

**Jerzy UCIŃSKI, Sławomir HALUSIAK**

Politechnika Łódzka, [jerzy.ucinski@p.lodz.pl](mailto:jerzy.ucinski@p.lodz.pl), [slawomir.halusiak@p.lodz.pl](mailto:slawomir.halusiak@p.lodz.pl)

## **ORGANIZACJA ZAŁADUNKU POCIĄGU INTERMODALNEGO**

**Streszczenie:** W pracy przedstawiono metodę optymalnego formowania składu pociągu intermodalnego w terminalu kontenerowym, przesyłanego do innych stacji pośrednich i odbiorców końcowych. Główne kryteria jakimi się kierowano to: realizacja zleceń przewozowych przez jeden skład maksymalnie do czterech odbiorców, zwarty skład wagonów kierowany do jednego odbiorcy, uwzględnienie charakterystyki linii kolejowej oraz ograniczenie ilości pustych miejsc na platformach.

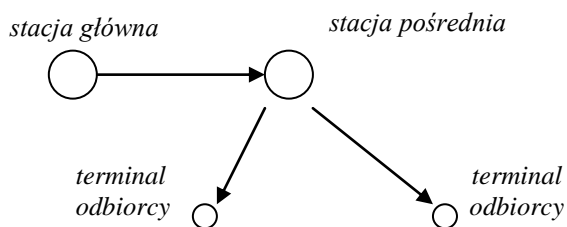
### **Wprowadzenie**

Transport kontenerowy jest jedną z ważniejszych form transportowania określonej partii ładunków w jednej wyodrębnionej jednostce ładunkowej, w kontenerze – która zachowuje swoje wymiary i ciężar w czasie całego cyklu transportowego od nadawcy do odbiorcy. W łańcuchu transportu kontenerowego punktami węzłowymi umożliwiającymi przeładunek multimodalnych jednostek transportowych są kontenerowe terminale przeładunkowe. Umożliwiają one przeładunek jednostek transportowych: kontenerów, nadwozi wymiennych, naczep samochodowych pomiędzy środkami transportu należącymi do różnych gałęzi transportu. Ważnym aspektem funkcjonowania każdego terminalu jest zastosowany system operacyjny, od którego zależy efektywność i wydajność operacji przeładunkowych. Jednym z zadań systemu w zakresie spedycji jest organizacja załadunku jednostek transportowych na intermodalne środki transportu. W terminalu kolejowym zadaniem tym jest np. organizacja załadunku kontenerów wg zadanych zleceń przewozowych na podstawiony skład wagonów pociągu kontenerowego[1,3].

W przedstawianej pracy pokazano metodę formowania składu pociągu kontenerowego, która to w następstwie umożliwia „optymalizację drogi transportowej” środka transportu obsługującego strefę załadunku pociągu wg zadanych zleceń przewozowych oraz dodatkowych kryteriów wynikających z parametrów podstawionych wagonów kontenerowych oraz parametrów wyznaczających dopuszczalne obciążenie trakcji kolejowej.

## 1. Charakterystyka problemu formowania składu pociągu kontenerowego

Jednym z ważniejszych problemów, z którym spotykają się spedycje w terminalach kontenerowych jest „optymalne” formowanie zwartych składów pociągowych ze względu na odbiorców i przesyłania ich do innych terminali i stacji pośrednich. Obrazuje to przedstawiony poniżej schemat przewozu kontenerów, (rys. 1).



Rys. 1. Schemat przewozu kontenerów

Podjęte w pracy działania mają na celu usprawnienie organizacji załadunku podstawionego składu pociągu kontenerowego, którego zwarta grupa wagonów trafia do konkretnego odbiorcy końcowego, z minimalizacją niewykorzystanych miejsc na platformach.

