



„Przykłady i rozwiązania zadań w elementach
multimodalnego systemu transportu terenowego”

Igor Arefyev

Szczecin, 2010



**INNOWACYJNA
GOSPODARKA**
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ
ROZWOJU REGIONALNEGO



Igor B. Arefyev

PRZYKŁADY I ROZWIĄZANIA ZADAŃ W ELEMENTACH MULTIMODALNEGO SYSTEMU TRANSPORTU TERENOWEGO

Streszczenie

Dostawa ładunków w mieszanym (multimodalnym) wariantcie jednolitego systemu transportowego jest ważnym zadaniem w zakresie współczesnej organizacji przewozów regionalnych. Autor proponuje pewne zadania i przykłady ich realizacji w celu analizy i organizacji przewozu ładunków lądowymi rodzajami transportu jako elementów tego systemu, co w dalszym ciągu jest niezbędne przy rozwiązywaniu problemu modelowania regionalnych procesów transportowych, uwzględniających ich specyfikę i racjonalność warunków eksploatacji. Po raz pierwszy dla porównawczej oceny organizacji przewozów multimodalnych proponowane jest wprowadzenie szczególnego wskaźnika – całkowitego współczynnika technicznej wydajności jednostki transportowej (CWTW).

Słowa kluczowe: transport, jednostka transportowa, region, eksploatacja, przewóz ładunków.

Wstęp

Cechą charakterystyczną współczesnego stanu gospodarki światowej jest integracja wszystkich jej elementów w jednolity kompleks towarowo-transportowy: wydobywanie i przetwórstwo surowców, produkcja, dostawy ładunków, usługi, podział, konsumpcja, ekologia. W tych warunkach szczególną rolę odgrywa problem organizacji i podziału potoków multimodalnych (politransportowych) ładunków na poziomie regionalnym, a szczególnie na obszarach skupiających w sobie wszystkie rodzaje transportu lądowego i wodnego. W Unii Europejskiej można nazwać kilka takich regionów, w tym region zachodnio-pomorski Polski z jego głównym węzłem transportowym – Szczecin i Świnoujście.

Rozwiązując ogólne problemy organizacji dostaw ładunków, regionalny transport cechuje się posiadającą określoną specyfiką, wymagającą osobnego rozpatrzenia i analizy. W proponowanej pracy autor zwraca uwagę czytelnika na szereg pytań związanych z takim podejściem systemowym do analizy, organizacji i oceny pracy regionalnych procesów multimodalnych (politransportowych) i ich elementów.

Treść

Dostawa ładunków w mieszanym (multimodalnym) wariantcie jednolitego systemu transportowego jest ważnym zadaniem w zakresie współczesnej organizacji przewozów regionalnych. Do elementów tego systemu należy transport: morski, rzeczny, rzeka-morze, samochodowy, kolejowy. W tym schemacie nie uwzględniono transportu rurociągowego i lotniczego. Rurociąg wyróżnia się wyraźną specyfiką (hydrosystem). W odróżnieniu od pozostałych rodzajów transportu, działających według dyskretnego typu organizacji przewozów, transport rurociągowy zapewnia ciągły proces dostarczania ładunku. Transport lotniczy również charakteryzuje się swoją specyfiką – nieznacznym udziałem w ogólnej wielkości przewozów towarowych w ramach regionu.

W ten sposób uzyskamy połączenie możliwych rzeczywistych kombinacji współdziałania różnych rodzajów transportu przewożącego ładunki w regionie $52 = 25$ wariantów. To

uzasadnione jest możliwością łączenia w zakresie przeładunków dla jednostek jednego i tego samego rodzaju transportu, np. zgodnie z warunkami dróg 5 klasy ładunki można przewozić samochodami o ładowności do 1 tony. Ładunki składowane są na terminalu, skąd samochody o większej ładowności zabierają ładunki do 12 - 18 ton i wiozą je dalej po drogach 3 klasy. Inny przykład, głębokość toru wodnego rzeki (kanału) dopuszcza ruch barek o nośności do 600 ton (zanurzenie barek wynosi 1,58 m przy głębokości toru wodnego 1,7 m.). Te barki wpływają do portu rzecznego, gdzie ich ładunek jest przeładowywany na barkę o nośności 5000 ton przy zanurzeniu 3,5 m na torze wodnym (kanale) z gwarantowaną głębokością 4,0 m, która transportuje ten ładunek dalej.

