

Jolanta BASIAGA

Instytut Organizacji i Techniki  
Transportu Kolejowego  
Politechnika Krakowska

## MODEL SYMULACYJNY REJONU TORÓW NA GRANICZNEJ STACJI PRZEŁADUNKOWEJ

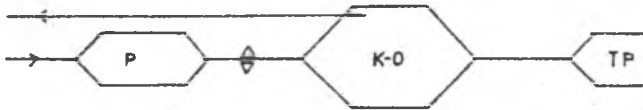
Streszczenie. W artykule omówiono problemy wykorzystania metod symulacyjnych do analizy funkcjonowania rejonu torów na stacji przeładunkowej leżącej na styku sieci PKP i sieci SZD. Technologiczną obsługę wagonów w rejonie odzwierciedlono w postaci sieci systemów masowej obsługi odwzorowujących poszczególne operacje technologiczne. Przedstawiony model po jego oprogramowaniu, może stanowić bezpośrednie narzędzie badań symulacyjnych umożliwiających: - określenie punktów krytycznych decydujących o wydajności rejonu, - analizę zajętości poszczególnych grup torów, - analizę wykorzystania stosowanych w rejonie urządzeń technicznych i zatrudnionych zespołów pracowniczych.

### 1. Wprowadzenie

Przedmiotem rozważań jest rejon torów na stacji przeładunkowej zlokalizowanej na styku dwóch sieci kolejowych: sieci PKP o prześwicie torów 1435 mm i sieci SZD o prześwicie torów 1520 mm, której podstawową funkcją jest przeładunek towarów importowanych ze Związku Radzieckiego. Przedstawiony w [1] makroskopowy model analityczny takiego rejonu nie pozwala na szczegółową analizę procesu technologicznego, zajętości poszczególnych grup torów czy wykorzystania stosowanych urządzeń technicznych i zatrudnionych zespołów pracowniczych. Dla uzyskania możliwości tego rodzaju oceny jest konieczne opracowanie modelu uwzględniającego dekompozycję realizowanego w rejonie procesu technologicznego. Ze względu na złożoność procesu i istnienie wzajemnych zależności pomiędzy poszczególnymi jego fazami, dla rozwiązania tak postawionego zadania zastosowano metody symulacyjne.

### 2. Sformułowanie modelu

W artykule jest przedstawiony model rejonu torów normalnych granicznej stacji przeładunkowej. Schemat układu grup torów w rozważanym rejonie ilustruje rys. 1.



Rys. 1. Schemat układu grup torów w rozważanym rejonie

Przybywające do rejonu pociągi są przyjmowane na jeden z wolnych torów grupy przyjazdowej (P). Na torach tych następuje obróbka pociągu na przybyciu obejmująca: zdjęcie sygnałów końca pociągu i odłączenie lokomotywy, sporządzenie wykazu R10, szczegółowe oględziny techniczne, klasyfikację wagonów do naprawy w warsztatach stacyjnych oraz naprawę wagonów bez wyłączenia ich z ruchu. Obróbki tej dokonują drużyny rewidentów techniczno-handlowych. Z toru przyjazdowego skład pociągu jest wpychany na górkę rozrządową za pomocą lokomotywy manewrowej obsługującej rejon górki, skąd następuje staczanie wagonów na tory kierunkowe (grupa K-O). Celem rozrządzania jest rozdzielanie wagonów przeznaczonych do podstawienia na poszczególne punkty przeładunkowe. Po zakończeniu rozrządzania lokomotywa dopycha wagony na torach kierunkowych oraz usuwa ewentualne błędy rozrządzania. Po zakumulowaniu na torach kierunkowych odpowiedniej liczby wagonów danego typu i ich połączeniu sporządza się wykaz R25, a następnie lokomotywa manewrowa podstawia tę grupę wagonów na punkt przeładunkowy (TP).

W stacji stosuje się trzy sposoby przeładunku:

- bezpośredni,
- pośredni,
- komunikacja przestawcza.