Tabela 1. Parametry kontenerów serii ISO (1990)

Nazwa kontenera (symbol)	Długość x szerokość x wysokość mm	Maksymalna masa brutto w kg
45 stopowy High-cube	13 716 x 2 438 x 2 438	30 480
40 stopowy 1A	12 192 x 2 438 x 2 438	30 480
30 stopowy 1B	9 125 x 2 438 x 2 438	25 400
20 stopowy 1C	6 058 x 2 438 x 2 438	20 320
10 stopowy 1D	2 991 x 2 438 x 2 438	10 160
35 stopowy*	10 620 x 2 438 x 2 438	25 400

\*Kontener typu SEALAND

Rozwiązania problemu poszukiwano przy następujących założeniach:

- wielkość przewozu do każdego z odbiorców wyrażona jest liczbą kontenerów danego typu oraz ich wagą całkowitą,

- znana jest kolejność i charakterystyka podstawionych platform składu pociągu,
- znana jest charakterystyka linii kolejowej.

Podstawowe typy kontenerów transportowych podano w tabeli 1.

Przykładowe typy wagonów - platform kontenerowych, używanych do realizacji przewozów intermodalnych, przedstawiono w tabeli 2.

**Tabela 2.** Parametry wybranych typów kontenerowych platform kolejowych

<i>Lp.</i>	<i>Seria – przystosowany do transportu kontenera typu:</i>	<i>Masa kg</i>	<i>Długość ładunkowa mm</i>	<i>Maksymalne obciążenie t</i>
1	Kgns (dwuosioowy) 20', 40'	14500	12500	30
2	Sgs (czterooosiowy) 10', 20', 30', 40', 35'	22 000 18 000	18 600 18 400	58 62
3	Sgns (czterooosiowy) 20', 30', 40', 45'	20 000	18 500	60
4	Sggrs (sześćoosiowy) 10', 20', 30', 40', 35'	26 200	25 860	60
5	Sggmrss (sześćoosiowy) 20', 30', 40', 45'	29 000	2 x 13 820	90
6	Sggmrss (sześćoosiowy) 20', 30', 40', 45'	29 000	2 x 13 820	88
7	Sgs (czterooosiowy) 10', 20', 30', 40', 35'	22 000	18 660	50
8	Rgmms (czterooosiowy) 20', 30', 40', 45'	23 500	18 000	58,5
9	Sgs (czterooosiowy) 10', 20', 30', 40', 35'	22 000	18 660	50,5
10	Sdgmanss 20', 30', 40'	21,3	16 300	58,5

Oznaczenia kodowe określające maksymalny nacisk osi na dany odcinek linii kolejowej przedstawiono w tabeli 3.

Przykładową charakterystykę wagonu (platformy) przedstawiającą granice jego obciążenia w zależności od klasy linii kolejowej pokazano w tabeli 4.

Charakterystyka linii kolejowej.

Dopuszczalne naciski osi na danym odcinku linii kolejowej zależą od klasy linii.

**Tabela 3.** Maksymalny nacisk osi na linii kolejowej

Kod linii	A	B	C	D
Maks. nacisk osi	16t	18t	20t	22,5t

**Tabela 4.** Przykład – tabela granicy ładowności wagonu Sgs

	A	B	C	D
90	39,5	47,5	55,5	56,5
s	39,5	47,5	55,5	
ss	00,0			

Wartości umieszczone w tabeli określają maksymalną masę ładunku wyrażoną w tonach, jaki może być przewożony w wagonie w zależności od klasy linii kolejowej oraz prędkości, z jaką wagon może kursować.

Oznaczenia:

- A, B, C, D – kod linii,
- s – prędkość 100km/h,
- ss – prędkość 120 km/h.

## 2. Metoda optymalizacji

Przy rozwiązywaniu przedstawionego zadania można zastosować jedną z metod optymalizacji przedstawionych w pracy [2].

