

Ryszard Kościelny

## Żurawie przenośne w logistycznych łańcuchach dostaw – Ekonomiczne kryteria eksploatacji

Przedsiębiorstwo transportu samochodowego, uczestniczące w logistycznym łańcuchu dostaw, może eksploatować pojazdy wyposażone we własne urządzenia przeładunkowe, najmować urządzenia do przeładunku w miejscu za- i rozładunku lub pozostawić operacje przeładunkowe swoim zleceniodawcom. Własne urządzenia przeładunkowe dają przewoźnikowi wyraźną, choć trudno mierzalną na poziomie pojedynczego przedsiębiorstwa, przewagę konkurencyjną na rynku.

Spośród różnego rodzaju urządzeń przeładunkowych duże znaczenie mają żurawie przenośne.

Związki pomiędzy techniką i ekonomią występują ze szczególną siłą w logistycznych łańcuchach dostaw. Pojazdy samochodowe, eksploatowane w sieci dystrybucji, wyposażone są zwykle we własne urządzenia przeładunkowe o znacznej masie, całkowicie bezużyteczne podczas przejazdu samochodu. Fundamentalne znaczenie ma zatem strategiczna decyzja przedsiębiorstwa transportowego o sposobie sprawnego technicznie i efektywnego ekonomicznie rozładunku samochodu w miejscu dostawy ładunku. Powszechnie stosowane kryteria doboru żurawi przenośnych sprowadzane są do udźwigu żurawia, jego producenta oraz ceny. Takie podejście nie zapewnia uzyskania najlepszego efektu ekonomicznego, a zatem pełnego wykorzystania przewagi rynkowej.

Procedura doboru żurawia powinna uwzględniać, oprócz aspektów technicznych, także czynniki eksploatacyjno-ekonomiczne, takie jak: miejsce zabudowy żurawia na pojeździe, wykorzystanie przyczep, podaż ładunków w strefie operacyjnej przedsiębiorstwa, średnia odległość transportu, koszty eksploatacyjne oraz organizacyjne, dostępność obcych urządzeń przeładunkowych w miejscu rozładunku, lokalny poziom cen itp.



Rys. 1. Rozładunek pojazdu u odbiorcy a) transport z dostawą „na dach”, b-d) ustawienie palety w miejscu dogodnym dla klienta

W artykule przedstawiono metodykę wyboru opcji wyposażenia samochodu dla pojedynczego przedsiębiorstwa transportowego. Przedstawione zostały wyniki analizy porównawczej dla przypadków eksploatacji samochodów:

- bez żurawi – z rozładunkiem pojazdu urządzeniami wynajmowanymi
- z żurawiem za kabiną kierowcy
- z żurawiem zabudowanym za skrzynią ładunkową i umożliwiającym rozładunek ciągniętej przez samochód przyczepy.

### Żurawie przenośne w logistycznych łańcuchach dystrybucji

Towary drobnicowe, masowe, a zwłaszcza paletowe jednostki ładunkowe, od-

powiednie do transportu w skrzyni ładunkowej samochodu ciężarowego, mogą być przeładowywane żurawiami przenośnymi, zabudowanymi na samochodzie przewożącym ładunek.

Zaletą takiego rozwiązania jest przede wszystkim zdolność samochodu dostawczego do samorozładunku u odbiorcy, z możliwością złożenia ładunku w miejscu najbardziej dogodnym, wskazanym przez klienta (rys. 1). Jest to bardzo ważny czynnik konkurencyjności przewoźnika.

Wadą jest obciążenie samochodu ciężarem żurawia i ramą pomocniczą podczas transportu oraz wysoki koszt inwestycyjny.

Żuraw może być umiejscowiony na samochodzie:

- pomiędzy kabiną kierowcy a skrzynią lub
- za skrzynią, na zwisie tylnym.

W drugim przypadku żuraw może rozładować także przyczepę ciągnioną przez samochód.

