTA-BĄCZKOWICZ

PROBLEMY PRZYSTOSOWANIA SIECI KOLEJOWEJ
DO DUŻYCH ZADAŃ TRANSPORTOWYCH W ASPEKTCIE PRZEPUSTOWOŚCI

Streszczenie. Artykuł porusza problemy przystosowania linii kolejowych do dużych zadań przewozowych, ujmując je w aspekcie przepustowości. Przedstawiona jest metodyka rozwiązania tego zagadnienia z wykorzystaniem probabilistycznych metod obliczania przepustowości. Modernizacja sieci ujęta jest na przykładzie przystosowania istniejącej sieci PKP do dużych przewozów węgla, wynikających z eksploatacji złóż w obrębie Aglomeracji Lubelskiego Zagłębia Węglowego.

1. WPROWADZENIE

W 1975 roku udokumentowano w rejonie Lublina istnienie złóż wysokocenergetycznego węgla kamiennego, zalegającego na powierzchni 4600 km^2 , szacowanego na głębokości 1000 m na 40,5 mld ton. Jako najkorzystniejszy do zagospodarowania górniczego po rozpoznaniu geologicznym uznany został obszar o powierzchni 970 km^2 o zasobach 20 mld ton, ciągnący się pasmem szerokości 15 km od miejscowości Niedźwiada w rejonie Lubartowa Żdżanne na wschód od Krasnegostawu. Teren ten, z uwagi na racjonalną gospodarkę złóżem, podzielono na trzy części, zwane okręgami: północny, centralny i południowy. Do 1990 r. przewidziane jest zagospodarowanie górnicze okręgu centralnego, który uzyskał nazwę Centralnego Okręgu Węglowego COW, w którym ruszyły już zespoły robocze, np. kopalnia pilotująca w Bogdanie.

Założenia górnicze [6] przewidują, że kompleksowe zagospodarowanie COW wymagać będzie do 1990 r. realizacji licznych przedsięwzięć i zadań inwestycyjnych, wyodrębnionych w 5 grupach inwestycyjnych, w których oprócz: produkcji węgla, budowy miasta, przemysłu uzupełniającego, należy zwrócić uwagę na połączenia zewnętrzne, gdyż odbiorcami węgla lubelskiego będą ośrodki zlokalizowane w całej północno-wschodniej i południowo-wschodniej oraz centralnej - z Warszawą i Łodzią - części Polski, w sposób naturalny ciągnące w kierunku LZW. Istniejąca na tych terenach sieć kolejowa, w porównaniu z resztą kraju, charakteryzuje się niskim stopniem zagęszczenia oraz niskim stanem technicznym, nie pozwalającym na rozwijanie większych prędkości i wprowadzenia ciężkich i długich pociągów, i w swej obecnej postaci nie sprostą nowym zadaniom przewozowym. Może ona jedynie stanowić bazę, na której będzie można budować zmodernizowany układ sieci kolejowej.

2. PROGNOZOWANE DROGI WYWOZU WĘGLA Z LZW NA SIECI PKP

Na podstawie analiz i kalkulacji w dziedzinie gospodarki energetycznej opracowane zostały przez Instytut Kształtowania Środowiska prognozy układu geograficznego odbiorców węgla z LZW, szacujące również wielkość tych odbiorców na r. 2005, nazwany w planowaniu okresem kierunkowym. Globalna wielkość wydobycia w r. 2005 wynosić ma około 80 milionów ton rocznie. Jako jedyny środek transportu przewidziano kolej. Rozmieszczenie odbiorców węgla zlokalizowano w całej północno-wschodniej, południowo-wschodniej i centralnej części Polski.

W wyniku prac Instytutu Kształtowania Środowiska, wg [6], przedstawiono 6 różnych wariantów możliwych dróg wywozu węgla dla tych samych odbiorców. Warianty przestrzenne wywozu węgla różnią kombinacje istniejących dróg kolejowych, po których przewozy te mają się odbywać. Największe różnice istnieją w rejonie centralnym na północny - zachód od Lublina w kierunku Warszawy i Łodzi.