Obecnie w zakresie przewozów multimodalnych najbardziej efektywnym i perspektywicznym jest transport kontenerowy (ładunki opakowane) lub drobnicowy (piasek, żwir, węgiel, siarka itd.). Przewozy drobnicowe są specyficzne i tradycyjnie rozpowszechnione na długich trasach regionalnych, (nawigacja, sezon, miesiąc, rok). W związku z tym, pojawia się konkretny problem efektywnych regionalnych przewozów kontenerowych (ładunki opakowane). W tym przypadku najważniejszym zadaniem planowania i prognozowania multimodalnych potoków ładunków jest określenie czasu obrotu kosztownej tary wielokrotnego użycia (palety, podesty, beczki itp.) i kontenerów.

Projektowanie korytarzy multimodalnych wiąże się ze znacznymi różnicami i porównywalnymi sprzecznościami w działalności transportowej (wydajności), zarówno pod względem kosztów, jak i pod względem prędkości przemieszczania ładunków każdym rodzajem transportu: duża prędkość, ale mała ładowność (samochód), duża ładowność, ale mała prędkość (statek), stabilność ruchu od stacji do stacji, ale długotrwałe zestawianie lub rozformowanie składu (pociąg) itp.

Zadanie utworzenia politransportowego łańcucha logistycznego dla specjalisty w dziedzinie eksploatacji transportu terenowego właśnie polega na poszukiwaniu takiego łańcucha transportowego, który usunąłby maksimum tych sprzeczności i sprowadziłby cały proces przewozu jednostki ładunku do optimum: maksimum prędkości i minimum czasu.

W zależności od warunków i możliwości drogi lub odcinka drogi, przeznaczonej dla danego typu transportu w łańcuchu rozróżniają trzy warianty prędkości każdej jednostki transportowej (Tabela 1.):

1. Prędkość dopuszczalna – maksymalna prędkość ruchu te zgodnie z warunkami technicznymi producenta
2. Prędkość eksploatacyjna – maksymalna prędkość ruchu te odpowiednia do stanu magistrali (trasy, drogi)
3. Prędkość technologiczna – średnia statystyczna prędkość maksymalna ruchu te z uwzględnieniem przestojów, załadunku-wyładunku,

oczekiwania itp.

Do wyboru najefektywniejszego korytarza multimodalnego systemu logistycznego dostaw ładunków niezbędne są pewne środki, które całkowicie określają zalety i wady proponowanego wariantu dla każdego rodzaju jednostki transportowej lub ich połączenia w konkretnym korytarzu.

Autor proponuje rozwiązywać takie zadania drogą obliczenia całkowitego współczynnika technicznej wydajności eksploatacji jednostki transportowej (CWTW). W dalszym ciągu pod pojęciem jednostki transportowej (te) będziemy rozumieć typowe dyskretne środki dostawy ładunku, połączone jednolitym procesem multimodalnym: statek, skład kolejowy, samolot, samochód.

PRĘDKOŚCI RUCHU JEDNOSTKI TRANSPORTOWEJ

Tabela 1.

