

## KOSZTY I STAWKI PRZEWOZOWE

### Streszczenie

W referacie przedstawiono sposób wyznaczania kosztów funkcjonowania systemu przewozowego przypadających średnio na jednostkę czasu oraz na jeden środek transportowy. Koszty te zostały wyliczone z punktu widzenia właściciela systemu przewozowego z uwzględnieniem procesu eksploatacji środków transportowych. Zaproponowano dwa sposoby przybliżania tych kosztów jako funkcji intensywności użytkowania środków transportowych. Przedstawiono oszacowania dolne opłacalnych stawek przewozowych dla klientów zewnętrznych w zależności od przyjętego sposobu ustalania taryfy przewozowej. Całość rozważań przeprowadzono przy założeniu stacjonarności oraz deterministycznego charakteru procesów przewozowych.

**Słowa kluczowe:** system przewozowy, koszty, stawki przewozowe, logistyka, badania operacyjne

### 1. EKSPLOATACJA ŚRODKÓW TRANSPORTOWYCH

Długość odcinka czasu pomiędzy chwilą zakupienia środka transportowego i wprowadzenia go do systemu, a chwilą jego wymiany na nowy środek transportowy będziemy oznaczali symbolem  $T$  i nazywaliśmy okresem eksploatacji środka transportowego. Symbolem  $\vartheta$  oznaczać będziemy łączną długość odcinków czasu przebywania środka transportowego w systemie obsługi technicznej. Gdy środek transportowy nie podlega obsłudze technicznej mówimy, że jest on użytkowany. Średnią łączną długość wszystkich odcinków czasu użytkowania środka transportowego będziemy nazywaliśmy czasem użytkowania i oznaczaliśmy symbolem  $\Theta$ . W takim razie:

$$T = \Theta + \vartheta \quad (1)$$

Łączne długości odcinków czasu, gdy środek transportowy znajduje się w różnych innych od obsługi stanach oznaczymy odpowiednio symbolami:

$\Theta^{pr}$  - czas pracy środka transportowego tzn. długość wszystkich odcinków czasu, w których środek transportowy wykonuje zadanie przewozowe;

$\Theta^{doj}$  - czas dojazdów tzn. długość wszystkich odcinków czasu, w których środek transportowy dojeżdża do miejsc, skąd będzie wykonywane zadanie przewozowe, oraz powraca do miejsca, z którego będzie kierowany do wykonywania kolejnego zadania;

$\Theta^{post}$  - czas postojów tzn. długość wszystkich odcinków czasu, w których środek transportowy jest w dyspozycji klienta systemu przewozowego, ale nie jest w ruchu, czyli ma postój zlecony przez tego klienta;

$\Theta^{ocz}$  - czas oczekiwania tzn. długość wszystkich odcinków czasu, w których środek transportowy oczekuje na podjęcie wykonywania zadań zleconych przez klienta.

Uwzględniając (1) otrzymujemy:

$$T = \vartheta + \Theta = \vartheta + \Theta^{pr} + \Theta^{doj} + \Theta^{post} + \Theta^{ocz} \quad (2)$$

\* Wojskowa Akademia Techniczna, Wydział Cybernetyki, Warszawska Wyższa Szkoła Informatyki

\*\* Instytut Badań Systemowych Polskiej Akademii Nauk, Warszawska Wyższa Szkoła Informatyki

Czas użytkowania środka transportowego, a ściślej suma czasów  $\Theta^{pr} + \Theta^{doj}$  gdy jest on w ruchu, zależy od jego trwałości mierzonej ilością pracy, jaką może on wykonać przed wymianą na kolejny środek transportowy. W przypadku środka transportowego praca oznacza najczęściej sumaryczną długość drogi, którą może on pokonać przed wymianą na nowy. Powyższą trwałość środka transportowego oznaczmy symbolem  $Z$  i przyjmijmy, że jest ona znana. Iloraz trwałości środka transportowego i jego czasu użytkowania nazywa się w teorii eksploatacji intensywnością użytkowania i oznacza symbolem  $v$ , tzn.:

$$v = \frac{Z}{\Theta}$$

Środek transportowy wykonując zadanie przewozowe porusza się ze zmienną prędkością nieprzekraczającą jego prędkości maksymalnej. Średnią prędkość poruszania się środka transportowego nazywa się prędkością handlową (krótko – prędkością). Oznaczać ją będziemy symbolem  $V$ . Oczywiście:

$$Z = V \cdot (\Theta^{pr} + \Theta^{doj})$$

Środek transportowy będzie użytkowany z maksymalną intensywnością, jeśli czasy  $\Theta^{post}$  i  $\Theta^{ocz}$  będą równe zero. Oznacza to, że ta maksymalna intensywność jest równa  $V$ .

