

Koszty transportu na drogach wodnych.^{*)}

Napisał inż. Mieczysław Rybczyński, Profesor Politechniki Warszawskiej.

Kursowanie jednak łodzi z pełnym ładunkiem nie jest możliwe w ciągu całego roku. W miarę zaś zmniejszania się zanurzenia, wzrasta koszt transportu, ale nie w stosunku prostym, bo równocześnie skraca się nieco czas ładowania i wyładowania oraz zmniejsza się nieznacznie opór łodzi, tak skutkiem zmniejszenia pola przekroju poprzecznego zanurzonej łodzi, jak też skutkiem zmniejszenia przy opadającej wodzie prędkości średniej wody.

Łódź 270-tonnowa ładować będzie: przy zanurzeniu 1,00 — 200 t
 „ „ 0,75 — 130 „
 „ „ 0,50 — 60 „
 opór zaś zmniejszy się o 6, 12 względnie 18%.

Dla oznaczenia ładowności, decydującą będzie przestrzeń Modlin-Toruń, gdyż na przestrzeni Warszawa-Modlin pogłębiarki utrzymują już obecnie głębokość nie mniejszą, niż poniżej Modlina, tembardziej zaś wystarczającą głębokość uzyska się na przestrzeni poniżej Torunia.

Wykresy głębokości tranzytowych, publikowane przez inż. Wojtkiewicza w „Przebiegach Technicznych” z roku 1924, wykazują, że w przeciętnym roku łodzie 270-tonnowe mogą w $\frac{1}{10}$ okresu żegluga kursować z ładunkiem pełnym, w ciągu $\frac{1}{10}$ z ładunkiem 200 t, w $\frac{2}{10}$ z ładunkiem 130 t i w $\frac{3}{10}$ z ładunkiem 60 t. Daje to przeciętny ładunek 185 t.

Wobec przeszkód, jakie przy niskich stanach napotyka żegluga, nie obniżam czasu przyjętego na ładowanie oraz nie uwzględniam zmniejszenia oporu. Koszt ładowania wzrasta zatem w stosunku $\frac{270}{185}$, t. j. o 46%.

Wyniesie więc:

w górę rzeki | w dół rzeki

Łodzie wracają próżne:

$$\frac{292}{L} + 3,10 \left[\frac{523}{L} + 4,54 \right] \quad \left| \quad \frac{292}{L} + 2,28 \left[\frac{523}{L} + 3,42 \right]$$

Powrotny ładunek wynosi 20%:

$$\frac{292}{L} + 3,01 \left[\frac{523}{L} + 4,41 \right] \quad \left| \quad \frac{292}{L} + 2,03 \left[\frac{523}{L} + 3,04 \right]$$

Powrotny ładunek wynosi 50%:

$$\frac{292}{L} + 2,86 \left[\frac{523}{L} + 4,16 \right] \quad \left| \quad \frac{292}{L} + 1,66 \left[\frac{523}{L} + 2,47 \right]$$

Powrotny ładunek wynosi 100%:

$$\frac{292}{L} + 2,61 \left[\frac{523}{L} + 3,78 \right] \quad \left| \quad \frac{292}{L} + 1,05 \left[\frac{523}{L} + 1,52 \right]$$

Porównywuując otrzymane wyniki ze wzorem Symphera, widzimy znaczną różnicę na niekorzystnie obecnych kosztów.

Obliczając koszt transportu na przestrzeni Warszawa-Gdańsk (454 km), otrzymujemy koszt 1 tkm w groszach:

	w górę rzeki	w dół rzeki
Łodzie wracające próżne	3,74 (5,69)	2,92 (4,57)
Powrotny ładunek 20%	3,65 (5,56)	2,67 (4,19)
„ „ 50%	3,50 (5,31)	2,30 (3,62)
„ „ 100%	3,25 (4,93)	1,69 (2,67)

W porównaniu z kosztami własnymi kolei, obliczonymi przez inż. Sztolcmana, okazują się niższe koszty przewozu drogą wodną wszystkich towarów wewnątrz kraju i w przywozie z Gdańska, natomiast wyższe przy przewozie węgla i drzewa eksportowego, które dopiero przy pełnych ładunkach powrotnych uzyskują niższe ceny eksploatacyjne na wodzie.