	3	
--	---	--

V	1	2	3	4	5	6
(km/godz.)	Statek morski	Statek rzeczny	Statek rzeka-morze	samochód	Skład kolejowy	Samolot regionalny.
Prędkość dopuszczalna	26	26	26	120	80	600
Prędkość eksploatacyjna	25	20	22	90	60	500
Prędkość technologiczna	24	18	20	70	50	450

**Całkowity współczynnik technicznej wydajności eksploatacji
jednostki transportowej**

Określenie CWTW oparte jest na tym, że on uwzględnia wszystkie charakterystyki pracy transportu, niezbędne dla oceny stanu i prognozowania drogi multimodalnej: długość drogi (odcinka), prędkość przemieszczenia ładunku wybranym (możliwym) środkiem komunikacji, technologiczną prędkość i moc instalacji siłowej danej jednostki transportowej, jej ładowność (pojemność).

W ten sposób ukształtuje się zbiór danych wyjściowych:

1. Średnia ładowność m (tony)
2. Średnia moc urządzenia energetycznego N (Kwt)
3. Średnia dopuszczalna prędkość V^* (km/godz)
4. Średnia eksploatacyjna prędkość V^{**} (km / godzina)
5. Średnia technologiczna prędkość dostarczenia ładunku V (km/godz)
6. Długość drogi multimodalnej (odcinka) dla D (km)
7. Ustalony (prognozowany) czas dostarczenia ładunku na multimodalnej drodze (odcinku) T (godzina)

Ustalimy CWTW jako:

$$K = \frac{m V}{N} \quad (1)$$

Zazwyczaj średnia prędkość statystyczna V dla badanego rejonu jest znana. Dla regionu bałtyckiego przedstawiona jest w Tabeli 1. Wielkość odwrotna do V określi moc właściwą N , wyrażoną według nakładów energii w funkcji czasu na jednostkę pracy transportowej (N/mv). Dla porównawczej oceny pracy poszczególnych rodzajów transportu w wybranym korytarzu multimodalnym (odcinku) można zaproponować rozszerzone określenie CWTW (Tabela 2)

Uogólnione wskaźniki pracy rodzajów transportu regionu bałtyckiego

Tabela 1

Lp.	Rodzaj transportu	Średnia prędkość dostarczenia ładunku (km/godz)	Średnia ładowność (tony)	Moc instalacji siłowej	
				kWt	KM
1	Morski	41,2	7000	6000	8160
2	Rzeczny	12,7	920	600	816
2 a	Żegluga mieszana « rzeka-morze »	21,2	2400	2000	2720
3	Kolejowy	45,5	1400 / 4	4500	6120
4	Samochodowy	55,0	8	200	272
5	Lotniczy	620	55	6000	8160

$$m \cdot V \cdot D$$

$$K = \frac{m \cdot V \cdot D}{N \cdot V \cdot T} \quad (2)$$

$$N \cdot V \cdot T$$

W Tabeli 3 przedstawiono przykład obliczenia CWTW dla jednostek transportowych w regionie bałtyckim według wzoru (1).

CWTW najbardziej przydatny jest w systemach z procesami politransportowymi i multimodalnymi, gdzie zawsze spotyka się węzły transportowe o przeznaczeniu wielofunkcyjnym. W takich systemach porównywalne są wszystkie logiczne charakterystyki. Dla porównawczej oceny ekonomicznej wydajności przewozów różnymi rodzajami transportu terenowego w logistycznych łańcuskach można utworzyć tabele porównawcze nakładów na przemieszczenie jednostki ładunku w stosunku procentowym. Taki przykład przedstawiony jest w Tabeli 3, gdzie wysokość nakładów za przemieszczenie tony ładunku w regionie bałtyckim przedstawiona jest do « rzeka-morze » statkom (100 %). W Tabeli 4 podane są średnie taryfy przewozów w regionie bałtyckim.

Wielkości obliczeniowe całkowitego współczynnika technicznej wydajności rodzajów transportu w regionie bałtyckim

Tabela 3

		Całkowity współczynnik technicznej wydajności pracy umownej jednostki transportowej
--	--	---

Lp.	Rodzaj transportu	CWTW
1	Morski	48,07
2	Rzeczny	19,47
2 a	Żegluga mieszana « rzeka-morze »	25,44
3	Kolejowy	14,15
4	Samochodowy	2,2
5	Lotniczy	5,68

Ważnym wskaźnikiem multimodalnego procesu transportowego jest stan drogi na każdym z odcinków łańcucha logistycznego. Ten stan dyktuje granicę załadunku jednostki transportowej, a więc, określa priorytet danego kierunku.