Na bazie istniejącej sieci PKP przyjęto główne kierunki dróg wywozu węgla. Są nimi następujące linie:

Lublin - Dęblin - Piława - Tuszów - Nasielsk - Ilawa - Malbork - Gdańsk,
Lublin - Łuków - Siedlce - Małkinia - Ostrołęka - Olsztyn,
Siedlce - Czeremcha - Białystok,
Dęblin - Radom - Łódź,
Lublin - Rejowiec - Chełm - Dorohusk,
Lublin - Charzewice - Przeworsk.

Linie te mają obsługiwać głównie porty oraz ośrodki wielkomiejskie, ośrodki miejsko-przemysłowe, istniejące i planowane duże elektrownie systemowe całej północno-wschodniej i południowo-wschodniej i centralnej - z Warszawą i Łodzią - części Polski.

3. ZAŁOŻENIA ORGANIZACJI PRZEWOZÓW WĘGLOWYCH

Organizacja produkcji i system załadunku węgla z kopalni LZW narzuca w dużej mierze organizację jego wywozu.

Koncentracja i wysoki stopień zautomatyzowania załadunku pozwalają na zastosowanie systemu przewozu towarów masowych, co oznacza organizację przewozów pociągami wadliwymi lub marszrutowymi od dużych nadawców do dużych odbiorców. Takie założenie przyjęto w opracowaniu [4] i [7].

Przyjmuje się, że pociągi wadliwe i marszrutowe stanowić będą około 90% wszystkich pociągów z węglem. Pozostałe 10% węgla przewożone będzie pociągami zdawozymi do stacji rozrządowej, gdzie formowane będą pociągi kolekcyjne i zbiorowe dla drobnych odbiorców. Założono w pracy [7], że średni ciężar netto pociągu węglowego ładownego będzie większy od 2500 kG, zaś tabor dla ciężkich pociągów węglowych przyjmuje się jako:

- węglarki uniwersalne 4- i 6-osiove o ładowności 110 t,
- węglarki samowyladowcze,
- węglarki specjalne do materiałów sypkich.

Realizacja naładunku węgla odbywać się ma w sposób ciągły przez 365 dni. Obliczenia jednostek transportowych dla każdego z 6 wariantów wywozu węgla podano w pracy [7].

W przewozach pozawęglowych wyróżnić należy ruch pasażerski i ruch towarowy niewęglowy, który utrzyma się na obecnym poziomie [7]. W ruchu osobowym uwzględniono niewielki wzrost liczby pociągów dalekobieżnych i wzrost ruchu podmiejskiego. Należy się spodziewać, że wzrost ruchliwości ludzi przejmie raczej indywidualny transport samochodowy i PKS.

Dla przewozów towarowych niewęglowych brak jest autorytatywnych informacji co do wielkości tego ruchu w okresie kierunkowym. Można go jedynie oszacować. Według K. Badacha [1] wzrost przewozów towarowych, przy zachowanej strukturze jakościowej dla okresu 1980-1990, wyniesie średnio o około 40%, zaś wę [7], zachowując tę samą dynamikę wzrostu przewozów jak w [1], wzrost przewozów wyniesie 100%. Nie oznacza to jednak dwukrotnego wzrostu liczby pociągów, ze względu na wprowadzenie ciężkich pociągów do 2500 ton, co oznacza zmniejszenie obecnej liczby jednostek transportowych o 40% - przy zachowanej nieziennej masie transportowej.

