

ŚLAWOMIR BURZYŃSKI

Analiza ekonomiczna doboru środków transportowych dla składnic drewna

Экономический анализ подбора транспортных средств для складов древесины

Economic analysis of the selection of transportation means for wood depots

1. WSTĘP

Dotychczasowy stopień mechanizacji prac ładunkowych w leśnictwie (20—50%) (2) świadczy o dużym zapotrzebowaniu na urządzenia transportowo-załadowcze. Szczególnie trudna sytuacja występuje na składnicach drewna, gdzie większość prac wykonuje się ręcznie. Aby udokumentować powyższe stwierdzenie, obliczono stopnie mechanizacji dla kilku przykolejowych składnic drewna o dość znacznej rocznej przepustowości (30—95 tys. m³/rok) (Iwonicz Targowiska, Dzierżoniów, Augustów i Młynary) (9, 10, 11). Okazało się, że wahają się one w granicach od 0,1 do 0,3. Podobnie jest na większości składnic w kraju. Aby poprawić obecną sytuację, przystępuje się do komasacji małych składnic przykolejowych. Zakłada się nowe i modernizuje istniejące, przystosowując je do zwiększonej przepustowości. Składnice duże, na których nastąpi koncentracja większych mas surowca drzewnego, stworzą dogodne warunki do pełnej mechanizacji wszystkich operacji transportowych.

2. CEL PRACY

Opracowanie projektu zakupu odpowiednich maszyn i urządzeń musi być poprzedzane studium ekonomicznym, które określi, jakie rozwiązanie z kilku możliwych będzie w danych warunkach najbardziej efektywne. Celem pracy jest właśnie przedstawienie takiego studium wraz z przykładem liczbowym dla konkretnej składnicy drewna.

3. ZAKRES PRACY

W pracy niniejszej omówiono dwa podstawowe zagadnienia:

- a) metodę obliczania kosztów transportu wewnętrznego oraz metodę obliczania jego efektywności ekonomicznej,
- b) tok obliczeń dwiema metodami na przykładzie składnicy drewna w Augustowie.

4. METODA OBLICZANIA KOSZTÓW TRANSPORTU WEWNĘTRZNEGO

Koszt transportu wewnętrznego (K) na składnicach drewna obejmuje: odpisy amortyzacyjne ze środków trwałych związanych z transportem (A), koszt utrzymania środków (U), koszt energii napędowej i oświetleniowej (E), koszt robocizny związanej z transportem (R), koszty ogólnozakładowe (O).

Można wyrazić to następującym wzorem:

$$K = A + U + E + R + O \quad \text{zł/rok} \quad (1)$$

Jednostkowy koszt transportu możemy obliczyć ze wzoru

$$k = \frac{K}{M} \quad \text{zł/m}^3 \quad (2)$$

przy czym: k — jednostkowy koszt transportu w zł/m³, K — roczny koszt transportu w zł/rok i M — ilość przemieszczonego drewna w m³/rok.

Scharakteryzujemy kolejno poszczególne składniki wzoru (1).

a) Koszty odpisów amortyzacyjnych A obejmują sumę odpisów od urządzeń transportowych, takich jak: suwnice, żurawie, ciągniki, przenośniki, wciągarki, oraz od obiektów towarzyszących: dróg, ramp, garaży, jezdni podsuwnicowych. Wartość odpisów amortyzacyjnych oblicza się mnożąc koszt zakupu urządzenia lub wykonania obiektu (J) przez wskaźniki odpisów na wymianę i kapitalne remonty (M), co można ująć w następujący wzór:

$$A = J_1 \cdot m_1 + J_2 \cdot m_2 + \dots + J_n \cdot m_n \quad \text{zł/rok} \quad (3)$$

b) Koszt utrzymania U obejmuje wszystkie nakłady związane z utrzymaniem sprzętu oraz obiektów towarzyszących. W skład kosztów utrzymania wchodzi: koszty remontów średnich, koszty remontów bieżących, koszty przeglądów oraz koszty konserwacji i czyszczenia.

Przy obliczaniu powyższych kosztów opierano się na wskaźnikach zawartych w tabeli opracowanej przez SBKM Bytom (1) na podstawie materiałów zebranych w zakładach przemysłowych. Przedstawione wskaźniki kosztów remontów średnich (b), remontów bieżących (c), przeglądów (d) oraz koszt konserwacji (Q) bieżącej urządzeń transportowych i obiektów towarzyszących charakteryzują więc rzeczywiste koszty ponoszone na te cele.