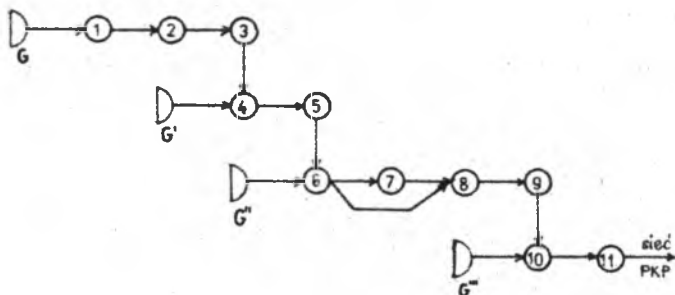
Na punkty w których stosuje się bezpośredni sposób przeładunku wagony są podstawiane dopiero wówczas, gdy znajdują się już na nich wagony szerokotorowe. Zwolnienie lokomotywy manewrowej następuje po przekazaniu grupy wagonów na punkcie na podstawie wykazu R25. Po zakończeniu czynności ładunkowych, magazynier sporządza wykaz R27 i zgłasza gotowość wagonów do zabrania z punktu dyspozytorowi, który kieruje na punkt jedną z wolnych lokomotyw manewrowych. Zadaniem tej lokomotywy jest przestawienie grupy wagonów na tor wagowy, uczestniczenie w ważeniu wagonów i przestawienie tej grupy wagonów po ważeniu na tory odjazdowe. Wagony nie podlegające ważeniu, np. wagony zabierane z punktu towarowej komunikacji przestawczej, są bezpośrednio z punktu przestawiane na tory odjazdowe. Na torach tych następuje zestawianie wagonów ładownych w składy pociągów. Zestawiania dokonuje się za pomocą lokomotywy manewrowej z wykorzystaniem toru wyciągowego. Polega ono właściwie na porządkowaniu wagonów naładowanych na tym samym punkcie przeładunkowym, a w przypadku grupy zawiera-

jącej pudła wagonów radzieckich po wymianie zestawów kołowych na dołączeniu tzw. wagonów ochronnych z uwagi na różnice w stosowanych na PKP i SZD sprzęgach. Zestawiony skład pociągu podlega na torach odjazdowych obróbce obejmującej dokręcenie sprzęgów, oględziny techniczne i drobne naprawy, spisanie składu i przygotowanie dokumentów przewozowych. Obróbki tej dokonują drużyny rewidentów techniczno-handlowych. Tak przygotowany skład oczekuje na lokomotywę pociągową. Po doczepieniu tej lokomotywy i przeprowadzeniu szczegółowej próby hamulca zostaje on wyprawiony ze stacji, a więc opuszcza rozważany rejon torów.

Analiza procesu technologicznego pracy stacji przeładunkowej wskazuje na konieczność jego dekompozycji na ciąg operacji technologicznych uwarunkowanych między sobą zarówno w czasie, jak i ograniczeniami wynikającymi z infrastruktury procesu. Z uwagi na to technologię obróbki wagonów w rejonie torów można odzwierciedlić w postaci sieci operacji technologicznych zwanej siecią obsługi (rys.2). Sieć ta jest grafem zorientowanym, którego wierzchołkami są systemy masowej obsługi.

Jednostkami obsługiwanymi w sieci są wagony pogrupowane w:

- składy pociągów przybywających do rejonu,
- grupy wagonów podstawianych równocześnie na punkt przeładunkowy,
- składy pociągów wyprawianych z rejonu.



Rys. 2. Sieć obsługi odwzorowująca technologię obróbki wagonów w rejonie torów

Przez obsługę są rozumiane poszczególne operacje technologiczne składające się na obróbkę wagonów w rejonie. Uwarunkowania wykonywania niektórych operacji odzwierciedlają w sieci obsługi generatory  $G$ ,  $G'$ ,  $G''$ ,  $G'''$ , przy czym:

$G$  - generuje поток pociągów zgłaszających się do rejonu. Określa on odstępy czasu między zgłoszeniami kolejnych pociągów,

- G' - generuje potok grup wagonów szerokotorowych podstawianych na punkty, na których jest stosowany pośredni sposób przeładunku oraz określa dostępność lokomotyw manewrowych zatrudnionych przy podstawianiu wagonów na punkty przeładunkowe,
- G'' - generuje potok grup wagonów szerokotorowych po wymianie zestawów kołowych na punkcie towarowej komunikacji przestawczej oraz określa dostępność lokomotyw manewrowych zatrudnionych przy zabieraniu wagonów z punktów przeładunkowych,
- G''' - generuje potok lokomotyw pociągowych zgłaszających się do pociągów wyprawianych ze stacji.