Rozpatrując wszystkie zdefiniowane powyżej wielkości zakładamy, że są one wartościami średnimi dla środka transportowego rozpatrywanego typu, i ponadto że każdy grupa środków transportowych jednego typu eksploatowana jest w sposób stacjonarny, co oznacza między innymi, że wartości powyższych wielkości są identyczne dla wszystkich środków transportowych grupy.

Rozpatrzmy dwie grupy względnych wartości czasów: w stosunku do czasu eksploatacji oraz w stosunku do czasu użytkowania. Dzieląc (2) przez  $T$  oraz  $\Theta$  otrzymujemy odpowiednio:

$$\begin{aligned} 1 &= \frac{\vartheta}{T} + \frac{\Theta^{pr}}{T} + \frac{\Theta^{doj}}{T} + \frac{\Theta^{post}}{T} + \frac{\Theta^{ocz}}{T} = \eta^{obs} + \eta^{pr} + \eta^{doj} + \eta^{post} + \eta^{ocz} \\ 1 &= \frac{\Theta^{pr}}{\Theta} + \frac{\Theta^{doj}}{\Theta} + \frac{\Theta^{post}}{\Theta} + \frac{\Theta^{ocz}}{\Theta} = \delta^{pr} + \delta^{doj} + \delta^{post} + \delta^{ocz} \end{aligned} \quad (3)$$

W dalszej części artykułu, dla uproszczenia, nazwy odpowiednich wielkości będziemy łączyli, gdy odpowiadać one będą sumie wielkości z tymi nazwami. Przykładowo  $\Theta^{pr+doj} = \Theta^{pr} + \Theta^{doj}$ ,  $\eta^{doj+post} = \eta^{doj} + \eta^{post}$  oraz  $\delta^{pr+doj+post} = \delta^{pr} + \delta^{doj} + \delta^{post}$ .

Bardziej szczegółowe informacje dotyczące powyższych pojęć teorii eksploatacji można znaleźć w [1] i [5].

## 2. KOSZTY EKSPLOATACJI ŚRODKA TRANSPORTOWEGO

Niech  $C^0$  oznacza wartość nowego środka transportowego. Symbolem  $C^1$  oznaczmy koszty obsługi kredytu w wysokości  $C^0$  lub tzw. koszty utraconych (niewykorzystanych) korzyści wynikające z „zamrożenia” kwoty  $C^0$ . Łącznie w czasie eksploatacji  $T$  ponoszone są więc koszty inwestycyjne o wielkości  $C^0 + C^1$ . Kolejnym źródłem kosztów są koszty

zadań planowych wykonywanych przez system obsługi technicznej, w tym koszt operacji wymiany środka transportowego na nowy. Koszty te ponoszone w czasie eksploatacji  $T$  oznaczmy symbolem  $C^2$ . Łączne koszty poniesione w całym czasie eksploatacji wynikające z samego faktu zakupu środka transportowego wyniosą więc  $C = C^0 + C^1 + C^2$ . Kolejne koszty przypadające na jednostkę czasu kalendarzowego to płace brutto, z wszystkimi pochodnymi, załogi środka transportowego. Oznaczmy je łącznie symbolem  $L$ . Na koszty związane z wykonywaniem zadań przewozowych, czyli wykonywaniem pracy przewozowej z intensywnością użytkowania  $v$ , składają się koszty zużywanego paliwa, olejów, płynów i materiałów eksploatacyjnych. Symbolem  $\$$  oznaczmy koszty przypadające na pokonanie jednostki odległości przez środek transportowy. Ponieważ w jednostce czasu kalendarzowego środek transportowy pokonuje średnio odległość równą  $v$ , więc koszty związane z wykonywaniem zadań przewozowych i przypadające na jednostkę czasu wynoszą  $v \cdot \$$ . Łączne koszty eksploatacji środka transportowego przypadające na jednostkę czasu kalendarzowego wyniosą więc:

$$k = \frac{C}{T} + L + \$ \cdot v \cdot \left( \frac{C}{Z + \vartheta \cdot v} + \$ \right) \cdot v \cdot L \quad (1)$$