Analizowane są wszystkie możliwe ustawienia kolejności zleceń przewozowych dla każdego składu pociągu. Umiejscowienie kontenerów dla danego odbiorcy w pociągu kontenerowym wyznaczane jest przy pomocy metody optymalizacji systematycznego przeszukiwania. W każdym przypadku poszukuje się skojarzenia ustawienia kontenerów na platformach zapewniającego maksymalne wykorzystanie miejsc dyspozycyjnych. W wyniku tego działania pociąg intermodalny podzielony zostaje na ciągłe obszary przydzielone dla danego odbiorcy w ilości m równej liczbie odbiorców.

Zagadnienie optymalizacji zawiera następujące punkty:

1. Dany jest zbiór zmiennych decyzyjnych  $\{K_i(i=1,2, \dots, n_k), P_j(j=1,2, \dots, n_p)\}$  odpowiadający numerom kontenerów i platform.

2. Określono wskaźnik jakości w postaci:

$$Q = \sum_{k=1}^m (M_d - M_z) \quad (1)$$

gdzie:

$M_d$  - ilość miejsc dyspozycyjnych na platformach przydzielonych dla danego odbiorcy,

$M_z$  - ilość miejsc zajętych przez kontenery na platformach przydzielonych dla danego odbiorcy.

3. Dany jest zbiór rozwiązań dopuszczalnych  $\Phi$  rozumiany jako zbiór ograniczeń – wybrane kontenery mogą być skojarzone tylko jeden raz z daną platformą w danym rozwiązaniu skojarzenia obszarów przydziału dla danego odbiorcy.

4. Poszukuje się zbioru skojarzenia kontenerów danego odbiorcy i przydzielonymi dla nich platformami  $\{\widetilde{R}_i, \dots\} \in \Phi$ , dla którego wartość wskaźnika jakości  $\widetilde{Q}$  jest nie większa od każdej innej wartości wskaźnika  $Q$ , obliczonej dla dowolnego zbioru  $\{K_i, P_j\} \in \Phi$ . Zmniejszenie wartości wskaźnika jakości (1) prowadzi do maksymalizacji wykorzystania miejsc dyspozycyjnych platform kolejowych.

W kolejnym kroku na przeznaczonych platformach kolejowych dla danego odbiorcy ustawiane są kontenery z listy zgodnie z wytycznymi:

1. Przydzielanie platform kolejowych pod kontenery 45' z minimalizacją pozostawionego wolnego miejsca na platformach (tylko określone typy platform mogą służyć do przewozu kontenerów 45').
2. Przydzielanie platform kolejowych pod kontenery 30' z minimalizacją pozostawionego wolnego miejsca na platformach.
3. Przydzielanie platform kolejowych pod kontenery 40' z uzupełnianiem kontenerami 20' dla zapewnienia najlepszego wykorzystania możliwości i przewozowych platformy.
4. Przydzielanie platform kolejowych pod kontenery 20'.
5. Przy każdym przydziale następuje sprawdzenie dopuszczalnych nacisków na oś platformy.
6. Jednostką pomiarową służąca do określenia ilości miejsc na platformie jest ilość miejsca potrzebna do załadunku kontenera 20'.
7. Kontenery są załadowane zgodnie z dopuszczalną ładownością.

Jako kryterium optymalnego załadunku podstawionego składu pociągu intermodalnego przyjęto minimum pozostających pustych miejsc na platformach po wykonaniu załadunku.

### 3. Przykład zastosowania

Zlecenie transportowe obejmuje przydział podstawionych na terminal platform kolejowych (zestawionych w pociąg w sposób losowy) do transportu kontenerów dla czterech odbiorców zgodnie ze specyfikacją. Wspierający ten proces program komputerowy ma usprawnić czasochłonne czynności przydziału przy minimalizacji pozostawionych wolnych miejsc na platformach uwzględniając możliwości przewozowe danego typu platformy z zapewnieniem nieprzekroczenia dopuszczalnych nacisków na osie platformy. W podanym przykładzie platformy załadowywane są za pomocą suwnicy kontenerowej na terminalu kontenerowym wyposażonym w dwa torowiska o długości roboczej ok. 300 m każdy. Załadowane platformy przetaczane są na bocznice i formowane są w jeden pociąg intermodalny. Zadanie nie obejmuje optymalizacji ruchów suwnicy kontenerowej.