Wybór opcji nie może opierać się wyłącznie na preferencjach dotyczących producenta oraz ograniczać się do analizy podstawowych parametrów technicznych żurawia i jego ceny. Integralna jednostka transportowa samochód-żuraw-(przyczepa) stanowi także ekonomiczny element przedsiębiorstwa transportowego i dlatego jako nieprawidłowe należy uznać ograniczanie analizy ekonomicznej do kosztów inwestycyjnych oraz amortyzacji.

Wieloletnie doświadczenie w zabudowie żurawi przenośnych skłoniły autora do podjęcia próby techniczno-ekonomicznej analizy porównawczej konsekwencji ekonomicznych wyboru wariantu zabudowy żurawia. Niektóre wyniki zamieszczono niżej.

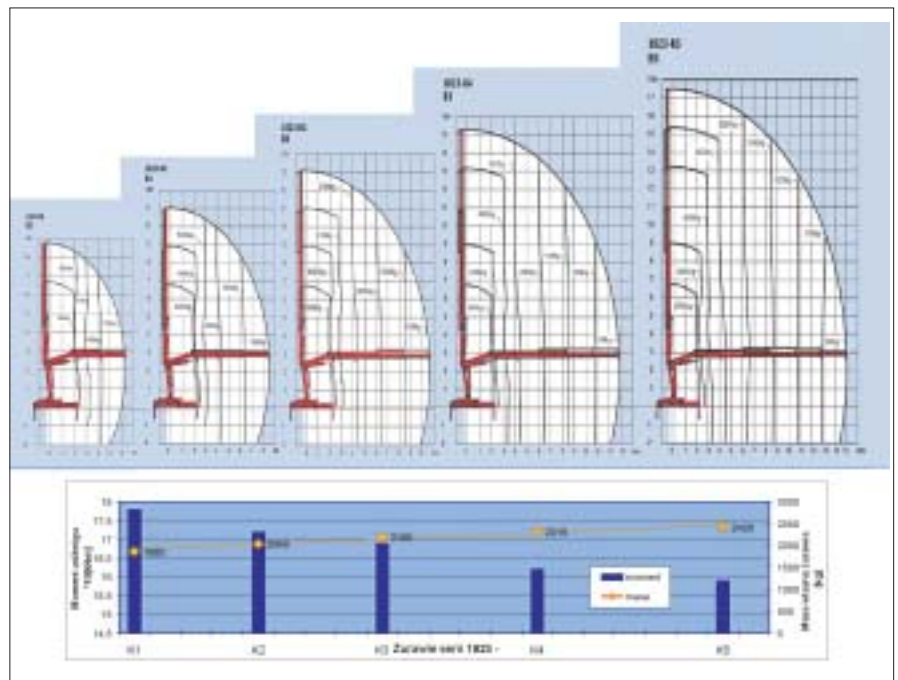
## Założenia

Przyjęto, że przedsiębiorstwo transportu samochodowego działa w sektorze dystrybucji towarów podatnych do tworzenia jednostek paletowych. Istnieje określona podaż ładunków  $P_r$ , transportowanych na średnią odległość  $S$ . Transport odbywa się samochodami ciężarowymi o określonej ładowności. Samochód może być wyposażony w żuraw. Ponadto, samochód może ciągnąć przyczepę.