Oprócz środka transportowego oraz ich załóg w systemie przewozowym występują też inne elementy. Oznaczmy symbolem  $P$  łączne koszty ich utrzymania w jednostce czasu. Jeśli w systemie przewozowym występuje  $R$  typów środków transportowych ponumerowanych zmienną  $r = \overline{1, R}$ , o liczbie  $m_r$  środków transportowych typu  $r$  i koszcie  $k_r$ , opisanym wzorem (1) utrzymania jednego środka transportowego tego typu, to sumaryczny koszt utrzymania systemu przewozowego przypadający na jednostkę czasu wyniesie:

$$\sum_{r=1}^R m_r \cdot k_r + P$$

Bardziej szczegółowe informacje o składnikach poszczególnych kosztów można spotkać w [3] oraz [4]. W [7] podane są wartości liczbowe różnych elementów kosztów transportowych, a w [2] podano wybrane metody ich ilościowej analizy.

Przyjmijmy, że dodatkowy koszt  $P$  rozkłada się na środki transportowe proporcjonalnie do ich stałego kosztu utrzymania  $L_r$  i równomiernie na wszystkie środki transportowe  $r$ -tego typu. Stąd:

$$\sum_{r=1}^R L_r \cdot m_r + P = \sum_{r=1}^R m_r \cdot L_r \cdot (1 + \epsilon) = \sum_{r=1}^R m_r \cdot k_r^{st} \quad (2)$$

gdzie: 
$$\epsilon = \frac{P}{\sum_{r=1}^R m_r \cdot L_r} \quad \text{oraz} \quad k_r^{st} = L_r \cdot (1 + \epsilon).$$

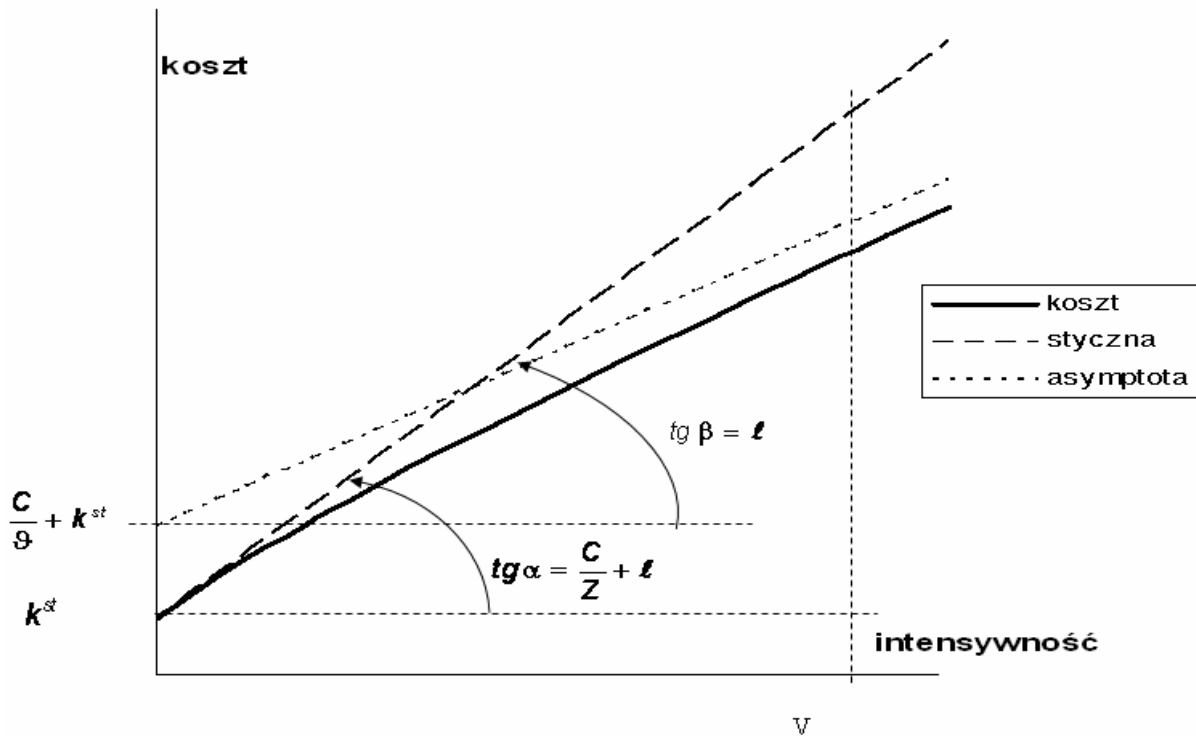
Uwzględniając (1) oraz (2) możemy teraz przedstawić całkowite koszty utrzymania jednego środka transportowego  $r$ -tego typu przypadające na jednostkę czasu, w postaci:

$$\mathbf{x}_r = \left( \frac{C_r}{Z_r + \vartheta_r \cdot v_r} + \$ \right) \cdot v_r + k_r^{st} = k_r^{zm}(v_r) \cdot v_r + k_r^{st} \quad (3)$$