Wydajność działalności transportowej składa się z dwóch sprzecznych wskaźników: prędkości dostawy jednostki ładunku i kosztów dostawy jednostki ładunku. Sprzeczność wskaźników zmusza do poszukiwania optimum i wyboru danych eksploatacyjnych drogi w połączeniu z możliwościami jednostki transportowej, stanu drogi i CWTW. To określa dla pociągów i samochodów obciążenie na oś, prędkość, ładowność, a dla statków – niedoładowanie i obniżenie prędkości ruchu. A więc niezbędne są technologie obliczenia wskazanych wskaźników w celu budowy najbardziej efektywnego logistycznego łańcucha transportowego.

Poniżej podane są pewne przykłady, pozwalające rozwiązać to zadanie.

OKREŚLENIE WSPÓŁCZYNNIKA MAKSYMALNEGO

ZAŁADUNKI SAMOCHODU DALEKOBIEŻNEGO

Operacje ładunkowe i możliwości samochodu dalekobieżnego w transporcie terenowy absolutnie zależą od typu i klasy drogi. Jej zdolność przepustowa i dopuszczalna prędkość ruchu regulują ładowność samochodu jako dopuszczalne obciążenie na osie. Z drugiej strony typ drogi ogranicza lub zwiększa dopuszczalną prędkość ruchu. A więc, podstawowym wskaźnikiem ładunkowej eksploatacji samochodu w warunkach multimodalnego procesu transportowego będzie wielkość w postaci maksymalnego obciążenia na osie. Taką wielkość może stanowić «współczynnik maksymalnego obciążenia na oś» **Kp**.

Taryfy transportu ładunków wielkogabarytowych w regionie bałtyckim

Tabela 4.

<i>Lp.</i>	<i>Rodzaj transportu</i>	<i>Taryfa (\$/m – km)</i>
1	Lotniczy	0,10
2	Samochodowy	0,055

3	Kolejowy	0,02
4	Morski	0,0065
5	Rzeczny	0,006
6	Rurociągowy	0,002

Źródło: **Eurustst**. Panorama of transport. Edition 2007. ISBN 1725 - 275 X

W tabeli 5 podane są dane wyjściowe i źródła określenia tego współczynnika. Z obliczeń uzyskamy współczynnik maksymalnego obciążenia na oś **Kp**.

Ten współczynnik można przyjąć z dopuszczalnym inżynierskim błędem jako

$$0,73 < Kp < 0,75$$

OBLICZENIE OBCIĄŻENIA SAMOCHODU

Tabela 5.

Lp.	Nazwa wskaźnika	Symbol	Nazwa jednostki	Wzór obliczenia	Źródło danych
1	2	3	4	5	6
1.	Obciążenie na oś przy pełnym ładunku (max.)	Zp	t/jedn.	Zp = KP x No	Dokumentacja techniczna
2	Obciążenie na oś bez ładunku (min.)	Zo	t/jedn.		
3	Obciążenie faktyczne na oś	Ze	t/jedn.		
4	Dopuszczalne obciążenie na oś w warunkach magistrali	Gr	t/jedn		Przepisy eksploatacji dróg
5	Rezerwa obciążenia na oś	ΔGr	t/jedn		
6	Nośność pełna	N	t		Dokumentacja techniczna
7	Nośność obliczeniowa	N*	t		
8	Ciężar właściwy	Nw	t	Nw = No – N	Dokumentacja techniczna
9	Ciężar ogólny samochodu z ładunkiem	No	t	No = Nw + N	Dokumentacja techniczna