Koszt utrzymania obliczamy wg wzoru:

$$U = J(b + c + d) + Q \quad \text{zł/rok} \quad (4)$$

c) Koszt energii E obejmuje koszty paliw lub energii elektrycznej do napędu silników i urządzeń transportowych. Wzory do obliczania energii są następujące:

dla silników elektrycznych

$$E = D \cdot N \cdot C_e \cdot \varrho \cdot \frac{1}{\bar{u}} \quad \text{zł/rok} \quad (5)$$

dla silników spalinowych

$$E = D \cdot N \cdot a \cdot \varrho \cdot c_p \quad \text{zł/rok} \quad (6)$$

gdzie: D — efektywny czas pracy silników w roku godz./rok, N — moc silników w KW lub KM, C_e — koszt jednostki energii elektrycznej w zł/kWh, a — jednostkowe zużycie paliwa w KG/kM/h, c_p — koszt jednostki paliwa w zł/kG, ρ — współczynnik wykorzystania mocy silnika, η — współczynnik sprawności urządzeń.

Efektywny czas pracy silnika (D) można obliczyć ze wzoru:

$$D = \frac{M \cdot T_r}{60 \cdot Q \cdot k_1 \cdot Z_r} \quad \text{lub} \quad D = \frac{M (T_r + T_m) \cdot d}{60 \cdot Q \cdot k_1 \cdot Z_r} \quad \text{godz./rok} \quad (7)$$

gdzie: M — masa transportowanego drewna w m^3 /rok, T_r — czas ruchu środka transportowego w jednym cyklu w min., T_m — czas postoju środka transportowego w jednym cyklu w min., Q — ładowność środka transportowego w m^3 , k_1 — współczynnik wykorzystania ładowności, d — współczynnik wykorzystania czasu pracy środka transportowego w jednym cyklu, Z_r — liczba środków transportowych w ruchu.

d) Koszt robocizny (R) obliczamy mnożąc liczbę zatrudnionych w transporcie (i_k) przez ich roczną płacę z narzutami ubezpieczeniowymi ($r_k = 0,155$), co można zapisać wzorem:

$$R = i_k \cdot r_k \quad \text{zł/rok} \quad (8)$$

e) Koszty ogólnozakładowe (O) są kosztami utrzymania komórki transportowej na składnicach drewna. Ponieważ koszty te w obu wariantach będą zbliżone, w dalszych rozważaniach pomijamy je.

5. METODA OBLICZANIA EFEKTYWNOŚCI EKONOMICZNEJ TRANSPORTU WEWNĘTRZNEGO

Wskaźnik efektywności ekonomicznej pozwala stwierdzić, które z przedstawionych rozwiązań jest lepsze. Ta maszyna jest lepsza, dla której obliczony wskaźnik ekonomicznej efektywności E jest mniejszy. Wzór do obliczenia wskaźnika ekonomicznej efektywności E ma postać:

$$E = \frac{J \cdot \frac{1}{T} (1 + q_z \cdot n_z) + K_{st} \cdot Y}{P_{st} \cdot Z_n} \quad (9)$$

gdzie: J — jak we wzorze (3), T — graniczny czas zwrotu nakładów inwestycyjnych = 6 lat; q_z — współczynnik zamrożenia kapitałów = 0,15; n_z — liczba lat zamrożenia kapitałów; K_{st} — roczny koszt eksploatacji inwestycji w rzeczywistym okresie obliczony wg wzoru (3) bez odpisów amortyzacyjnych na wymianę; Y_n — współczynnik korygujący koszty eksploatacji; jeśli inwestycja składa się z urządzeń i obiektów o różnym okresie eksploatacji, to obliczamy go jako średnią ważoną poszczególnych pozycji $Y_n = \frac{J_i \cdot Y_n}{J_i}$;

P_{st} — roczny efekt użytkowy inwestycji, czyli roczna ilość przemieszczonego drewna (M z wzoru (2)); Z_n — współczynnik korygujący ilość przemieszczonego drewna dla urządzeń i obiektów o różnym rzeczywistym okresie eksploatacji, obliczony jak Y_n , czyli $Z_n = \frac{J_i \cdot Z_{ni}}{J_i}$.