Pomijając we wzorze (3) indeks  $r$  otrzymamy następującą zależność kosztów przypadających na jednostkę czasu eksploatacji jednego środka transportowego użytkowanego z intensywnością  $v$ :

$$\mathbf{x}(v) = \left( \frac{C}{Z + \vartheta \cdot v} + \mathfrak{S} \right) \cdot v \cdot k^{st} = k^{zm}(v) \cdot v + k^{st} \quad (4)$$

Funkcja  $\mathbf{x}(v)$  ma przebieg przedstawiony na Rys. 1.



**Rys. 1** Zależność kosztów przypadających na jednostkę czasu od intensywności  $v$  użytkowania środka transportowego. Źródło: opracowanie własne.

Jak widać we wzorze (4) występuje wielkość  $k^{st}$ , niezależna od intensywności  $v$  użytkowania środka transportowego, oraz wielkość  $k^{zm}(v) \cdot v$  zależna od tej intensywności. W takim razie wartość  $k^{st}$  może służyć do oszacowania ponoszonych kosztów eksploatacji stałych w czasie. Wielkość  $k^{zm}(v)$  zależy od odległości, jaką środek transportowy pokonał w czasie jednostkowym. Nie może więc być interpretowana jako koszt pokonania odległości jednostkowej. Możemy ją jednak przybliżyć wartościami stałymi, co widać na Rys. 1. Dla małych intensywności  $v$  użytkowania środka transportowego to oszacowanie może być równe współczynnikowi kierunkowemu stycznej do funkcji kosztów  $\mathbf{x}(v)$  w punkcie  $v = 0$ . W takim przypadku oszacowanie od góry wartości kosztów  $\mathbf{x}(v)$  jest równe:

$$\mathbf{x}^0 = \left( \frac{C}{Z} + \mathfrak{S} \right) \cdot v \cdot k^{st} \quad (5)$$

Dla dostatecznie dużych wartości  $v$  funkcja kosztu  $\mathbf{K}(v)$  może być natomiast przybliżana jej asymptotą o równaniu:

$$\mathbf{K}^a = \mathfrak{S} \cdot v + \frac{C}{\vartheta} + k^{st} \quad (6)$$

Jak widać w tym ostatnim przypadku wzrastają koszty stałe eksploatacji środka transportowego przypadające na jednostkę czasu przy mniejszych kosztach pokonania jednostkowej odległości.

### 3. STAWKI PRZEWOZOWE

Przyjmijmy, że przy zawieraniu transakcji zlecenia zadań przewozowych analizować będziemy możliwości stosowania następujących stawek:

- za jednostkę odległości pokonanej przy wykonywaniu przejazdu na zlecenie klienta; stawkę tę oznaczmy symbolem  $s^{odl}$ ;
- za jednostkę czasu wynajęcia środka transportowego; stawkę tę oznaczmy symbolem  $s^{wyn}$ ;
- za jednostkę czasu postoju środka transportowego wraz z załogą na zlecenie klienta; stawkę tę oznaczmy symbolem  $s^{post}$ ;
- za fakt zlecenia wykonania zadania przewozowego przez jeden środek transportowy niezależnie od wielkości tego zadania; stawkę tę oznaczmy symbolem  $s^z$ .

W pierwszej kolejności rozpatrzmy przypadek wnoszenia opłaty wyłącznie za odległość pokonaną podczas wykonywania zadania przewozowego, czyli przy rozliczeniach ze stawką  $s^{odl} = s^{pr}$ . Opłaty będą więc wnoszone wyłącznie za czas  $\Theta^{pr}$ , w którym środek transportowy wykonuje zadanie przewozowe z intensywnością  $V$ . Przychód przynoszony ze stosowania takiej taryfy przez okres eksploatacji  $T$  wyniesie  $s^{pr} \cdot \Theta^{pr} \cdot V$ , a na jednostkę czasu kalendarzowego:

$$\frac{s^{pr} \cdot \Theta^{pr} \cdot V}{T}$$

Przychód ten powinien być większy od kosztów związanych z eksploatacją środka transportowego, który wykonuje zleczone zadanie przewozowe. Uwzględniając (4) warunek opłacalności stosowania stawki  $s^{pr}$  można więc zapisać w postaci:

$$\frac{s^{pr} \cdot \Theta^{pr} \cdot V}{T} > \mathbf{K} = \left( \frac{C}{Z + \vartheta \cdot v} + \mathfrak{S} \right) \cdot v + k^{st} \quad (1)$$