10	Liczba osi samochodu	n	jedn.		Dokumentacja techniczna
11	Obciążenie na tylną oś	N_T	t	$N_T = K_P \times N_o$	

Jeżeli założymy równomierne obciążenie na osie samochodu bez ładunku (pusta jazda), to współczynnik obciążenia występuje jako stosunek obciążenia na oś do pełnej masy samochodu:

dla samochodów dwuosiowych - **K_{pp} ~ = 0,23**

dla samochodów trójosiowych - **K_{pp} ~ = 0,15**

ZADANIE ZAŁADUNKU STATKU NA TRUDNYCH ODCINKACH TORA WODNEGO

Problemy realizacji pełnej ładowności samochodu w zależności od warunków drogowych są analogiczne do problemów w transporcie wodnym, szczególnie w żegludze śródlądowej i mieszanej „rzeka-morze”. Obniżenie poziomu wody prowadzi do niemożności eksploatacji statku przy pełnym załadunku.

Poniżej podane są przykłady obliczeń dla pewnych przypadków na odcinku drogi wodnej w warunkach obniżenia poziomu wody w kanale (rzece).

W Tabeli 6 podane są dane wyjściowe dla przykładowych obliczeń.

Przykład 1.

Jaką ilość ładunku można załadować w porcie na statek typu 507 o ładowności 5300 tys. ton i zanurzeniu 3,5 m, jeśli od zarządu toru wodnego uzyskano informację o tym, że poziom wody w kanale obniżył się do 3,0 metrów. Rezerwa poziomu wody pod kilem dla statków tego typu ustalony został zgodnie z regulaminem żeglugi w wysokość 0,3 m. na całej trasie.

Rozwiązanie.

Dane wyjściowe:

1. **Z_p** – pełne zanurzenie statku – 3,5 m.
2. **Z_o** – bezładunkowe zanurzenie statku – 0,79 m.
3. **Gr** - gwarantowana głębokość toru wodnego (rozmiary) – 3,0 m.
4. **N** – ładowność statku – 5300 ton.
5. **ΔGr** – głębokość rezerwowa wody pod kilem – 0,3 m.

Obliczenie.

1. Obliczymy dopuszczalne zanurzenie statku **Z_e** przy założeniu:

$$\mathbf{Z_e = Gr - \Delta Gr = 3,0 - 0,3 = 2,7\ m.}$$

2. Obliczymy wielkość dopuszczalnego ładunku dla tego przypadku:

$$N^* = N (Z_e - Z_o) / (Z_p - Z_o) =$$

$$= 5300 (2,7 - 0,79) / (3,5 - 0,79) =$$

$$= 3735,4 \text{ t.}$$

Obliczenie ładowności towarowego statku rzeczno- morskiego w zależności od stanu toru wodnego

Tabela 6.

Lp	Nazwa wskaźnika	Symbol	Nazwa jednostki	Wzór obliczenia	Źródło danych
1	2	3	4	5	6
1	Zanurzenie (pełne obciążenie)	Z_p	m	-	Dokumentacja techniczna
2	Zanurzenie bezładunkowe	Z_o	m	-	Dokumentacja techniczna
3	Zanurzenie (zgodnie z faktyczną wielkością ładunku)	Z_e	m	Z_e = Gr - ΔGr	Przepisy eksploatacji PKB
4	Głębokość (rozmiary PKB)	Gr	m	-	Służba eksploatacji PKB
5	Rezerwa głębokości (głębokość pod dnem)	ΔGr	m	ΔGr = Gr - Z	Służba eksploatacji PKB
6	Wysokość burty zupełna	W	m	-	Zasady eksploatacji PKB
7	Wysokość burty nadwodna	W_s	m	-	Zasady eksploatacji PKB
8	Ładowność zupełna	N	t	-	Dokumentacja techniczna
9	Ładowność obliczeniowa	N*	t	N* = N (Z_e - Z_o) / (Z_p - Z_o)	Obliczenie
10	Zanurzenie eksploatacyjne (względem głębokości)	ZEG	m	ZEG = Gr - ΔGr	Obliczenie
11	Zanurzenie eksploatacyjne	ZE_W	m	ZE_W = W - W_s	Obliczenie

	(względem burty)				
--	------------------	--	--	--	--

Wniosek.