Żegluga jednak, będąc przedsiębiorstwem prywatnym, nie może się zrzekać oprocentowania i amortyzacji. Otóż, obliczając te wydatki (cyfry w nawiasie) dla ładunków wagonowych, utrzymuje się transport wodny poniżej kosztów własnych kolei tylko przy jeździe w dół i 20% procentach frachtu powrotnego, a nadto przy wszystkich ładunkach niepełnowagonowych w obu kierunkach. Współzawodnictwo więc z transportem kolejowym wydaje się bardzo trudne.

Naturalnie, że porównanie przedstawi się gorzej w roku o długotrwałych niskich stanach na Wiśle, wówczas bowiem przeciętny ładunek spadłby do 150 t, a koszt transportu wzrósłby prawie o 25%.

Natomiast w razie utrzymywania, przy pomocy pogłębiarek, stałej głębokości, zmniejszy się koszt transportu o 15%, ponieważ przeciętny ładunek wzrośnie do 216 t, biorąc pod uwagę, jako miarodajną, niekorzystną przestrzeń Warszawa-Modlin. W tym wypadku, zdaje się, należałoby masowe transporty kierować na wodę dopiero od Modlina, skąd przy stałej głębokości 1,40 m, mogłyby kursować łodzie 270-tonnowe przez cały rok z pełną pojemnością. Wówczas, przy odległości 414 km z Gdańska do Modlina, koszty transportu przedstawiałyby się jak następuje:

	w górę rzeki	w dół rzeki
Łodzie wracają próżne	2,60 (3,98)	2,04 (3,20)
powrotny ładunek 20%	2,54 (3,88)	1,87 (2,94)
powrotny ładunek 50%	2,44 (3,72)	1,62 (2,56)
powrotny ładunek 100%	2,27 (3,46)	1,20 (1,90)

Koszty eksploatacyjne są więc tu niższe od kosztów własnych ruchu na kolei przy masowych transportach węgla w dół już przy 20% powrotnego ładunku, a przy zwykłych transportach cało-wagonowych może żegluga konkurować, nawet opłacając procenty i amortyzację taboru.

Przy obliczaniu kosztów transportu z Torunia do Gdańska, zmniejszy się o jeden dzień okres próżnostania holownika, nadto korzystniejsze będą

^{*)} Dokończenie do str. 988, w Nr. 49 r. b.

lą wyniki ładowności nawet bez sztucznego pogłębienia.

Według wykresu głębokości tranzytowej na Wiśle pomorskiej, podanego przez inż. Wojtkiewicza, można w roku przeciętnym liczyć $\frac{2}{10}$ pełnego ładunku po 270 t, $\frac{2}{10}$ po 200 t i $\frac{1}{10}$ po 130 t, co da przeciętny ładunek 240 t.

Otrzymamy wówczas następujące wzory:

w górę rzeki		w dół rzeki
Łodzie wracają próżne:		
$\frac{191}{L} + 2,40 \left[\frac{348}{L} + 3,50 \right]$		$\frac{191}{L} + 1,76 \left[\frac{348}{L} + 2,62 \right]$
powrotny ładunek 20%		
$\frac{191}{L} + 2,33 \left[\frac{348}{L} + 3,39 \right]$		$\frac{191}{L} + 1,57 \left[\frac{348}{L} + 2,33 \right]$
powrotny ładunek 50%		
$\frac{191}{L} + 2,21 \left[\frac{348}{L} + 3,21 \right]$		$\frac{191}{L} + 1,29 \left[\frac{348}{L} + 1,89 \right]$
powrotny ładunek 100%		
$\frac{191}{L} + 2,02 \left[\frac{348}{L} + 2,92 \right]$		$\frac{191}{L} + 0,81 \left[\frac{348}{L} + 1,16 \right]$

Koszty zatem na Wiśle pomorskiej zbliżają się do kosztów obliczonych wzorem Symphera, ale dla łodzi 150-tonnowej.

Koszt 1 tkm Gdańsk-Toruń (227 km) wyniesie:

	w górę rzeki	w dół rzeki
Łodzie wracają próżne.	3,24 (5,03)	2,60 (4,15)
powrotny ładunek 20%.	3,17 (4,92)	2,48 (3,86)
powrotny ładunek 50%.	3,05 (4,74)	2,13 (3,42)
powrotny ładunek 100%.	2,86 (4,45)	1,65 (2,69)

W razie zastosowania sztucznego pogłębienia, zmniejszą się koszty przewozu 1 tkm o 10%.