Środek transportowy jest w ruchu w czasie  $\Theta^{pr} + \Theta^{doj}$  i wtedy użytkowany jest z maksymalną intensywnością  $V$ . W takim razie uwzględniając (3) otrzymamy:

$$v = V \cdot (\delta^{pr} + \delta^{doj}) = V \cdot \delta^{pr+doj}$$

Ponadto zgodnie z (3) mamy  $\frac{\Theta^{pr}}{T} = \eta^{pr}$ .

W konsekwencji po przekształceniach wzoru (1) otrzymamy wymóg na opłacalność stosowania stawki  $s^{pr}$  przy rozpatrywanej taryfie w postaci:

$$s^{pr} > \frac{1}{\eta^{pr}} \cdot \left[ \left( \frac{C}{Z + \vartheta \cdot V \cdot \delta^{pr+doj}} + \S \right) \cdot \delta^{pr+doj} + \frac{k^{st}}{V} \right]$$

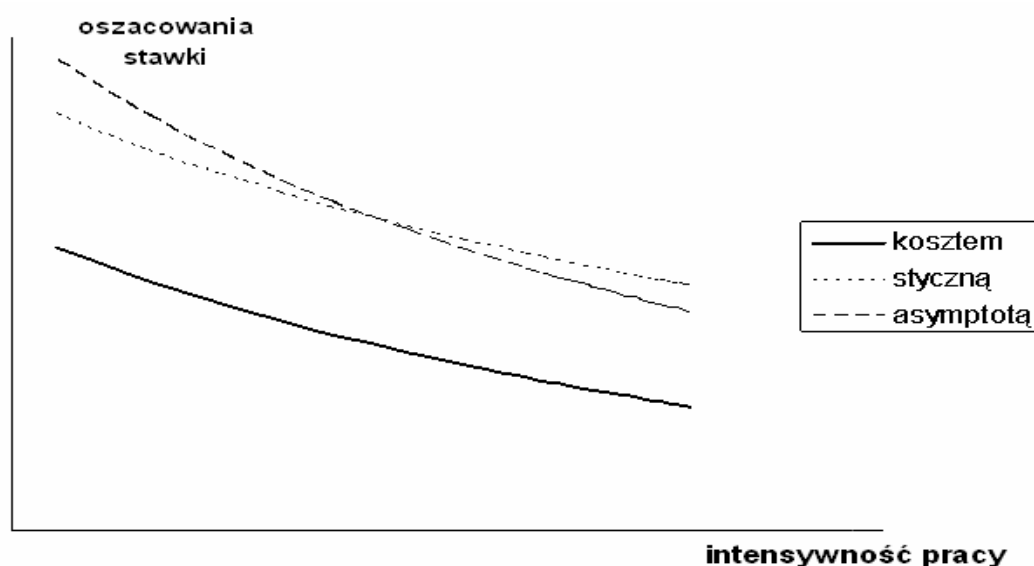
Jeżeli do oszacowania kosztów eksploatacji środka transportowego zastosujemy aproksymację z wykorzystaniem stycznej zgodnie ze wzorem (5), to oszacowanie na opłacalność stawki  $s^{pr}$  przyjmie prostszą postać:

$$s^{pr} > \frac{1}{\eta^{pr}} \cdot \left[ \left( \frac{C}{Z} + \S \right) \cdot \delta^{pr+doj} + \frac{k^{st}}{V} \right]$$

Podobnie przybliżając koszty eksploatacji asymptotą zgodnie ze wzorem (6) otrzymamy:

$$s^{pr} > \frac{1}{\eta^{pr}} \cdot \left( \S \cdot \delta^{pr+doj} + \frac{C}{\vartheta \cdot V} + \frac{k^{st}}{V} \right)$$

Na Rys. 2 pokazano w jaki sposób wartość oszacowania stawki  $s^{pr}$  zależy od współczynnika pracy  $\eta^{pr}$  środka transportowego przy wykorzystaniu do tego oszacowania funkcji kosztów jednostkowych  $\mathfrak{K}$  określonej wzorem (4), stycznej do tej funkcji opisanej wzorem (5) oraz jej asymptoty podanej wzorem (6). Oszacowania styczną i asymptotą są oczywiście oszacowaniami od góry, można więc je traktować jako oszacowania „bezpieczne”. Przy mniejszych wartościach intensywności użytkowania  $v$  lepsze oszacowanie otrzymuje się przy wykorzystaniu stycznej natomiast dla większych wartości  $v$  oszacowanie asymptotą jest dokładniejsze.