Statek typu 507 (ładowność 3500 ton, zanurzenie 3,5 m) pod warunkiem gwarantowanej głębokości toru wodnego w wysokości 3,0 m może być dopuszczony do eksploatacji tylko przy maksymalnym ładunku 3735,4 ton, a w przeciwnym wypadku będzie nie doładowany o 2170,8 ton.

Przykład 2.

Jaką ilość ładunku można załadować w porcie na statek typu 507 o ładowności 5300 tys. ton i zanurzeniu 3,5 m, jeśli od zarządu toru wodnego uzyskano informację o tym, że na torze wodnym oczekiwane jest falowanie i wysokość burty statku nie powinna mniejsza niż 2,0 m.

Rozwiązanie.

Dane wyjściowe:

- 1 **Zp** – pełne zanurzenie statku – 3,5 m.
- 2 **Zo** – bezładunkowe zanurzenie statku – 0,79 m.
- 3 **N** – ładowność statku – 5300 ton.
4. **W** – pełna wysokość burty (wg dokumentacji technicznej) – 4,5 m.
5. **Ws** – bezładunkowa wysokość burty (wg dokumentacji technicznej) – 1,2 m.

Obliczenie

1. Obliczymy zanurzenie statku zgodnie z warunkami zarządu toru wodnego:

Wniosek.

Statek typu 507 (ładowność 3500 ton, zanurzenie 3,5 m, bezładunkowa wysokość burty 1,2 m) w przypadku zwiększenia bezładunkowej wysokości burty do 2,0 m może być dopuszczony do eksploatacji tylko pod warunkiem maksymalnego ładunku 3735,4 ton, a w przeciwnym wypadku będzie nie doładowany o 1955,7 ton.

OBLICZENIE CZASU OBROTU KONTENERÓW PRZY TERENOWYCH PRZEWOZACH ŁADUNKÓW

Powyżej została podkreślona waga i rzeczywista perspektywa przewozu ładunków kontenerowych i w opakowaniach dla bardziej efektywnej eksploatacji magistralnych jednostek transportowych. W politransportowym (multimodalnym) wariacie na poziomie regionalnym również można zaobserwować tę tendencję. W tym rozdziale proponowane są przykłady rozwiązania dwóch najważniejszych regionalnych zadań transportowych typu multimodalnego:

1. Określenie niezbędnej dla danego regionu liczby kontenerów (partii tary) przy wykorzystaniu ich w regionalnych przewozach mieszanych (multimodalnych).
2. Określenie średniego czasu obrotu typowego kontenera (partii tary) dla danego regionu, jeśli znane są okresy jego ruchu w łańcuchu logistycznym w przewozach mieszanych (multimodalnych) transportem terenowym.

Określenie niezbędnej liczby kontenerów przy wykorzystaniu ich w multimodalnych przewozach regionalnych.

Należy określić niezbędną dla danego regionu liczbę kontenerów (tary) dla niezbędnych regionalnych przewozach mieszanych (multimodalnych). Określimy dane wyjściowe i ich wartości. (Tabela 7).

Dane wyjściowe

Tabela 7

Lp.	Wskaźnik	Symbol	Jednostka miary
1	2	3	4
1	Liczba partii tary (kontenerów)	X_k	Szt.
2	Wielkość wysyłanego w ciągu doby ładunku w opakowaniach lub kontenerach	Q_c	tona/doba
3	Czas obrotu partii tary (kontenera)	D_{ok}	doba
4	Ładowność partii tary (kontenera)	q_k	tona
5	Współczynnik załadunku partii tary (kontenera)	Ω_k	-----

Liczba partii tary (kontenerów) niezbędna dla danej wielkości ładunku w regionie w przypadku przewozów multimodalnych:

$$X_k = Q_c \times D_{ok} / q_k \Omega_k$$

Przykład.