**6. ANALIZA EKONOMICZNA DOBORU ŚRODKÓW
TRANSPORTOWO-ZAŁADOWCZYCH DLA DREWNA KRÓTKIEGO
NA SKŁADNICY W AUGUSTOWIE**

Przedstawione w p. 4 i 5 metody posłużyły do wyboru odpowiedniego urządzenia transportowo-załadowczego na placu drewna krótkiego dla składnicy w Augustowie.

Duża masa drewna (45 300 m³/rok), przywożona jako gotowe sortymenty stosowe, wymagała mechanicznego rozładunku, ułożenia w stosy i załadunku na wagony. Z powyższego wynika, że zadanie transportowe wynosi 2 × 45 300 m³/rok, czyli 90 600 m³/rok (2 oddzielne cykle transportowe).

Do wykonania tych prac zaproponowano 2 różne zespoły urządzeń: suwnice pomostowe z chwytakami do drewna, produkowane przez FAMAK Kluczbork, oraz ciągniki Zetor 5645 z żurawiami hydraulicznymi KR-2 oraz chwytakami HD-025, produkowanymi przez Zakład Urządzeń Leśnych w Slovenskiej Lupcy w Czechosłowacji. Szczegółową charakterystykę urządzeń podano w tab. 1.

Tabela 1

Dane techniczne urządzeń transportowo-załadowczych

Suwnica z chwytakiem	Ciągnik z dźwigiem i chwytakiem
udźwig — 5000 kG rozpiętość — 25,0 wys. podnoszenia — 4,5 m prędkości robocze: — jazdy suwnicy — 32 m/min. — jazdy wciągnika — 30 m/min. — podnoszenia — 8 m/min. moc zainstalowana 23,6 KW grupa mat. pracy — II chwytak o pow. chwytnej — 0,80 m ² koszt zakupu z montażem — 1.200.000 zł	ciągnik ZETOR 5645 o mocy 55—60 KM dźwig hydrauliczny HR-2 — udźwig — 450 kG chwytak HD — 025 pow. chwytana — 0,25 m ² — pojemnik VP — 3 — ładowność — 300 kg cena zakupu — 493 900 zł

Przeprowadzone obliczenia wydajności dla projektowanych schematów technologicznych transportu (11) wykazały konieczność zakupu 2 suwnic lub 3 ciągników, co przy pracy dwuzmianowej dałoby pożądaną efekt. Szczegółowe obliczenia wydajności są bardzo uciążliwe i dlatego nie zostaną tu przedstawione. Zawarte są w dokumentacji technicznej (11).

Aby dokonać wyboru między koncepcją transportu za pomocą suwnic oraz ciągników, należało obliczyć koszt transportu wg wzoru (1).

Poszczególne części składowe kosztów całkowitych obliczono następująco.

1) Koszty na wymianę i kapitalne remonty, oraz koszty utrzymania obliczono ze wzorów (3) i (4), przy czym przyjęto we wzorach aktualne ceny zakupu suwnic (z montażem) i ciągników (wg cenników przedsiębiorstw), a dla obiektów towarzyszących (drogi i podtorze) obliczono rzeczywiste koszty wykonania (wg obowiązujących cenników kosztorysowania), natomiast wskaźniki na wymianę i kapitalne remonty (m) oraz wskaźniki ko-

sztów remontów średnich (b), bieżących (c), przeglądów (d) i koszt konserwacji bieżącej (Q), suwnic i ciągników oraz dodatkowych dróg i podtorza pod suwnicę przyjęto wg tabeli sporządzonej przez SBKM Bytom (1).

Ostateczne wzory mają następującą postać:

a) wariant I (suwnica)

$$A = 2400000 (0,04 + 0,056) + 560000 (0,023 + 0,0295) = 283\ 800 \text{ zł/rok}$$

$$U = 2400000(0,0288 + 0,006) + 4800 + 560000(0,0162 + 0,02) = 117\ 840 \text{ zł/rok}$$

b) wariant II (ciągniki)

$$A = 1481700(0,10 + 0,14) + 400000(0,05 + 0,07) = 403\ 608 \text{ zł/rok}$$

$$U = 1481700(0,14 + 0,072 + 0,048) + 3600 + 400000(0,036 + 0,06 + 0,032) + 44550 = 484\ 592 \text{ zł/rok.}$$