Rys. 2 Zależność oszacowania stawki  $s^{pr}$  z wykorzystaniem funkcji kosztów, stycznej i asymptoty od współczynnika pracy  $\eta^{pr}$  środka transportowego. Źródło: opracowanie własne.

Zauważmy przy tym, że  $\delta^{pr+doj} = 1 - \delta^{ocz}$ , gdyż  $\delta^{post} = 0$ . Widać więc, że dla oszacowania opłacalnej stawki  $s^{pr}$  właściciel systemu przewozowego powinien przewidzieć wartości:

- $\eta^{pr}$  - jaki procent czasu eksploatacji środek transportowy będzie wykonywał zalecane zadania przewozowe;
- $\delta^{ocz}$  - jaki procent czasu użytkowania środek transportowy będzie oczekiwał na zlecenia wykonania zadań przewozowych.

W przypadku posługiwania się asymptotą (6) do oszacowania stawki  $s^{pr}$  nie jest potrzebna znajomość trwałości środka transportowego  $Z$ , natomiast w oszacowaniu z wykorzystaniem stycznej (5) nie występuje czas trwania obsługi technicznych  $\vartheta$ .

Rozpatrzmy teraz przypadek, gdy klient płaci stawkę  $s^{odl}$  nie tylko za wykonywanie zadania przewozowego, ale również za dojazd do miejsca jego wykonywania i powrót z miejsca zakończenia, czyli  $s^{odl} = s^{pr+doj}$ . Wtedy w czasie eksploatacji  $T$  łączny przychód z tytułu wykonywania zadań zlecanych przez klientów wyniesie  $s^{pr+doj} \cdot \Theta^{pr+doj} \cdot V$ , czyli na jednostkę czasu eksploatacji:

$$\frac{s^{pr+doj} \cdot \Theta^{pr+doj} \cdot V}{T} \quad (2)$$

Porównując (2) z kosztami (4) po podobnych jak wyżej przekształceniach otrzymamy oszacowanie:

$$s^{pr+doj} > \frac{1}{\eta^{pr+doj}} \cdot \left[ \left( \frac{C}{Z + \vartheta \cdot V \cdot \delta^{pr+doj}} + \S \right) \cdot \delta \alpha^{pr+doj} + \frac{k^{st}}{V} \right]$$

Stosując analogicznie jak poprzednio przybliżenie styczną otrzymamy:

$$s^{pr+doj} > \frac{1}{\eta^{pr+doj}} \cdot \left[ \left( \frac{C}{Z} + \S \right) \cdot \delta \alpha^{pr+doj} + \frac{k^{st}}{V} \right]$$

a dla przybliżenia asymptotą:

$$s^{pr+doj} > \frac{1}{\eta^{pr+doj}} \cdot \left( \S \cdot \delta \alpha^{pr+doj} + \frac{C}{\vartheta \cdot V} + \frac{k^{st}}{V} \right)$$

Wartość oszacowania stawki  $s^{pr+doj}$  zależy w sposób podobny do zależności z Rys. 2 od współczynnika pracy  $\eta^{pr+doj}$  przy wykorzystaniu do tego oszacowania funkcji kosztów jednostkowych  $\S$ , stycznej do tej funkcji oraz jej asymptoty.

Widać, że dla oszacowania, w tym przypadku, opłacalnej stawki  $s^{pr+doj}$  właściciel systemu przewozowego powinien przewidzieć wartości:

- $\eta^{pr+doj}$  - jaki procent czasu eksploatacji środek transportowy będzie wykonywał zalecane zadania przewozowe, dojeżdżał do miejsc ich wykonywania i powracał do bazy;
- $\delta^{ocz}$  - jaki procent czasu użytkowania środek transportowy będzie oczekiwał na zlecenia wykonania zadań przewozowych.

Zamiast znajomości wielkości  $\eta^{pr+doj}$  można podawać wielkość  $\eta^{obs+ocz}$  oznaczającą procent czasu eksploatacji, w którym środek transportowy nie wykonuje żadnych zadań klienta, czyli gdy jest w obsłudze technicznej lub czeka na zlecenia. Oczywiście z faktu, że  $\eta^{pr+doj} \geq \eta^{pr}$  wynika dla powyższych przypadków, że  $s^{pr} \geq s^{pr+doj}$ .