Należy obliczyć ogólną liczbę partii tary (kontenerów), jeśli każdego dnia w regionie przewożone są 55 400 t ładunku transportem mieszanym (multimodalnym). Ładowność jednego kontenera wynosi 8 650 kg., współczynnik wykorzystania – 0,8, ustalony czas obrotu kontenera w regionie wynosi 12 dni.

Rozwiązanie

$$X_k = Q_c \times D_{ok} / q_k \times \Omega_k$$

$$X_k = 55,4 \times 12 / 8,65 \times 0,8 = 96 \text{ (jednostek)}$$

Zadanie 2

Należy ustalić średni czas obrotu typowego kontenera (partii tary) dla danego regionu, jeżeli znane są okresy jego ruchu łańcuchu logistycznym w regionalnych przewozach mieszanych (multimodalnych). Określimy dane wyjściowe i ich wartości. (Tabela 2)

Czas obrotu partii tary (kontenera):

$$D_{ok} = 1 / 24 [\sum (L_i / V_i + T_i) + \alpha]$$

Przykład.

W Rzepinie przygotowana jest partia ładunku w standardowym (drewnianym) opakowaniu i zgodnie z życzeniem klienta należy go przewieźć z Rzepina do Nowogardu transportem mieszanym (multimodalnym) trasą Rzepin – Kościan – Szczecin – Nowogard – Rzepin. Część ładunku należy wyładować i pozostawić w Szczecinie, pustą tarę (kontener) należy załadować i cały ładunek dostarczyć do Nowogardu. W Nowogardzie dostarczony ładunek należy wyładować. Pustą tarę (kontener) należy załadować na samochód i zwrócić właścicielowi w Rzepinie. Trasa i ogólne dane przykładu przedstawiono w logistycznej Tabeli 8. Ustalić czas obrotu partii tary (kontenera).

Dane wyjściowe dla obliczenia czasu obrotu kontenerów

Tabela 8

Tabela 8 Lp.	Wskaźnik	Symbol	Jednostka miary
1	2	3	4
1	Długość trasy przewozu partii tary (kontenera) dla każdego rodzaju transportu	L_i	km
2	Prędkość eksploatacyjna przewozu partii tary (kontenera) każdego rodzaju transportu	V_i	km/godz.
3	Czas przechowywania i obróbki partii tary (kontenera) w punktach załadunku, wyładunku, przeładunku	V_i	godz.
4	Czas załadunku partii tary lub kontenera	α	godz.
5	Czas obrotu partii tary (kontenera)	D_{ok}	dość

Rozwiązanie

$$D_{ok} = 1/24 [\sum (L_i / V_i + T_i) + \alpha]$$

$$\alpha = 1,5 * + 1,0 * * = 2,5 \text{ (godz.)}$$

$$L_1 / V_1 = 62 / 60 = 1.03 \quad L_2 / V_2 = 148 / 18 = 8.22 \text{ (godz.)}$$

$$L_3 / V_3 = 65 / 50 = 1.32 \quad L_4 / V_4 = 268 / 60 = 4.47 \text{ (godz.)}$$

$$\sum (L_i / V_i + T_i) = 1.03 + 6 + 8.22 + 5 + 1.32 + 4.0 + 4.47 + 2 = 32.31 \text{ (godz.)}$$

$$D_{ok} = 32.31 / 24 = 1.35 \text{ (doba)}$$

Tabela logistyczna

Tabela 9

Lp.	Trasa	Rodzaj transportu	Prędkość eksploatacyjna V_i (km/godz.)	Odległość L_i (km)	Punkt przeznaczenia --	Czas obróbki partii tary (kontenera) T_i (godz.)	Czas załadunku i wyładunku kontenera α (godz.)
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Rzepin - Kościan	samochód	60	47	port Kościan	6	1,5 *
2	Kościan – Szczecin	barka rzeczna	18	128	port Szczecin	5	--
3	Szczecin – Nowogard	wagon kolejowy	50	53	stacja kolejowa Nowogard	4	
4	Nowogard - Rzepin	samochód	60	218	Rzepin	2	1,0 **