Objaśnienie symboli oraz omówienie poszczególnych parametrów modelu:

- P1 - poczekalnia określająca miejsce oczekiwania pociągów na wjazd do stacji. Z reguły przyjmuje się praktycznie nieograniczoną pojemność tej poczekalni.
- S1 - stanowisko obsługi odpowiadające operacji "wjazd do stacji". Jednostką obsługiwaną jest pociąg. Stanowisko jest najczęściej jednokanałowe. Czas obsługi obejmuje czas trwania przygotowania drogi przebiegu i przejazdu pociągu z toru szlakowego na tor grupy przyjazdowej (określa on minimalny odstęp między kolejnymi pociągami).
- P2 - poczekalnia reprezentująca grupę torów przyjazdowych. Pojemność poczekalni jest równa liczbie torów przyjazdowych.
- S2 - stanowisko obsługi odpowiadające operacji "przyjmowanie składu pociągu". Jednostką obsługiwaną jest skład pociągu. Liczbę kanałów obsługi określa liczba druzyn rewidentów techniczno-handlowych. Czas obsługi obejmuje czas trwania czynności składających się na odprawę techniczno-handlową i przygotowanie do rozrządzenia.
- P3 - poczekalnia odpowiadająca oczekiwaniu składu na rozpoczęcie rozrządzenia. Jej pojemność określa liczba torów przyjazdowych.
- S3 - stanowisko obsługi odpowiadające operacji "rozrządzenie składu". Jednostką obsługiwaną jest skład pociągu przygotowany do rozrządzenia. Liczbę kanałów obsługi określa liczba lokomotyw manewrowych wykorzystywanych przy rozrządzeniu. Czas obsługi obejmuje czasy trwania rozrządzenia, dopychania wagonów na torach kierunkowych i usuwania błędów rozrządzenia.
- P4 - poczekalnia odpowiadająca oczekiwaniu wagonów na podstawienie ich na punkty przeładunkowe. Jest ona układem akumulującym wagony. Liczbę miejsc w poczekalni określa pojemność torów kierunkowych.
- S4 - stanowisko obsługi odpowiadające operacji "podstawianie grupy wagonów na punkty przeładunkowe". Jednostką obsługiwaną jest grupa wagonów wraz z lokomotywą manewrową. Liczbę kanałów obsługi określa

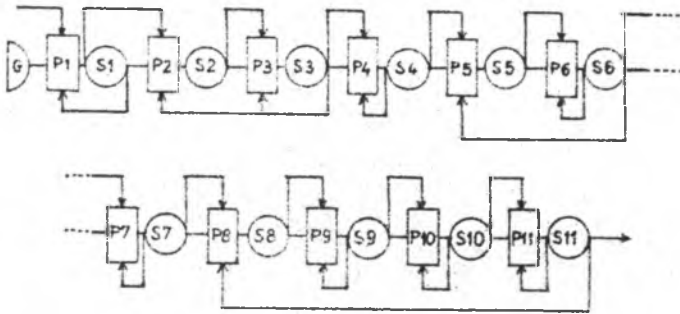
liczba punktów i liczba lokomotyw manewrowych wykorzystywanych przy podstawianiu wagonów na punkty. Czas obsługi określają czasy trwania czynności technologicznych składających się na cztery operacje: doczepienie lokomotywy, próba hanulca, przestawienie grupy wagonów na punkt i przekazanie grupy na punkcie. Po zakończeniu obsługi na tym stanowisku są zwalniane lokomotywy manewrowe, a ponadto w przypadku towarowej komunikacji przestawczej, wagony są usuwane z rejonu torów normalnych.