Niech kolejnym wariantem taryfy przewozowej będzie przypadek wnoszenia stałej opłaty  $s^{wyn}$  za każdą jednostkę czasu wynajęcia środka transportowego przez klienta z ponoszeniem przez niego kosztów paliwa i rezygnacji z pracy kierowcy oraz pozostałych członków załogi. Rozpatrywany wariant charakteryzuje się tym, że  $\Theta^{doj} = 0$ .

Po analogicznych jak do tej pory przekształceniach otrzymamy następujące warunki na opłacalność stosowania stawki  $s^{wyn}$  przy rozpatrywanej taryfie. W postaci ogólnej:

$$s^{wyn} > \frac{1}{\eta^{pr+post}} \cdot \left[ \left( \frac{C}{Z + \vartheta \cdot V \cdot \delta^{pr}} + \S \right) \cdot V \delta^{pr} + k^{st} \right]$$

W przypadku stosowania przybliżenia stycznią:

$$s^{wyn} > \frac{1}{\eta^{pr+post}} \cdot \left( \frac{C}{Z} + \S \cdot V \cdot \delta^{pr} + k^{st} \right)$$

Natomiast w przypadku przybliżania asymptotą:

$$s^{wyn} > \frac{1}{\eta^{pr+post}} \cdot \left( \S \cdot V \cdot \delta^{pr} + \frac{C}{\vartheta} + k^{st} \right)$$

W tym przypadku dla oszacowania opłacalnej stawki  $s^{wyn}$  właściciel systemu przewozowego powinien przewidzieć wartości:

- $\eta^{pr+post}$  - jaki procent czasu eksploatacji środek transportowy będzie wynajmowany;
- $\delta^{pr}$  - jaki procent czasu użytkowania środka transportowego będzie w ruchu podczas wykonywania zadań przewozowych.

Zamiast znajomości wielkości  $\eta^{pr+post}$  można podawać wielkość  $\eta^{obs+ocz}$  oznaczającą procent czasu eksploatacji, w którym środek transportowy nie jest wynajmowany, czyli gdy jest w obsłudze technicznej lub czeka na zlecenia.

Przebieg oszacowań w tym przypadku jest zbliżony do zależności przedstawionych na Rys. 2. Rozpatrzmy teraz taryfę polegającą na stosowaniu jednocześnie dwóch stawek:

- $s^{odl}$  - za pokonanie przez środek transportowy jednostki odległości na zlecenie klienta;
- $s^{post}$  - za jednostkę czasu postoju na życzenie klienta.

Niech  $\Theta^{odl}$  oznacza długość drogi pokonywanej przez środek transportowy na zlecenie klienta. W takim razie  $\Theta^{odl} \in \{\Theta^{pr}; \Theta^{pr+doj}\}$ . Niech odpowiednio  $\eta^{odl}$  oraz  $\delta^{odl}$  odnoszą się do analizowanego wariantu.

Teraz przychód właściciela systemu przewozowego przypadający na jednostkę czasu wynosi:

$$\frac{s^{odl} \cdot \Theta^{odl} \cdot V + s^{post} \cdot \Theta^{post}}{T} = s^{odl} \cdot \eta^{odl} \cdot V + s^{post} \cdot \eta^{post}$$



Przy stosowaniu stycznej jako przybliżenia funkcji kosztów otrzymujemy:

$$s^{odl} \cdot \eta^{odl} \cdot V + s^{post} \cdot \eta^{post} > \kappa^0 = \left( \frac{C}{Z} + \mathfrak{S} \right) \cdot \vartheta \cdot k^{st}$$

Dla  $\Theta^{odl} = \Theta^{pr+doj}$  najprostszymi oszacowaniami stawek  $s^{odl}$  oraz  $s^{post}$  są nierówności:

$$\begin{aligned} s^{odl} &> \left( \frac{C}{Z} + \mathfrak{S} \right) \cdot \frac{\delta^{odl}}{\eta^{odl}} = \left( \frac{C}{Z} + \mathfrak{S} \right) \cdot (1 - \eta^{obs}) \\ s^{post} &> \frac{k^{st}}{\eta^{post}} \end{aligned} \quad (3)$$