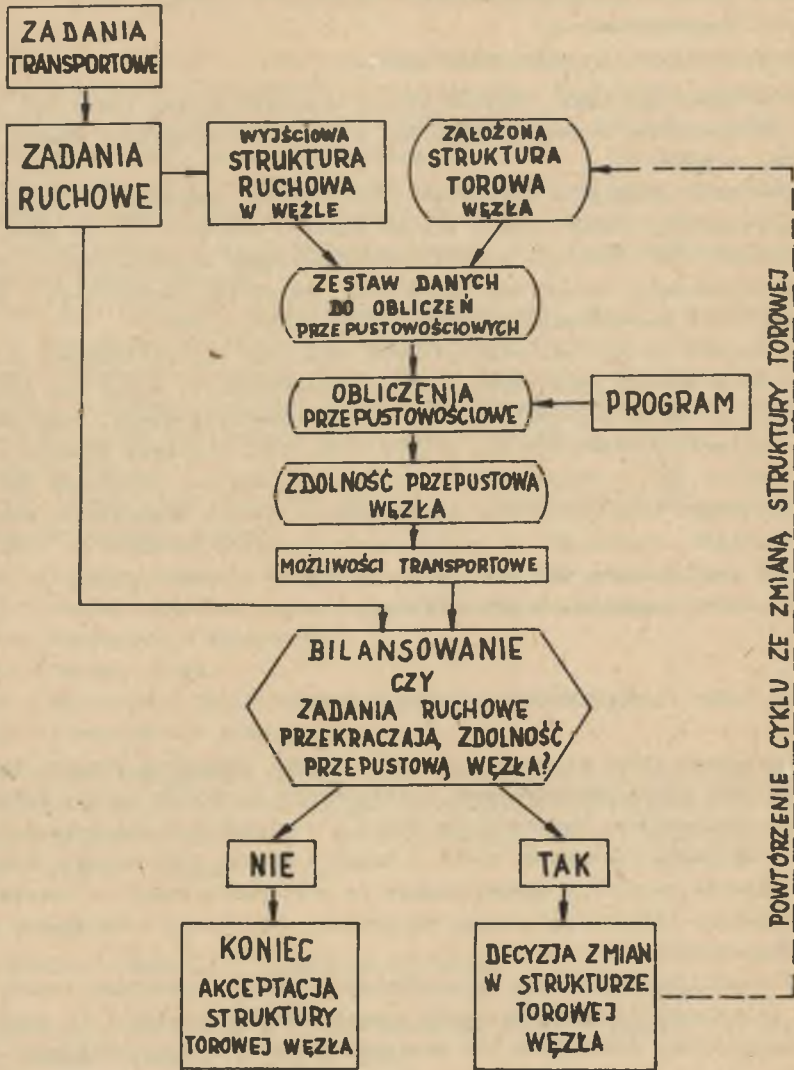
4. METODA OCENY PRZEPUSTOWOŚCI UKŁADÓW TOROWYCH

Przepustowość sieci kolejowej wyrażona liczbą jednostek transportowych określana jest przez przepustowość podstawowych elementów na nie składających się. Interesujący nas fragment sieci - w określonym obszarze geograficznym - obejmuje posterunki ruchu i zawarte między nimi szlaki. Przepustowość szlaków określają ograniczające je posterunki ruchu, a determinuje węzeł torowy (głowica, stacyjna, posterunek odgałęźny) o mniejszej zdolności przepustowej.

Przeprowadzając obliczenia przepustowościowe dla wszystkich węzłów torowych, można określić przepustowość poszczególnych szlaków. W praktyce wystarczają jednak obliczenia dla punktów krytycznych o najmniejszej zdolności przepustowej, co wymaga już pewnego doświadczenia we wskazywaniu węzłów krytycznych.

Schemat logiczny postępowania nad oceną jednego węzła torowego przedstawiono na rysunku 1.

Elementy ujęte w ramki prostokątne przyjmuje się jako wyjściowe i stałe. Elementy w ramach owalnych traktować należy jako te, których postać, wartość lub treść mogą ulegać zmianom w kolejnych cyklach postępowania, zaś w obrębie jednego cyklu są stałe.



Rys. 1. Schemat logiczny postępowania nad oceną węzła torowego

Obliczenia przepustowościowe w postaci probabilistycznej symulacji ruchu pociągów w węźle przebiegają w pamięci maszyny cyfrowej wg programu opracowanego przez COBIRTK w ramach Oceny Układów Torowych [3], [4], [5]. Materiały uzyskane z symulacji mają postać wydruków zawierających dane wyjściowe, czas symulowany, liczby pociągów poszczególnych relacji oraz charakterystyki jakości działania systemu. Obliczenia przepustowościowe określają optymalną zdolność przepustową rozpatrywanego węzła. Bilansowanie zadań ruchowych ze zdolnością przepustową daje nam odpowiedź na pytanie, czy zadania ruchowe przekraczają zdolność przepustową. Odpowiedź "nie" oznacza akceptację przyjętego układu torowego, zaś odpowiedź "tak" - oznacza, że przyjęty układ torowy jest niewystarczający, więc należy go przeprojektować.