- P5 - poczekalnia odpowiadająca oczekiwaniu grupy wagonów na rozpoczęcie czynności ładunkowych. Pojemność poczekalni określa liczba torów przeładunkowych.
- S5 - stanowisko obsługi odpowiadające zakresowi czynności związanych z naładunkiem grupy wagonów. Jednostką obsługiwaną jest grupa wagonów podstawionych na punkt. Liczbę kanałów określa liczba punktów przeładunkowych. Na czas obsługi składają się czasy trwania czynności ładunkowych i sporządzenia wykazu R28.
- P6 - poczekalnia odpowiadająca oczekiwaniu grup wagonów na zabranie z punktów. Jej pojemność określa liczbę torów przeładunkowych.
- S6 - stanowisko obsługi odpowiadające operacji przestawiania grupy wagonów z punktów przeładunkowych na tory wagowe, postojowe lub odjazdowe. Jednostką obsługiwaną jest grupa wagonów po naładowaniu lub wymianie wózków. Liczbę kanałów określa liczba punktów oraz lokomotyw manewrowych. Czas obsługi określają czasy trwania czynności technologicznych związanych z zabieraniem grup wagonów z punktów przeładunkowych. W przypadku punktu towarowej komunikacji przestawczej, lokomotywy po przestawieniu grupy wagonów na tory odjazdowe, zostają zwolnione.
- P7 - poczekalnia odzorowująca oczekiwanie grup wagonów wraz z lokomotywami manewrowymi na wazenie wagonów. Pojemność poczekalni określa liczba torów wagowych i pojemność torów postojowych.
- S7 - stanowisko obsługi odpowiadające operacji "wazenie wagonów". Jednostką obsługiwaną jest grupa wagonów wraz z lokomotywą manewrową. Liczbę stanowisk obsługi określa liczba torów wagowych. Czas obsługi określa czas trwania wazenia grupy wagonów z ewentualnym dozowaniem ładunku oraz przestawiania grupy na tory odjazdowe. Zakończenie obsługi zwalnia lokomotywę manewrową.
- P8 - poczekalnia reprezentująca grupę torów odjazdowych. Pojemność poczekalni określa liczba torów odjazdowych.
- S8 - stanowisko obsługi odpowiadające operacji "zestawienie składu pociągu". Jednostką obsługiwaną jest grupa wagonów. Liczbę kanałów obsłu-

- gi określa liczba torów wyciągowych oraz lokomotyw zatrudnionych przy formowaniu składów pociągów. Czas obsługi określa czas trwania porządkowania wagonów w grupie.
- P9 - poczekalnia odpowiadająca oczekiwaniu sformowanych składów na obróbkę techniczno-handlową. Pojemność poczekalni określa liczba torów odjazdowych.
- S9 - stanowisko obsługi odpowiadające operacji "obróbka techniczno-handlowa na torach odjazdowych". Jednostką obsługiwaną jest zestawiony skład pociągu. Liczba kanałów obsługi jest zależna od liczby drużyn rewidentów techniczno-handlowych. Czas obsługi określają czasy trwania czynności związanych z obróbką.
- P10 - poczekalnia odwzorowująca oczekiwanie składów na zgłoszenie się lokomotywy pociągowej. Pojemność jej określa liczba torów odjazdowych.
- S10 - stanowisko obsługi odpowiadające zakresowi czynności związanych z wyprawianiem pociągów ze stacji. Jednostką obsługiwaną jest skład pociągu oczekujący na wyprawienie. Liczba kanałów obsługi jest zależna od liczby drużyn manewrowych dokonujących szczegółowej próby hamulca. Na czas obsługi składają się czasy trwania oczekiwania na lokomotywę pociągową, połączenia lokomotywy ze składem, szczegółowej próby hamulca, oznakowania końca pociągu i przekazania dokumentów przewozowych.
- P11 - poczekalnia odpowiadająca oczekiwaniu pociągu na wyjazd ze stacji. Pojemność poczekalni jest równa liczbie torów odjazdowych.
- S11 - stanowisko obsługi odpowiadające operacji "wyjazd pociągu ze stacji". Jednostką obsługiwaną jest pociąg. Jest to najczęściej stanowisko jednokanałowe. Czas obsługi określa minimalny odstęp czasu między pociągami opuszczającymi stację.