* - załadunek kontenera lub partii tary

** - wyładunek partii tary lub kontenera

Z obliczeń w różnych regionach wynika, że czas obrotu kontenera lub tary w przypadku przewozów mieszanych (multimodalnych) może wynosić 30 dób, podczas gdy w przypadku bezpośrednich przewozów transportem samochodowym od 1 do 3 doby. Jednak w celu określenia wydajności obrotu, należy do wzorów obliczeń oprócz wskaźnika czasu należy wprowadzić drugi wskaźnik pracy transportowej – ogólny koszt przewozu jednostki ładunku po tej samej trasie w przypadku przewozów mieszanych.

Oprócz tego, wydłużenie odległości przewozów w wersji mieszanej o każde 100 km zwiększa obrót kontenera (tary) o ok. 0,1 doby.

Zadanie 3.

Należy określić liczbę kontenerów (partii tary) niezbędnej dla danego regionu w przypadku bezpośrednich przewozów samochodowych (kolejowych, rzecznych, rzeka-morze).

Rytm załadunku kontenerów (partii tary):

$$R_k = t_{o.k.} \times n_k / X_k$$

Odstępy czasowe ruchu jednostki transportowej

$$I_a = t_0 / A_m$$

gdzie

A_m - liczba jednostek transportowych, pracujących na danej trasie

t_0 – czas obrotu jednostki transportowej

t_0 - czas obrotu kontenera (tary)

n_k - liczba kontenerów (partii tary) jednocześnie załadowanych na jednostkę transportową

X_k - ogólna liczba kontenerów (partii tary)

Jeżeli założymy, że praca na trasie odbywa się rytmicznie i odstępy czasowe ruchu jednostki transportowej równe są rytmowi załadunku kontenerów (partii tary), to

$$I_a = R_k$$

$$t_0 / A_m = t_{o.k.} \times n_k / X_k$$

$$X_k = A_m \times t_{o.k.} \times n_k / t_0$$

Określimy dane wyjściowe i ich wartości. (Tabela 10).

Przykład.

Uzasadnienie techniczno – ekonomiczne wskazuje na celowość budowy regionalnej trasy kolejowej między portem a terminalem samochodowym. Ustalony czas obrotu jednego kontenera (partii tary) na tej trasie wynosi 48 godzin, a jednego wagonu kolejowego wynosi 3 godziny. Firma transportowa może przygotować na tę trasę 40 wagonów tego samego typu, na każdym z nich mieści się 6 kontenerów (partii tary).

Należy obliczyć niezbędną liczbę kontenerów (partii tary) do bezpośrednich przewozów kolejowych między portem a terminalem, uwzględniając przedstawione warunki.

Rozwiązanie

$$X_k = 40 \times 48 \times 6 / 3 = 3840 \quad (\text{kontenerów albo partii tary})$$

Dane wyjściowe i ich wartości

Tabela 10

Lp.	Wskaźnik	Symbol	Jednostka miary
1	2	3	4
1	Odstępy czasowe ruchu jednostki transportowej	I_a	godz.
2	Rytm załadunku kontenerów (partii tary)	R_k	godz.
3	Ogólna liczba kontenerów (partii tary)	X_k	jedn.
4	Liczba kontenerów (partii tary), załadowanych jednocześnie na jednostce transportowej	n_k	jedn.
5	Czas obrotu kontenera (tary)	t_{o.k.}	godz.
6	Czas obrotu jednostki transportowej	t₀	godz.
7	Liczba jednostek transportowych pracujących na danej trasie	A_m	jedn.