Cykl obliczeniowy powtarza się tak długo, aż zostaną wykonane zadania i możliwości transportowe układu torowego.

Pojęcie przepustowości nie jest pojęciem prostym, ani jednoznacznym, gdyż przepustowość układu jest przepustowością, w którym obsługuje się jednostki ruchu różnych kategorii o różnych parametrach obsługi.

Posłużono się definicją przepustowości sformułowaną przez J. Wocha w [3], która podaje, że:

"przez przepustowość układu kolejowego - którym może być węzeł torowy, stacja węzłowa, szlak, odcinek linii, stacja rozrządowa, linia itp. - rozumie się zbiór danych wyrażających liczbę jednostek ruchowych (najczęściej pociągów), jakie mogą przejechać (być obsłużone) przez układ w określonym przedziale czasu, tzn. taką liczbę jednostek, że średnia ich liczba, która wejdzie w układ bez zakłóceń, jest największa". Średnia liczba jednostek ruchowych (pociągów), które wejdą do układu bez zakłóceń, jest funkcją parametrów techniczno-ruchowych układu, zwaną względną płynnością ruchu lub ogólnie funkcją efektywności. Tak więc, przepustowość określić można jako to obciążenie ruchowe układu, dla którego względna płynność ruchu jest największa, czyli funkcja efektywności osiąga wartość maksymalną.

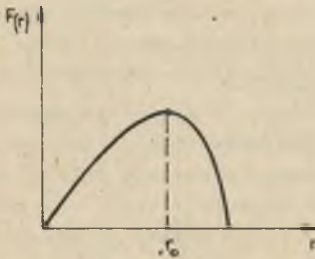
Funkcja efektywności ma postać wg [4] i [3]:

$$F(r) = [1 - P(r)] \cdot r,$$

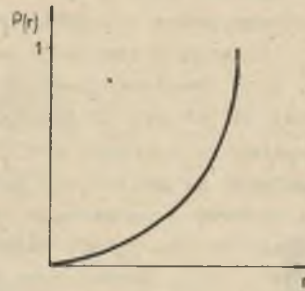
gdzie:

- r - obciążenie ruchowe mierzone liczbą jednostek ruchowych (pociągów),
- $P(r)$ - prawdopodobieństwo zakłócenia, będące funkcją wielkości obciążenia r.

Zależność p od r ma charakter przedstawiony na wykresie (rys. 2). Funkcję efektywności, wyznaczającą przepustowość graficznie, przedstawiono na rys. 3, jak w [3].



Rys. 2. Wykres zależności prawdopodobieństwa zakłóceń p od intensywności zgłoszeń r



Rys. 3. Przebieg funkcji efektywności

Chcąc wyznaczyć maksimum funkcji efektywności, określającą przepustowość układu torowego, należy znać zależność prawdopodobieństwa zakłóceń $P(r)$ od obciążenia ruchowego.