Podobnie przy szacowaniu opłacalności stawek z wykorzystaniem asymptoty najprostsze warunki opłacalności stawek będą miały postać:

$$\begin{aligned} s^{odl} &> \mathfrak{S} \cdot \frac{\delta^{odl}}{\eta^{odl}} = \mathfrak{S} \cdot (1 - \eta^{obs}) \\ s^{post} &> \frac{1}{\eta^{post}} \cdot \left( \frac{C}{\vartheta} + k^{st} \right) \end{aligned} \quad (4)$$

Gdy natomiast  $\Theta^{odl} = \Theta^{pr}$ , to przy oszacowaniach styczną otrzymamy:

$$\begin{aligned} s^{pr} &> \left( \frac{C}{Z} + \mathfrak{S} \right) \cdot \frac{\delta^{pr+doj}}{\eta^{pr}} \\ s^{post} &> \frac{k^{st}}{\eta^{post}} \end{aligned}$$

a przy wykorzystaniu asymptoty:

$$\begin{aligned} s^{pr} &> \mathfrak{S} \cdot \frac{\delta^{pr+doj}}{\eta^{pr}} \\ s^{post} &> \frac{1}{\eta^{post}} \cdot \left( \frac{C}{\vartheta} + k^{st} \right) \end{aligned}$$

Zwróćmy uwagę na to, że spełnienie warunku opłacalności stosowania powyższych stawek pozwala na ich kształtowanie w dużym zakresie zmienności niekoniecznie zgodnie ze wzorami (3) lub (4). Tym samym mogą one być instrumentem stosowania przez właściciela systemu przewozowego polityki cenowej dostosowanej do wymagań marketingowych i konkurencyjnych. Wybrane zagadnienia z tego zakresu przedstawiono w [6].

Przy ustalaniu stawki  $s^{zl}$  za fakt zlecenia zadania przewozowego bez względu na jego wielkość należy określić liczbę  $n$  przewidywanych zleceń przypadających na jeden środek transportowy w całym czasie jego eksploatacji  $T$ . Oczywiście zlecenia te będą realizowane wyłącznie w czasie użytkowania środka transportowego. Przychód z tego tytułu przypadający na jednostkę czasu wyniesie:

$$s^{zl} \cdot \frac{n}{T}$$

Przy stosowaniu taryfy przewozowej polegającej na stosowaniu wielu stawek przewozowych, każdorazowo należy, zgodnie z przedstawioną powyżej metodyką, obliczyć oczekiwany przychód wynikający z pracy środka transportowego przypadający na jednostkę czasu jego eksploatacji oddzielnie dla każdej ze stawek, wyznaczone przychody zsumować i porównać je z przewidywanymi kosztami eksploatacji środka transportowego przypadającymi na jednostkę czasu stosując jeden z wariantów obliczania  $\mathfrak{K}$ ,  $\mathfrak{K}^0$  lub  $\mathfrak{K}^a$  zależnie od prognozowanej intensywności użytkowania środka transportowego oraz jego charakterystyk. Łączny przychód z wykonywania zadań przewozowych otrzyma się mnożąc obliczone przychody jednostkowe, które mogą być różne dla różnych typów środków transportowych, przez liczby dysponowanych środków transportowych odpowiednich typów, a następnie sumując otrzymane przychody przynoszone przez wszystkie środki transportowe każdego typu.

## LITERATURA

- [1] Chojnacki A.B. :*Logistyka*. WAT, Warszawa 1978.
- [2] Krawczyk S. :*Metody ilościowe w logistyce*. Wyd. C. H. Beck. Warszawa 2001.
- [3] Nowicka-Skowron M.: *Efektywność systemów logistycznych*. PWE, Warszawa 2000.
- [4] Piasecki S.: *Optymalizacja systemów przewozowych*. WKŁ, Warszawa 1973.
- [5] Piasecki S.: *Optymalizacja procesów eksploatacji urządzeń*. WAT, Warszawa 1973.
- [6] Piasecki S. *Wstęp do teorii konkurencji*. Wyd. WIZJA it Warszawa 2006.
- [7] Victoria Transport Policy Institute. *TDM Encyclopedia*. Victoria, Canada 2008.

## TRANSPORTATION COSTS AND FEES

### Abstract

The purpose of this paper is to present the method of measuring average transportation costs of vehicle exploitation per unit of time. Transportation costs are calculated from the perspective of the owner and take into consideration the vehicle ownership and vehicle operating costs. There are two ways of estimating these costs as a function of vehicles usage intensity. Depending on a given type of the pricing, lower brackets for profitable transportation fees are presented respectively. The present case study draws on the assumption that transport processes are stationary and deterministic.

**Keywords:** transportation system, transportation costs, transportation fees, logistics, operation research