Obliczenia te wykazują, że — mimo lepszych warunków żeglowności na Wiśle pomorskiej — korzystniejsze wyniki otrzymuje się przy dłuższym transporcie wodnym, a więc przy naładunku w Modlinie.

Obliczenia powyższe, choć dokonane drogą analizy, zbliżają się do rzeczywistości, jak tego dowodzi kalkulacja przewozu Warszawskiego Zjednoczonego Towarzystwa Handlu i Żeglugi, która podaje koszt własny 1 tkm, przy zabezpieczeniu minimum zagłębienia 1,00 m, w Warszawie (1,15 głębokości) na 4,2 gr. przy przewozie w górę rzeki i powrocie próżnych łodzi (nasze obliczenia 3,98), zaś 1,95 przy przewozie w dół i wyyskaniu pełnym ładunków powrotnych (nasze obliczenia 1,90).

Podobne obliczenia przeprowadziłem dla łodzi typu Odrzańskiego (Breslauer-Mass) o nośności 560 t przy zagłębieniu 1,75 m. Wyniki obliczenia (szczegółów nie podaję) są następujące: przy obecnym stanie Wisły, transport łodzią typu odrzańskiego jest droższy o 10 do 20%, zależnie od kierunku jazdy i ilości ładunków powrotnych, na-

tomiast przy zapewnionej głębokości drogą sztucznego pogłębienia, łodzie większe wykazują oszczędność od 5 do 10%.

Rozpatrując powody tego względnie niekorzystnego wyniku obliczeń, można je streścić w następujących punktach:

1. Stan drogi wodnej w czasie niskich stanów nie pozwala na ekonomiczne wyzyskanie taboru.
2. Urządzenia przeładunkowe powodują zbyt długie okresy próżnostania, zwłaszcza większych łodzi.
3. Tabor łodzi używanych na Wiśle nie jest przystosowany do stanu tej drogi.

Chcąc zatem określić stosunek kosztów transportu wodnego do kolejowego, należy jeszcze obliczyć koszty ruchu na wypadek wprowadzenia ulepszeń w powyższych trzech kierunkach. Ulepszenia te polegałyby na następujących inwestycjach:

ad 1) Powiększenie istniejącego parku pogłębiarek i rozszerzenie akcji pogłębienia do śluzy Nogatu, z zapewnieniem głębokości tranzytowej 1,65 m do Torunia, 1,40 m do Modlina, 1,15 m do Warszawy, a z czasem 1,00 m do Dębina.

Oświetlenie należyte nurtu powinno umożliwić ruch dzienny 14—16 godzin dla wykorzystania dwu zmian załogi.

ad 2) Zaopatrzenie głównych punktów przeładunkowych w urządzenia przynajmniej dorównujące urządzeniom w Gdańsku, tak ażeby dzienny przeładunek towarów masowych na wodę lub odwrotnie wyniósł co najmniej 200 t, a w razie zcentralizowania naładunku węgla w jednym porcie, załadowanie całej łodzi w ciągu jednego dnia. (Obecnie, poza Gdańskiem, liczy się 50—100 t dziennie, na niemieckich zaś drogach wodnych, liczy się 200—500 t dziennie).

ad 3) Zmodernizowanie taboru tak holowniczego, jak i ciężarowego, a to przez użycie holowników silniejszych (250—300 KM), pracujących możliwie ekonomicznie, z rozchodem węgla 0,8 — 0,9 kg KM godz., oraz łodzi o zagłębieniu normalnym 1,50 m, a nośności 700—1000 t.

Warszawskie Zjednoczone Towarzystwo opracowało typ łodzi 700-tonnowej o wymiarach: 54,5 × 11 × 1,50 m, który odpowiada celowi, posiada jednak niekorzystny stosunek długości do szerokości i stąd wykazuje zbyt duży opór. Długość jednak przystosowano do śluzy w Einlage. Wydaje mi się, że raczej należałoby dążyć do przedłużenia śluzy w Einlage, tembardziej, że w razie wzrostu ruchu zajdzie potrzeba śluzowania pociągów, zamiast pojedynczych łodzi.

Po wprowadzeniu tych ulepszeń, analiza kosztów przedstawi się jak następuje:

a) koszt holowania: holownik o mocy 250 KM kosztuje obecnie 375 000 zł, zatem jego koszty roczne:

utrzymanie 5%.	18 750 zł.
załoga i świadczenia	24 000 „
administracja	2 400 „
Razem	45 150 zł.