2) Koszt energii dla obu wariantów obliczono wg wzorów (5), (6), (7):

a) wariant I

$$E = 700 \cdot 47,2 \cdot 0,9 \cdot 0,8 \cdot \frac{1}{0,96} = 24\ 780 \text{ zł/rok}$$

b) wariant II

$$E = 766,8 \cdot 180 \cdot 0,190 \cdot 0,6 \cdot 2,1 = 33\ 043 \text{ zł/rok.}$$

3) Przy obliczeniu robocizny przyjęto średnią płacę w wysokości 2000 zł/mies. Liczba pracowników obsługujących suwnice — 4 osoby, ciągniki — 6 osób.

Ostateczne wzory kosztów robocizny:

a) wariant I

$$R = 4 \times 2000 \times 12 \times 1,155 = 110\ 880 \text{ zł/ok}$$

b) wariant II

$$R = 6 \times 2000 \times 12 \times 1,155 = 166\ 320 \text{ zł/rok}$$

Całkowity koszt transportu A wyniesie więc:

a) wariant I

$$K = 283800 + 117840 + 24780 + 110\ 880 = 540\ 300 \text{ zł/rok}$$

b) wariant II

$$K = 403608 + 484592 + 33043 + 166320 = 1\ 087\ 563 \text{ zł/rok}$$

Koszt całkowity transportu dla wariantu z suwnicami jest 2 razy niższy niż wariantu z ciągnikami; świadczą o tym także jednostkowe koszty transportu, obliczone zgodnie z wzorem (2):

a) wariant I

$$K = \frac{540300}{90600} = 5,96 \quad \text{zł m}^3$$

b) wariant II

$$K = \frac{1087563}{90600} = 12,01 \quad \text{zł/m}^3$$

Przedstawione w poprzedniej metodzie obliczenia można porównać ze wskaźnikami ekonomicznej efektywności obliczonymi dla obu wariantów, zgodnie z wzorem (9). We wzorze tym nakłady inwestycyjne (J) są takie same jak w poprzedniej metodzie. Przy obliczaniu wielkości współczynnika

Y_n i Z_n dokonano korekty kosztów eksploatacji suwnic i podtorza, ciągników i dróg oraz korekty wielkości przemieszczonej masy z uwagi na ich różne rzeczywiste okresy eksploatacji. Przykładowo — okres eksploatacji suwnicy wynosi 25 lat i współczynnik $Z_{n1} = 1,0998$, a dla podtorza odpowiednio 43 lata i $Z_{n2} = 1,2747$, więc średnio ważony współczynnik $Z_n = 1,12$.

Podobnie można obliczyć Y_n i Z_n dla obu wariantów. Po podstawieniu odpowiednich danych liczbowych otrzymujemy:

a) wariant I

$$E = \frac{2960000 \cdot 1/6 (1 + 0,15 \times 1) + 431420 \cdot 1,27}{90\ 600 \cdot 1,12} = 10,9$$

b) wariant II

$$E = \frac{1881700 \cdot 1/6 (1 + 0,15 \cdot 1) + 692406 \cdot 0,8103}{90\ 600 \cdot 0,7373} = 13,84$$

Widzimy więc, że wielkości współczynników efektywności ekonomicznej potwierdzają wyższość wersji pierwszej (z suwnicami) nad drugą (z ciągnikami). Jeśli inne względy nie będą miały decydującego znaczenia, należy przyjąć do prac transportowo-załadowniczych 2 suwnice pracujące na wspólnym podtorzu.

Tabela 2

Tabela zbiorcza danych i wyników

Lp.	Wyszczególnienie	Jednostka	Wariant I (suwnica)	Wariant II (ciągniki)	Obliczenia wg wzoru lub przyjęto na podstawie pozycji literatury
1	Wielkość zadania transportowego	m ³ /rok	90600	90600	—
2	Udźwig	kG	5000	3000	(5), (11)
3	Moc zainstalowana	kW	23,6	—	(5)
4	Moc silnika	kM	—	60	
5	Koszt zakupu z montażem jednego urządzenia	tys. zł	1200	493,9	(5)
6	Ilość urządzeń potrzebna do wykonania zadania	szt.	2	3	
7	Koszt podtorza	tys. zł	560	—	(11)
8	Koszt dodatkowych dróg	tys. zł	—	400	(11)
9	Roczny koszt transportu, w tym:	tys. zł	540,3	1087,563	(1)
	— koszt na wymianę i kapitalne remonty	zł	283800	403608	(3)
	— koszt utrzymania	zł	117840	484592	(4)
	— koszt energii	zł	24780	33043	(5), (6), (7)
	— koszt robocizny	zł	110880	166320	(8)
10	Jednostkowy koszt transportu	zł/m ³	5,96	12,01	(2)
11	Wskaźnik ekonomicznej efektywności	—	10,9	13,84	(9)