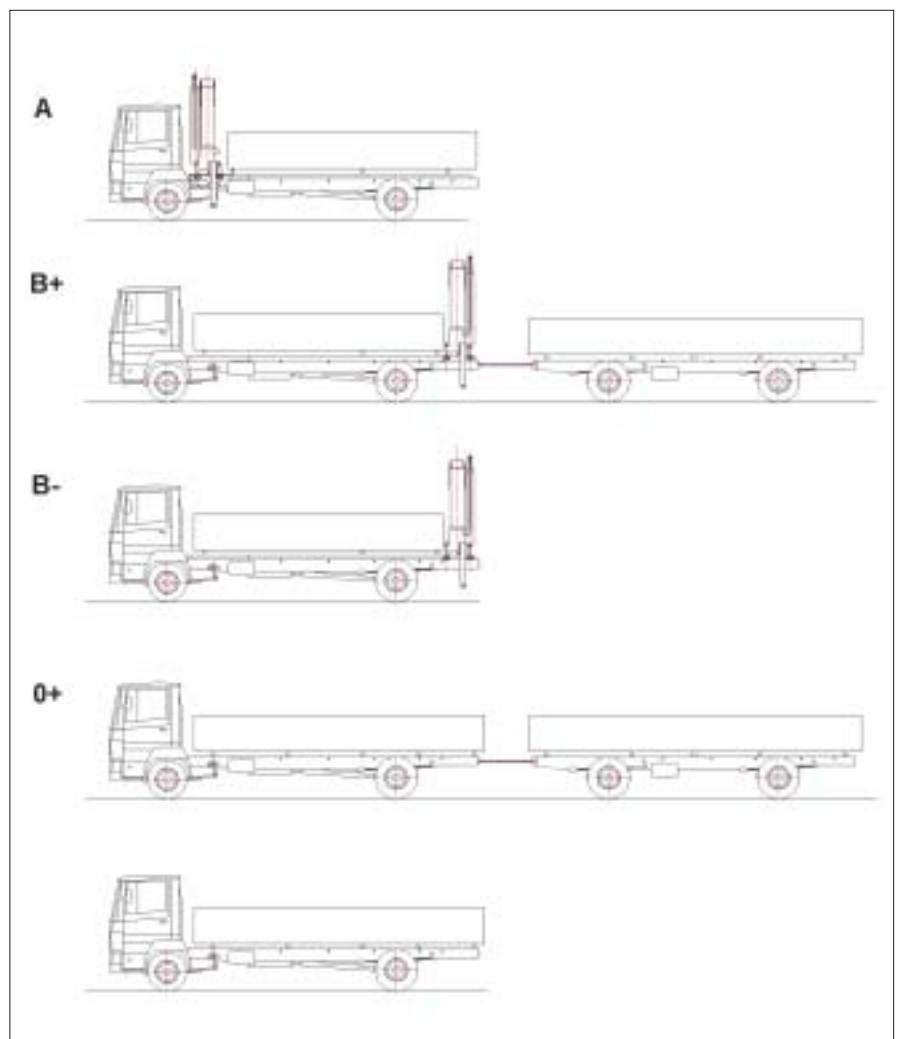
Wybór samochodu, jak też wybór żurawia, stanowią odrębne, obszerne zagadnienia i w niniejszym artykule nie będą one omawiane. Należy tu jednak zwrócić uwagę na złożoność tych problemów nawet w przypadku wyboru a priori określonego producenta żurawia (por. rys 2).

Przyjęto pięć możliwych wariantów jednostki transportowej. Warianty zostały przedstawione na rys. 3 wraz z przypisanymi im oznaczeniami.

Jednostkę transportową A stanowi samochód wyposażony w żuraw przenośny, umieszczony za kabiną kierowcy. Wielkość żurawia została dobrana odpowiednio do wielkości samochodu. Jednostka transportowa B+ składa się z samochodu z żurawiem umieszczono-



Rys. 2. Charakterystyki wersji żurawi wielkości  $MQ = 180 \text{ kNm}$



Rys. 3. Konfiguracja jednostki transportowej: A żuraw zabudowany za kabiną, B+ żuraw zabudowany za skrzynią + przyczepa, B- żuraw zabudowany za skrzynią, bez przyczepy, 0+ pojazd bez żurawia oraz przyczepy