Licząc, jak poprzednio, 250 dni ruchu, wypada koszt dzienny 180,6 zł. zaś — po doliczeniu 10% oprocentowania i amortyzacji — 330,6 zł. Koszty materiałów pędnych na godzinę:

węgiel 0,9 kg × 250 KM × 0,05 zł. = 11,25 zł.
smary, etc 30% 3,37 „

Razem 14,62 złotych.

Stąd, licząc 4 km/godz. w górę, zaś 10 km/godz. w dół rzeki, oraz dziennie, wobec oświetlenia nurtu, przeciętnie 50, względnie 120 km, otrzymamy na

względnie

$$\frac{33060}{L \times 2 \times 700} + \frac{422}{2 \times 700} + \frac{1028}{6 \times 700}$$

w dół rzeki przy łodziach pełnoładownych.

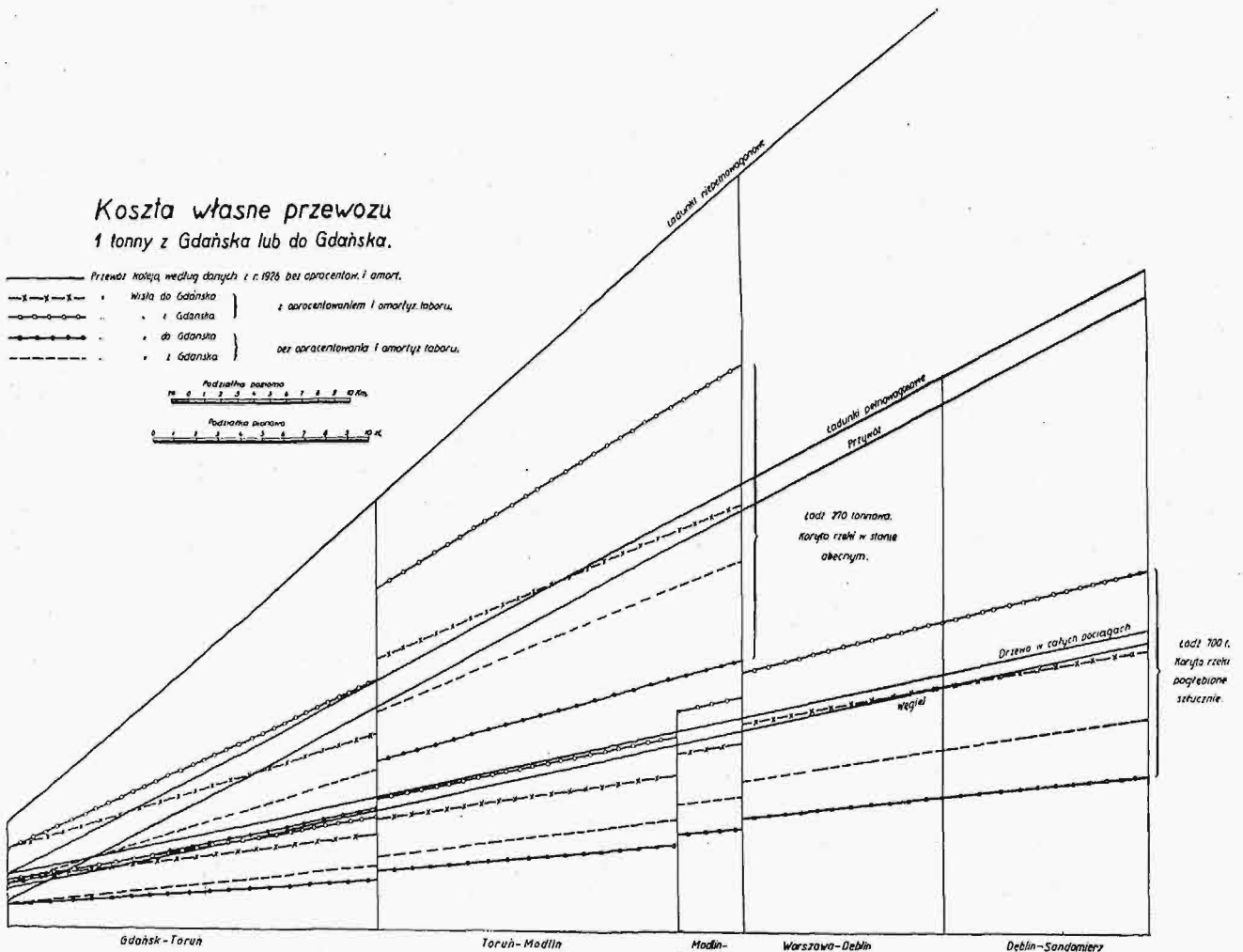
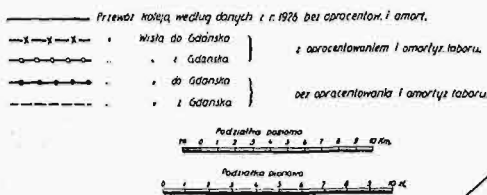
b) koszt łodzi:

Cena łodzi 175 000 złotych;

koszt roczny: utrzymanie 5% 8 750
załoga i świadczenia . . . 6 000
zarząd 600

Razem 15 350 zł.

Koszta własne przewozu 1 tonny z Gdańska lub do Gdańska.



Rys. 1. Wykres porównawczy kosztów własnych przewozu 1 tonny kolejją i drogą wodną.

1 km: 7,27 zł. (10,28 zł.) w górę, zaś 2,97 (4,22 zł.) w dół rzeki. (Cyfry w nawiasie oznaczają koszty z uwzględnieniem amortyzacji i oprocentowania).

Koszt zatem holowania pełnoładownych łodzi wypada:

$$\frac{18060}{L \times 2 \times 700} + \frac{727}{2 \times 700} + \frac{297}{6 \times 700}$$

względnie

$$\frac{33060}{L \times 2 \times 700} + \frac{1028}{2 \times 700} + \frac{422}{6 \times 700}$$

w górę rzeki

i

$$\frac{18060}{L \times 2 \times 700} + \frac{297}{2 \times 700} + \frac{727}{6 \times 700}$$

Przy 250 dniach ruchu, koszt dzienny wyniesie 61,40 złotych.

Koszt dzienny oprocentowania i amortyzacji (10%):

$$\frac{17\,500}{250} = 70 \text{ zł., razem } 131,40 \text{ złotych.}$$

Licząc wobec ulepszonych urządzeń portowych 10 dni próżnostania, otrzymamy koszt łodzi na 1 tkm:

$$\frac{10 \times 6140}{L \times 700} + \frac{6140}{50 \times 700} + \frac{6140}{120 \times 700}$$

względnie

$$\frac{10 \times 13140}{L \times 700} + \frac{13140}{50 \times 700} + \frac{13140}{120 \times 700}$$

bez ładunku po-

wrotnego, lecz przy pełnym ładunku w którąkolwiek stronę.

Stąd pełne koszty ruchu za 1 t km przy pełnym ładunku wyniosą: dnym na Wiśle, przy normalnie bowiem przyjmowanym transporcie powrotnym w wysokości 20% ładun-

	W górę rzeki	W dół rzeki
łodzie wracają próżne	$\frac{101}{L} + 0,84 \left(\frac{211}{L} + 1,36 \right)$	$\frac{101}{L} + 0,63 \left(\frac{211}{L} + 1,08 \right)$
20% powrotnego ładunku	$\frac{101}{L} + 0,81 \left(\frac{211}{L} + 1,31 \right)$	$\frac{101}{L} + 0,56 \left(\frac{211}{L} + 0,96 \right)$
50% powrotnego ładunku	$\frac{101}{L} + 0,77 \left(\frac{211}{L} + 1,23 \right)$	$\frac{101}{L} + 0,46 \left(\frac{211}{L} + 0,77 \right)$
100% powrotnego ładunku	$\frac{101}{L} + 0,69 \left(\frac{211}{L} + 1,10 \right)$	$\frac{101}{L} + 0,29 \left(\frac{211}{L} + 0,46 \right)$

Te wzory, które okazują znacznie korzystniejszy wynik niż Sympherowskie, będą miały wagę tylko na przestrzeni do Torunia, gdzie przez cały rok może być zapewniona głębokość zanurzenia 1,50 m. Powyżej Torunia możliwe jest utrzymywanie stałej głębokości do Modlina 1,40 m, a zatem ładowanie przy zanurzeniu 1,25 m, to jest 80% pełnego ładunku, poza tem przez conajmniej 2 miesiące można jeździć z pełnym ładunkiem. Da to prawie 600 t przeciętnego ładunku.

Dla przestrzeni do Modlina, przybiorą zatem współczynniki w poprzednim wzorze wartość zwiększoną o 15%.

Biorąc pod uwagę przestrzeń od Warszawy i według tego regulowany ładunek, otrzyma się przeciętny ładunek nieco poniżej 500 t, a stąd zwiększenie wartości współczynników o 30%.