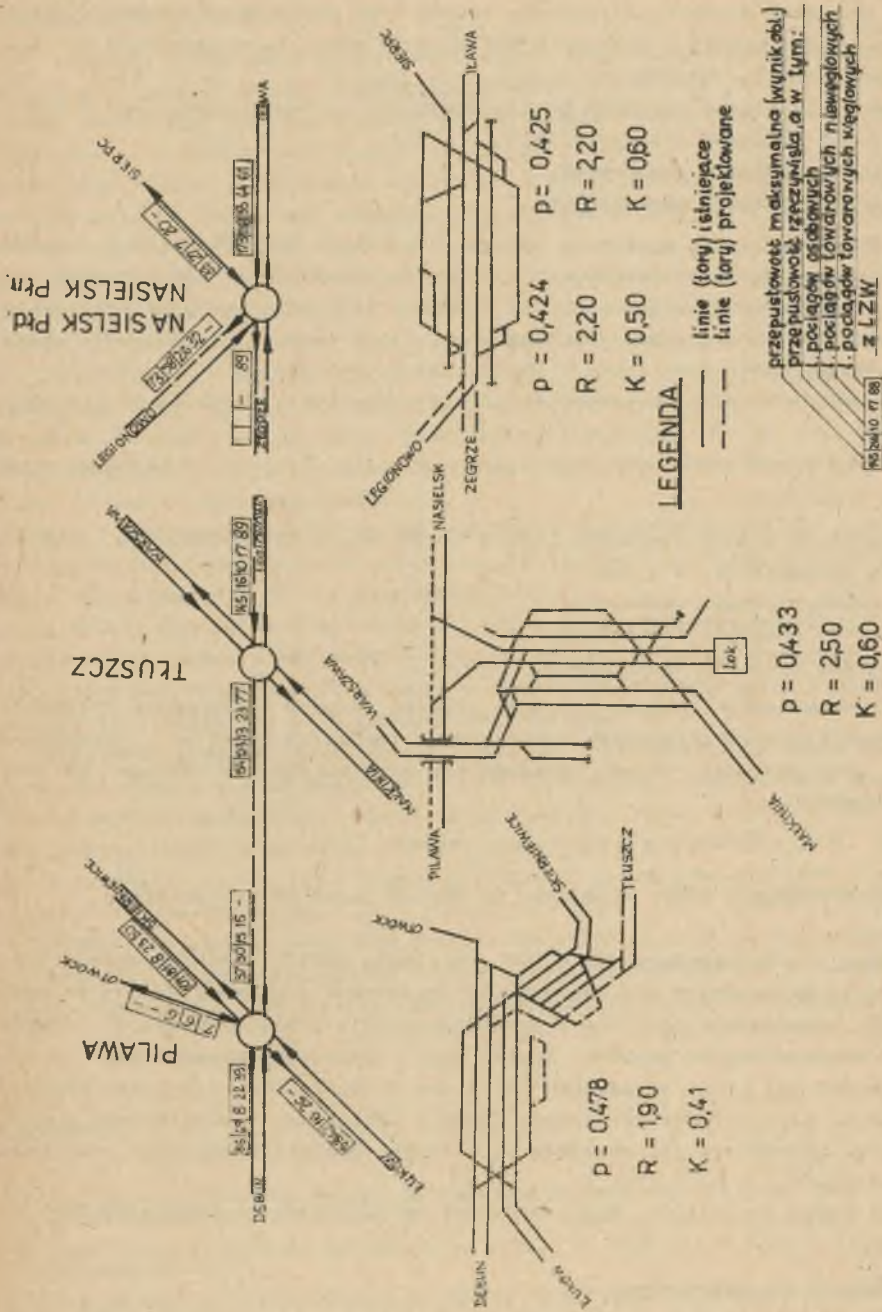
Postać analityczna tej funkcji nie jest znana. Praktycznym sposobem wyznaczania tej zależności jest wspomniana wyżej symulacja komputerowa pracy układu kolejowego.

Obliczenia symulacyjne prowadzone są w pamięci maszyny cyfrowej wg odpowiedniego programu. Zestawienie danych do obliczeń stanowią odpowiednio skompletowane dane techniczno-ruchowe obejmujące: charakterystyki globalne węzła (liczba torów dochodzących do węzła, liczba dróg przejazdu, liczba punktów kolizji, liczba kategorii pociągów), charakterystyki zabezpieczenia, liczby odstępów torowych, długości odstępów torowych, drogi przejazdu, struktura ruchu i opis otoczenia posterunku ruchu lub węzła torowego. Program zawiera algorytm optymalizujący, działanie którego wskazuje obciążenie optymalne układu w konkretnych warunkach, zgodnie z przedstawionym poprzednio kryterium.

5. OBRACOWANIE WYNIKÓW OBLICZEŃ PRZEPUSTOWOŚCIOWYCH

Efektem przepustowościowych obliczeń symulacyjnych wszystkich posterunków ruchu rozpatrywanego fragmentu sieci jest mapa przepustowości sieci, która ta forma została wypracowana w ramach tworzenia i wdrażania SOUT-u (Systemy Oceny Układów Torowych) w Pracowni Informatycznej CORINTK w Katowicach. Ten sposób prezentowania rezultatów obliczeń wydaje się być najwłaściwszą formą zestawienia wyników obliczeń jako całości.