Zajmowanie i zwalnianie miejsc w poszczególnych poczekalniach jest przedstawione na rys. 3. Jednostki są wybierane do obsługi zgodnie z zasadą FIPO.

Opis przedstawionego modelu wymaga określenia wartości jego parametrów, a więc pojemności poczekalni, liczby kanałów obsługi i czasów trwania obsługi oraz scharakteryzowania potoku pociągów zgłaszających się do rejonu. Wielkości te powinny być określone na podstawie badań empirycznych, ponieważ w warunkach dużego obciążenia obu sieci kolejowych oraz wskutek zawodności urządzeń technicznych i zespołów pracowniczych tryb pracy rejonu torów może odbiegać i najczęściej odbiega, od wzorca ustalonego procesem technologicznym pracy stacji przekazunkowej.



Rys. 3. Oznaczenie zajmowania i zwalniania miejsc w poczekalniach

### 3. Podsumowanie

Sformułowany model symulacyjny rejonu torów jako sformalizowany opis jego funkcjonowania nie może jeszcze w sposób bezpośredni służyć do realnego odtwarzania zachowania się rejonu. Zastosowanie tego modelu wymaga nadania mu takiej postaci, która umożliwiłaby rzeczywistą realizację procesu symulacji. W tym celu model ten należy opisać w języku programowania - symulacyjnym lub ogólnego przeznaczenia. W rezultacie otrzymuje się program zwany symulatorem, który po kompilacji staje się bezpośrednim narzędziem badań symulacyjnych umożliwiających:

- analizę zajętości poszczególnych grup torów,
- analizę wykorzystania stosowanych w rejonie urządzeń technicznych i zatrudnionych zespołów pracowniczych,
- określenie punktów krytycznych (tzw. wąskich gardeł) decydujących o wydajności rejonu,
- sformułowanie wniosków o pracy rejonu przy zmianach intensywności przybywania pociągów do rejonu lub warunków realizacji procesu technologicznego.

Przykładowe oprogramowanie przedstawionego modelu symulacyjnego w języku symulacyjnym CSL zawiera praca [2].

### LITERATURA

- [1] Basiaga J.: Model matematyczny rejonu torów na granicznej stacji przeładunkowej. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej Transport z. 2, Gliwice 1984.
- [2] Basiaga J.: Stochastyczny model technologii pracy kolejowego rejonu przeładunkowego. Praca doktorska, Kraków 1983.

- [3] Kondratowicz L.: Modelowanie symulacyjne systemów. WNT, Warszawa 1978.
- [4] Leszczyński J.: Modelowanie symulacyjne w transporcie kolejowym. WKŁ, Warszawa 1973.

Recenzent: Prof. dr inż. Edward Perykaszka

Wpłynęło do Redakcji w czerwcu 1984 r.

СТАТИСТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАЙОНА ПУТЕЙ  
ПОГРАНИЧНОЙ ПЕРЕГРУЗОЧНОЙ СТАЦИИ

Р е з ю м е

В статье обсуждено проблемы применения имитационных методов к анализу функционирования района путей перегрузочной станции лежащей на стыке сети PKP и сети S2D. Технологию обработки вагонов в районе изображено в виде сети систем массового обслуживания, которые отображают отдельные технологические операции. Представлена модель после опrogramмирования может быть непосредственным инструментом статистических исследований, которые делают возможным:

- определение критических точек влияющих на эффективность района,
- анализ использования отдельных путей,
- анализ использования технического оборудования и работающих бригад.

SIMULATION MODEL OF TRACK AREA OF FRONTIER  
TRANS-SHIPMENT STATION

S u m m a r y

This article describes problems of utilization of simulation methods for track area functioning analysis of the trans-shipment station situated in the contact point of PKP and S2D railway systems. Car treatment technology in the area is shown as network of queueing systems imitating particular technological operations. Presented model, after producing software for it, can be used as direct investigation means enabling:

- determination of critical points determining area capacity,
- analysis of occupation of particular track groups,
- analysis of utilization of equipment and personnel groups employed in the area.