Specyfikacja kontenerów do załadunku przedstawiono w tabeli 5.

**Tabela 5.** Wykaz ilości kontenerów danego typu dla zdefiniowanych odbiorców

Odbiorca \ Typ kontenera	45'	30'	40'	20'
O1	3	1	5	7
O2	1	2	4	6
O3	0	0	4	8
O4	1	0	4	3

Specyfikację platform kolejowych przedstawiono na rys. 2. Liczba porządkowa oznacza kolejność wagonów w składzie na poszczególnych torach.

14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	L.P.
4	6	8	2	10	4	9	9	8	7	2	6	3	1	Typ

28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	L.P.
10	4	8	3	6	2	7	1	6	8	4	3	2	2	Typ

**Rys. 2.** Specyfikacja podstawionych platform kolejowych, numery typów zgodnie z tabelą 2

W pierwszym etapie pracy programu przy pomocy metody optymalizacji systematycznego przeszukiwania wyznaczono obszary przydzielowe dla poszczególnych odbiorców przedstawione na rys. 3.

Odbiorca O1						Odbiorca O2							
14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

Odbiorca O3					Odbiorca O4								
28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15

Rys. 3. Przydział platform do załadunku dla danych odbiorców

W drugim etapie program komputerowy, zgodnie z postawionymi kryteriami, przydzielił poszczególne kontenery do platform i ustalił ich położenie w pociągu intermodalnym. Wynik działania przedstawiono na rys. 4.

Odbiorca O1								
17	16	15	14	13	12	11	10	9
45'	20' 20' 20'	20' 20' 20'	40' 40'	45'	30'	20' 40'	40' 40'	45'

Odbiorca O2							
8	7	6	5	4	3	2	1
20'	20' 20' 20'	40'	20' 40'	20' 40'	30' 30'	45'	40'

Odbiorca O4				
22	21	20	19	18
20' 20' 20'	40'	45'	40'	40' 40'

Odbiorca O3				
27	26	25	24	23
20' 20' 20' 20'	20' 20'	20' 40'	40' 40'	20' 40'

Rys. 4. Wynikowe ustawienie kontenerów dla poszczególnych odbiorców

#### 4. Podsumowanie

W wyniku przeprowadzonych badań można zauważyć przydatność przedstawionej metody do organizacji optymalnego formowania składu pociągu intermodalnego w terminalu kontenerowym, przesyłanego do innych stacji pośrednich i odbiorców końcowych. Metoda ta pozwala na znaczne skrócenie czasu procesu przygotowania danych do formowania pociągu intermodalnego.

**Abstract:** There is presented method of optimization of formation of composition container train in terminal. Container train is sent for other station and client. As it accept criteria of optimal loading: realization of imported order for maximum of four client train; compact composition of wagon for the one client; taking into consideration of characteristic of railroad line; limitation of empty place on platforms.

#### Literatura

- [1] CIESIELSKI M. *Logistyka we współczesnym zarządzaniu*, Wyd.AE Poznań 2003.
- [2] HALUSIAK S., UCIŃSKI J.: Optymalizacja czasu pracy układarki regatowej w magazynie wysokoregalowym. *Materiały Konferencyjne XI Konferencji "Problemy Rozwoju Maszyn Roboczych" Zakopane, 1998.*
- [3] JUSZCZYK S., TYMIŃSKA M.: *Optymalizacja organizacji transportu w systemie dystrybucji przedsiębiorstwa*. SGGW- Katedra Ekonomiki i Organizacji Przedsiębiorstw.