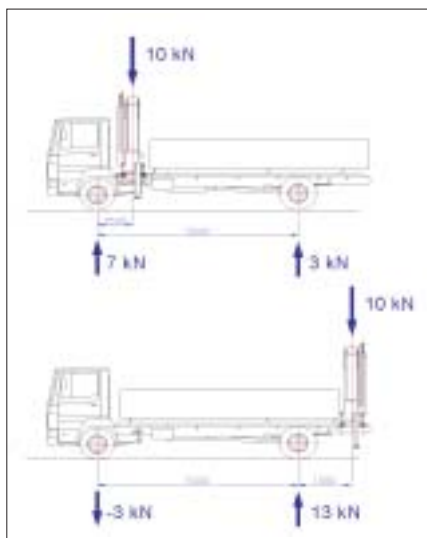
nym za skrzynią ładunkową oraz z przyczepy. Po wycięciu przyczepy, jednostka B+ staje się jednostką B-. Samochód bez żurawia został określony symbolem: 0+ w przypadku jazdy z przyczepą lub 0-, jeżeli jest eksploatowany bez przyczepy.

W każdej z tych konfiguracji przyjęto jednakowe wyjściowe parametry techniczno-eksploatacyjne pojazdu oraz żurawia. Parametry te następnie skorygowano odpowiednio do wymagań eksploatacyjnych.

## Warunki techniczne zabudowy żurawia na pojeździe

Zabudowa żurawia przenośnego na pojeździe samochodowym wymaga spełnienia wielu norm oraz przepisów Urzędu Dozoru Technicznego i jest związana z:

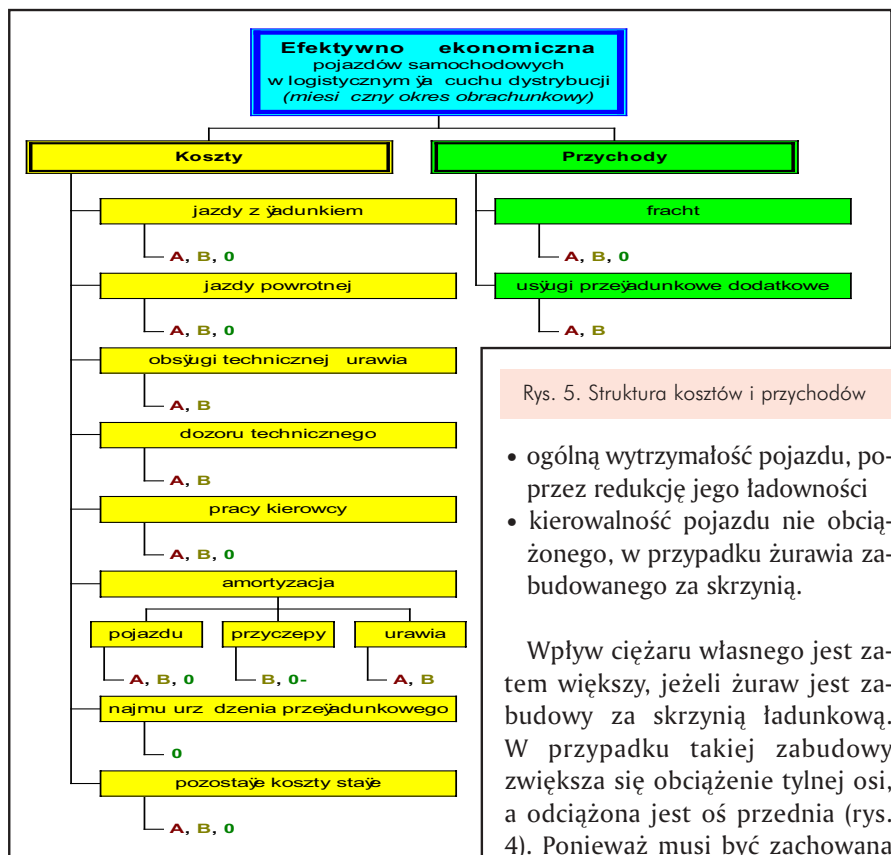
- wzmocnieniem ramy pojazdu, poprzez dodanie ramy pomocniczej, odpowiadającej geometrycznie i wytrzymałościowo ramie pojazdu i sprzężonej z tą ramą
- przesunięciem lub skróceniem skrzyni ładunkowej, lub wykonaniem obydwu tych operacji
- instalacją układu zasilania żurawia, tj. pompy hydraulicznej i napędzającej ją przystawki odbioru mocy, układu sterowania przystawką
- przemieszczenie belki tylnej ze sprzęgiem holowniczym.