7. WNIOSKI

1) Dokonywana w kraju rekonstrukcja urządzeń na składnicach drewna powinna odbywać się wg obiektywnych, ścisłych metod umożliwiających wybór wariantów o najwyższej efektywności ekonomicznej.

2) Przedstawione metody pozwalają na wybór maszyn, dla których koszt transportu wewnętrznego będzie najmniejszy. Dlatego można je stosować we wszystkich etapach projektowania, począwszy od prac studialnych — do projektu technicznego.

3) Metody te mogą być stosowane tylko wtedy, gdy istnieje możliwość porównania wskaźników różnych rozwiązań, jednakowo przydatnych pod względem technologicznym do wykonania założonego zadania.

4) Przeprowadzona analiza wykazała, że koszt jednostkowy prac transportowo-załadowniczych drewna przy użyciu suwnic, wynoszący 5,96 zł/m³, jest niższy od kosztu jednostkowego przy użyciu ciągników wynoszącego 12,01 zł/m³. Wyższość wersji pierwszej nad drugą potwierdza również porównanie wskaźników efektywności (E suwnicy = 10,9, E ciągnika = 13,84).

LITERATURA

1. Analiza ekonomiczna środków transportowych. „Problemy Transportu Wewnętrznego” CBKM Bytom, 1973.
2. Botwin M. — Metody matematyczne w leśnictwie. PWRiL, Warszawa 1970.
3. Brach J. — Problemy transportu wewnętrznego w Polsce. „Problemy Transportu Wewnętrznego” CBKM Bytom, Grupa temat. 1, nr wkładki 1.
4. Piątkiewicz A., Sobolewski R. — Dźwignice. WNT, Warszawa 1970.
5. Piórowski L., Różniewski T. — Informator środków transportu wewnętrznego CBKM Bytom, 1971.
6. Szrojt L. — Naukowe podstawy organizacji i mechanizacji prac przeładunkowo-transportowych w przemyśle. Warszawa 1968.
7. Teski S. — Techniczno-eksploatacyjny poradnik mechanizacji prac ładunkowych w transporcie. Warszawa 1963.
8. Uproszczona analiza transportu wewnętrznego. „Problemy transportu wewnętrznego” CBKM Bytom, 1973, Zał. nr 2. — Określenie stopnia mechanizacji prac transportowych.
9. Burzyński S. — Analiza ekonomiczna urządzeń transportowo-załadowniczych dla składnicy manipulacyjno-spedycyjnej w Dzierżoniowie, OZLP Wrocław, 1973. Dokumentacja BSiPLP w Łodzi.
10. Burzyński S. — Studium przeprojektowe technologii dla składnicy drewna w Iwoniczu Targowiskach, OZLP Przemyśl, 1972 r. Dokumentacja BSiPLP w Łodzi.
11. Burzyński S. — Studium przeprojektowe dla składnicy drewna w Augustowie, OZLP Białystok, 1971. Dokumentacja BSiPLP w Łodzi.

Praca wpłynęła do Komitetu Redakcyjnego 12 listopada 1973 r.

Краткое содержание

В работе представлена попытка определения способа подбора транспортно-погрузочных средств для складов древесины, путём проведения экономического анализа по методу представленному в формулах с 1 до 9.

Результаты проведённого анализа показывают пригодность метода для проектных работ. Кроме того, оказывается, что механизация погрузочных работ при использовании мостовых кранов даёт высшую экономическую производительность, чем при использовании тракторов (в приведённом примере).

S u m m a r y

The paper presents a tentative way of the selection of transportation and loading devices for wood depots on the way of economic analysis contained in formulae 1—9. Results of the analysis indicate its usefulness in designing activities. It appears, besides, that the mechanization of loading works with the aid of cranes is of a higher economic effectiveness than that with the aid of tractors (in the example cited).