Rysunek 4 pokazuje fragment takiej mapy przepustowości. Na każdym z szlaków na mapach przepustowości szereg liczb oznacza kolejno: - teoretyczną, optymalną przepustowość otrzymaną jako wynik obliczeń symulacyjnych, wyrażoną liczbą tras wszystkich rodzajów pociągów,



Rys. 4. Mapa przepustowości linii Lublin - Gdańsk na odcinku Piława - Naselsk

- przepustowość rozrządzalną, ustaloną jako 0,8 teoretycznej przepustowości pociągów towarowych wyrażoną liczbą tras pociągów towarowych. (Współczynnik 0,8 wynika z przyjęcia 20% rezerwy czasu dyspozycyjnego na naprawy bieżące - utrzymanie toru),
- sumaryczną liczbę pociągów przejeżdżających po danym torze, zaś w tym:
 - liczbę pociągów pasażerskich,
 - liczbę pociągów towarowych,
 - liczbę pociągów specjalnych.

Dwie pierwsze liczby oznaczają optymalną w danych warunkach przepustowość, zaś następne wyrażają istniejące obciążenie. Porównanie tych wartości określa nam rezerwy, które mogą być dodatnie (+), co oznacza niewykorzystanie zdolności przepustowej, lub ujemne (-), co oznacza przeciążenie układu torowego.

W przypadku nowoprojektowanych układów interpretacje opisu nieco się zmienia.

Znaczenie pierwszych dwóch liczb jest takie samo. Natomiast następne oznaczają z założenia:

- sumaryczną liczbę pociągów, będącą równocześnie rozporządzalną zdolnością przepustową, a w tym:
 - liczbę pociągów osobowych,
 - liczbę pociągów towarowych,
 - liczbę pociągów specjalnych.

Mapa przepustowości układu torowego zawiera również informacje dotyczące najistotniejszych parametrów technicznych, mających wpływ na przepustowość, jak: prędkość, rodzaj urządzeń zrk oraz maksymalne odstępy blokowe lub szlakowe.

6. PRZYSTOSOWANIE SIECI KOLEJOWEJ DO NOWYCH ZADAŃ TRANSPORTOWYCH

Jedną z dróg wywozu węgla z LZW jest linia Lublin - Gdańsk, będąca jednocześnie najbardziej obciążoną linią przewozami węglowymi. Na jej to przykładzie rozpatrzono możliwości modernizacji dla przystosowania do nowych zadań transportowych przewozu węgla. Rys. 4 pokazuje fragment masy przepustowości tej linii na odcinku od Pilawy do Nasielska. Z bilansu przepustowości, czyli biorąc porównanie zadań i możliwości przepustowych wynika, że tylko niektóre z jej odcinków są w stanie przenieść wymagane obciążenie docelowe.

Istotnymi czynnikami, mającymi wpływ na zwiększenie przepustowości linii są:

- liczba torów szlakowych,
- zmniejszenie stopnia kolizyjności przebiegów w posterunkach ruchu, głowicach stacyjnych,

- zmniejszenie długości odstępów blokowych,
- zwiększenie prędkości.

Dla uzyskania określonego efektu zwiększenia przepustowości niekoniecznie trzeba uwzględniać zmiany wszystkich czynników.

Należy jednak tak dobrać parametry, aby warunki techniczne linii były jednolite, np. system zrk, średnia prędkość.

Czynnikami, które uwzględniono na linii Lublin - Gdańsk są: zmiana linii jednotorowej na dwutorową, zmiana systemu urządzeń zrk, zwiększenie prędkości.

Dostosowanie tej linii na poszczególnych jej odcinkach do wymaganej przepustowości polega na dobudowie drugiego toru na odcinkach Lublin - Łuków, Siedlce - Małkinia, p. odp. Kądziała - Nowosielsk. Prawie na całej długości linii Lublin - Gdańsk wprowadzić należy blokadę samoczynną. Dalsza modernizacja idzie w kierunku zmniejszenia długości odstępów blokowych i zwiększenia prędkości pociągów. Konsekwentnie pociągnięto to za sobą zmiany w układach torowych węzłów kolejowych. Dotyczy to węzłów: Tuszów, Nasiałek, Iława, Siedlce, Małkinia, Ostrołęka.