Rys. 4. Wpływ ciężaru żurawia na obciążenie osi pojazdu (wartości przykładowe)

Tab. 1. Parametry analizy ekonomicznej-wybor<sup>2</sup>

lp.	Symbol	Parametr
1	S	średnia odległość transportu [km],
2	$P_r$	popyt na usługi transportowe [t/m-c],
3	$Q_p$	ładowność samochodu (bez żurawia) [t],
4	$Q_{pB+}$	ładowność przyczepy ciągnionej przez pojazd z żurawiem [t],
5	$Q_{p0+}$	ładowność przyczepy [t],
6	$W_{Q-}$	średni współczynnik wykorzystania ładowności pojazdu [-],
7	$W_{Q+}$	średni współczynnik wykorzystania ładowności przyczepy [-],
8	$v_0 = v_A$	prędkość podróźna pojazdu (bez przyczepy) [km/h],
9	$v_B$	prędkość podróźna pojazdu (z przyczepą) [km/h],
10	$K_{10} = K_{1A}$	koszt przejazdu pojazdu z ładunkiem [PLN/km],
11	$K_{p0} = K_{pA}$	koszt przejazdu pojazdu powrotnego (bez ładunku), [PLN/km],
12	$K_{1B}$	koszt przejazdu pojazdu z ładunkiem i przyczepą, [PLN/km],
13	$K_{pB}$	koszt przejazdu pojazdu powrotnego (bez ładunku i przyczepy), [PLN/km],
14	$e_{At}$	wsp. efektywnego czasu jazdy / czasu kursu [-],
15	$W_{0t}$	wsp. efektywnego czasu kursu (oczekiwanie na dźwignicę obcą) [-],
16	$K_z$	koszt zakupu i montażu żurawia na pojeździe [PLN],
17	$K_s$	koszt zakupu samochodu [PLN],
18	$u_p$	dotatkowe usługi przeładunkowe żurawiem przenośnym [PLN/m-c]
19	f	stawka frachtu [PLN/t*km],
20	$t_s, t_z, t_p$	okres amortyzacji pojazdu, żurawia, przyczepy [lata]



Rys. 5. Struktura kosztów i przychodów

- ogólną wytrzymałość pojazdu, poprzez redukcję jego ładowności
- kierowność pojazdu nie obciążonego, w przypadku żurawia zabudowanego za skrzynią.

Wpływ ciężaru własnego jest zatem większy, jeżeli żuraw jest zabudowywany za skrzynią ładunkową. W przypadku takiej zabudowy zwiększa się obciążenie tylnej osi, a odciążona jest oś przednia (rys. 4). Ponieważ musi być zachowana minimalna wartość nacisków osi

przedniej, ograniczeniu podlega ciężar żurawia oraz odległość środka jego masy od tylnego zawieszenia ramy pojazdu. Może to prowadzić do konieczności skrócenia skrzyni ładunkowej oraz redukcji liczby jednostek ładunkowych transportowanych w poszczególnych przejazdach. Zbyt duży żuraw nie może być zabudowany także ze względu na stateczność zespołu pojazd-żuraw podczas prac przeładunkowych.