Wreszcie, przedłużając ruch do Dębina (względnie Sandomierza), przy zapewnieniu głębokości ładowania 0,875 (głębokość minimalna 1 m), to jest na 50% ładunku, otrzymamy przeciętną ładęgę około 400 t, a stąd wartość współczynników zwiększoną o 43%.

Uwzględniając powyższe zmiany, otrzymamy następującą tabelę kosztów przewozu za 1 t km do Gdańska lub z Gdańska, przyczem cyfry w nawiasach oznaczają koszt ruchu wraz z amortyzacją i oprocentowaniem taboru:

Powrotny ładunek	W górę rzeki				W dół rzeki			
	0%	20%	50%	100%	0%	20%	50%	100%
Gdańsk — Toruń	1,28 (2,29)	1,25 (2,24)	1,21 (2,16)	1,13 (2,03)	1,08 (2,01)	1,00 (1,89)	0,90 (1,70)	0,73 (1,39)
Gdańsk — Modlin	1,25 (2,15)	1,21 (2,10)	1,16 (2,00)	1,07 (1,85)	1,00 (1,83)	0,92 (1,69)	0,81 (1,47)	0,62 (1,12)
Gdańsk — Warszawa	1,38 (2,37)	1,34 (2,30)	1,29 (2,20)	1,19 (2,03)	1,11 (2,00)	1,02 (1,85)	0,89 (1,60)	0,67 (1,20)
Gdańsk — Dęblin	1,45 (2,47)	1,41 (2,40)	1,35 (2,28)	1,24 (2,10)	1,15 (2,07)	1,05 (1,90)	0,91 (1,63)	0,66 (1,18)

Zestawienie to okazuje możliwość osiągnięcia bezwzględnej oszczędności przy transporcie wo-

ku powrotnego, przy transporcie w dół, a więc np. przy eksporcie węgla, można osiągnąć w kosztach ruchu 50% oszczędności, a nawet — pokrywając koszty oprocentowania i amortyzacji taboru — można pozostać poniżej granic kosztów własnych kolei. Wszelkie inne transporty, bez względu na kierunek i ilość powrotnego ładunku, mieszczą się już wraz z oprocentowaniem i amortyzacją w granicach kosztów własnych kolei, obliczonych bez oprocentowania i amortyzacji. Naturalnie, że przy zachowaniu obecnej taryfy eksportowej dla węgla w wysokości 7 zł. 20 gr. za tonnę z Zagłębia do portu, przerzucenie węgla eksportowego na wodę nie będzie możliwe, wobec dłuższej drogi przy transporcie łamanym i konieczności dodatkowego przeładunku, natomiast cały ruch węgla w obrocie wewnętrznym, jako też przewóz innych towarów masowych do Gdańska i z Gdańska mógłby być z wielką korzyścią dla rozwoju gospodarczego państwa przerzucony na wodę.

Powyższa tabela kosztów stanowi „optimum”, do którego tylko w wyjątkowo sprzyjających warunkach dojść będzie można.

Na załączonym wykresie (rys. 1) uwidocznione są koszty transportu dla łodzi 270-tonnowej przy dzisiejszym stanie rzeki i dla łodzi 700-tonnowej przy zastosowaniu ulepszeń, oraz przy założeniu 20% ładunku powrotnego. Są to niejako granice, między któ-

remi obracać się będzie rzeczywisty koszt transportu w zależności od wykonanych ulepszeń.

Sprostowanie.

W N-rze 49 z r. b. w artykule p. t. „Koszty transportu na drogach wodnych”, na str. 988, w lewym łamie, w 8-ym wierszu od góry wydrukowano:

$$\frac{2 \times 15\,960}{L \times 2 \times 270} + \frac{779}{5 \times 270} + \frac{312}{7 \times 270}$$

winno zaś być:

$$\frac{2 \times 15\,960}{L \times 2 \times 270} + \frac{779}{2 \times 270} + \frac{312}{6 \times 270}$$

W tym samym łamie, w 1 wierszu od dołu wydrukowano:

$$\frac{2 \times 15\,960}{L \times 2 \times 270} + \frac{312}{82 \times 270} + \frac{779}{6 \times 270}$$

powinno zaś być:

$$\frac{2 \times 15\,960}{L \times 2 \times 270} + \frac{312}{2 \times 270} + \frac{779}{6 \times 270}$$