Rys. 5 pokazuje przykładowo dla jednego z wariantów (wariant V_A) wywozu węgla z LZW inwestycje na całej sieci kolejowej, związane z wywozem węgla z tegoż zagłębia na rok kierunkowy 2005.

Każdy wzięty pod uwagę z wymienionych poprzednio czynników zwiększenia przepustowości da pewne progi przepustowości, np. zwiększenie prędkości jest niemożliwe do osiągnięcia bez odpowiednio ukształtowanego toru w planie i profilu itp. Wiąże się to z pewnymi inwestycjami.

Obliczenia przepustowości powinny być tak prowadzone, aby stały się podstawą planowania i realizacji inwestycji kolejowych w odpowiednim czasie, poprzedzającym spodziewany wzrost zadań transportowych. Chodzi o wskazanie przepustowości progowych, których przekroczyć nie można - przy wymaganej płynności ruchu - bez zmiany któregoś z parametrów mających wpływ na wartość przepustowości.

Prezentowana metoda obliczeń przepustowościowych jest w stanie sprostać tym wymaganiom, gdyż stosunkowo szybko uzyskać można wynik w postaci ustalonej optymalnej przepustowości dla określonych warunków technicznych linii.

LITERATURA

- [1] Badaoch K.: Prognoza przewozów towarowych kolejami do roku 1990. Przegląd Kolejowy Przewozy 1/77.
- [2] Jagiełło A.: Zadania przewozowe kolei w 1977 r. Przegląd Kolejowy Przewozy 1/77.
- [3] System Oceny Układów Torowych (SOUT), COBiRTK, Katowice, wrzesień 1977.



Rys. 5. Inwestycje na sieci kolejowej PKP - Wariant V_A
(rok 2005)

- [4] Woch J.: Ogólne ujęcia zagadnień przepustowości jako problemu wymiarowania układów kolejowych, /rozdz. 6 pracy zbiorowej pod red. Truskolaskiego A. i Węglarskiego J. pt.: "Informatyka w planowaniu technicznym przewozów kolejowych", WKŁ, Warszawa 1977.
- [5] Woch J.: System Oceny Układów Torowych jako narzędzie kształtowania efektywności eksploatacji i rozwoju sieci kolejowej. Przegląd Komunikacyjny nr 9 z 10/1979.
- [6] Wstępne założenia rozwoju Aglomeracji Lubelskiego Zagłębia Węglowego, Instytut Kształtowania Środowiska, Warszawa 1975.
- [7] Wpływ gospodarki węglem na układ i główne elementy sieci kolejowej ALZ, Instytut Budowy Dróg Politechniki Śląskiej, Gliwice, październik 1978.

Recenzent: dr Janusz Woch

Wpłynęło do Redakcji w styczniu 1981 r.

ПРОБЛЕМЫ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ СЕТИ
ДЛЯ БОЛЬШИХ ТРАНСПОРТНЫХ ЗАДАЧ
С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ

Р е з ю м е

Статья обсуждает некоторые проблемы приспособления железнодорожных линий для больших транспортных задач с точки зрения пропускной способности. Представлена методика решения этого вопроса с использованием теории вероятности в расчете пропускной способности. Модернизация сети представлена на примере приспособления существующей сети польских железных дорог для большого транспорта угля в связи с эксплуатацией месторождений в районе Любелского угольного бассейна.

PROBLEMS OF ADAPTING RAIL-WAY SYSTEM
TO HEAVY TRANSPORT TASK REGARDING TRAFFIC CAPACITY

S u m m a r y

The paper deals with some problems of adapting rail-way lines to large load transport tasks, under consideration of traffic capacity. It is presented a method to solve the problem by the use of probability calculus to count the traffic capacity. The rail-way system modernization is considered on the example of adapting the Rail-Ways of Poland to heavy transport of coal, resulting from deposits excavation in the region of Coal District Centre nearby the city Lublin.