Wielkość żurawia, określana jego momentem udźwigu MQ, powinna być dostosowana do wielkości samochodu. Jednym z parametrów technicznych żurawia, związanych z momentem MQ, jest jego masa<sup>1</sup>. Ciężar żurawia stanowi dodatkowe obciążenie pojazdu i musi być uwzględniony z uwagi na:

<sup>1</sup> Stosunek masy do momentu udźwigu różni się, podobnie jak cena, w zależności klasy producenta

<sup>2</sup> Analizą objęto 68 parametrów

Techniczne warunki zabudowy żurawia przenośnego muszą być bezwzględnie zachowane i – w swej istocie – stanowią ograniczenia możliwości doboru żurawia.

## Warunki ekonomiczne zabudowy żurawia na pojeździe

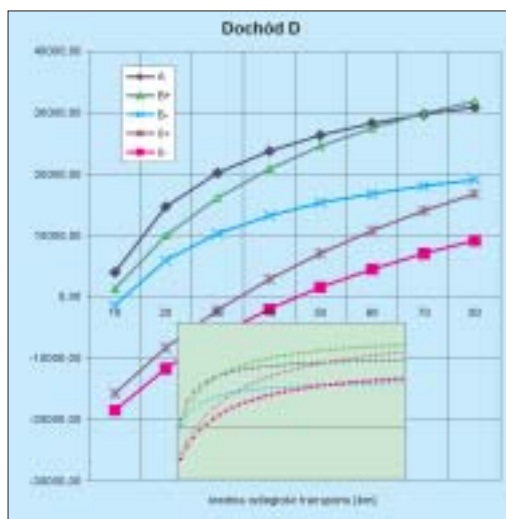
Analiza porównawcza efektywności ekonomicznej jednostki transportowej powinna stanowić niezbędne uzupełnienie analizy technicznej. W analizie uwzględniono ponad 65 parametrów. Niektóre z tych parametrów zestawiono w tabeli. Strukturę kosztów i przychodów, przypisanych do poszczególnych wariantów jednostki transportowej, przedstawiono na rys. 5.

## Uwagi końcowe i wnioski

Symulacja efektywności ekonomicznej jest dla pojedynczego przedsiębiorstwa transportu samochodowego jedynym sposobem badania rozwiązań organizacyjno-technicznych. Poprzez porównanie różnych wariantów organizacyjnych, prognozując zmiany wielkości podaży ładunków, kosztów eksploatacyjnych, poziomu płac itp. parametrów, przedsiębiorstwo uzyskuje cenne informacje, mogące stanowić podstawę racjonalnego zarządzania bieżącą działalnością oraz planowania rozwoju. Wizualizacja wyników znacznie ułatwia podejmowanie prawidłowych decyzji.

Przykład wyników analizy porównawczej efektywności eksploatacji różnych jednostek transportowych, dla jednego zestawu parametrów techniczno-ekonomicznych, przedstawiono na wykresie (rys. 6). Na podstawie tego wykresu można wybrać najbardziej korzystny wariant transportowy dla określonej odległości transportu. Wariantowo, wyprowadzenie jako wyniku stawek przewozowych, odpowiadających kosztom własnym przedsiębiorstwa ułatwia działalność operacyjną, itd.

Przedstawiona metoda analizy porównawczej efektywności eksploatacji różnych wariantów jednostek transportowych może stanowić wygodne



Rys. 6. Porównanie wyniku ekonomicznego jednostek transportowych

narzędzie zarówno w fazie planowania inwestycji jak też formułowania strategii rozwoju przedsiębiorstwa.

Metoda ta, po modyfikacji, może być stosowana w działalności przedsiębiorstwa w celu obliczania efektywności pojedynczego kursu oraz zarządzania posiadanym sprzętem. Obserwacja wpływu symulowanych zmian wartości parametrów na wynik ekonomiczny, pozwala także wnioskować o czułości tego wyniku na poszczególne parametry. Umożliwia to wydzielenie podgrupy tych parametrów, których zmianom należy poświęcić najwięcej uwagi.