

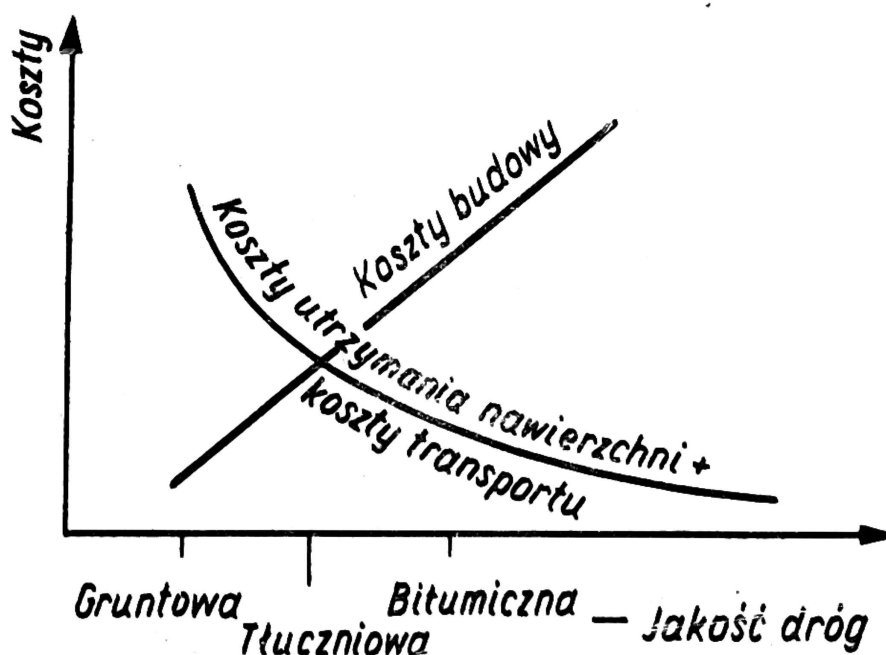
KAZIMIERZ PIENKOS

Wpływ rodzaju i jakości nawierzchni dróg na koszty transportu leśnego

Влияние типа и качества покрытия дорог на стоимость лесного транспорта

Influence of the kind and quality of road surface on the costs of forest transportation

Ustalenie wpływu rodzaju i jakości dróg na koszty transportu leśnego może stanowić podstawę do stosowania metody ekonomicznego wyboru rodzaju nawierzchni na drogach leśnych. Metoda taka powinna uwzględniać takie czynniki jak koszty budowy i utrzymania różnych rodzajów dróg (nawierzchni) oraz koszty transportu leśnego. Ogólnie można stwierdzić, że z polepszeniem jakości nawierzchni rosną koszty ich budowy, natomiast maleją koszty utrzymania i koszty transportu. Zależność tę przedstawia ryc. 1.



Ryc. 1. Zależność między kosztami budowy nawierzchni oraz kosztami utrzymania i transportu

Koszty transportu kołowego wynikają z następujących czynników:

1) stan techniczny dróg, do którego można zaliczyć rodzaje i stan nawierzchni oraz parametry geometryczne ukształtowania dróg w planie sytuacyjnym, przekroju poprzecznym i profilu podłużnym,

2) struktura i natężenie ruchu,

3) warunki klimatyczne,

4) stan psychiczno-fizyczny człowieka prowadzącego pojazd.

Ustalenie wpływu znacznej liczby czynników na koszty transportu jest zadaniem złożonym. Dotychczasowe badania, dotyczące dróg publicznych i leśnych, pozwalają dokonać ogólnej oceny wpływu rodzaju i stanu technicznego dróg na koszty transportu na podstawie analizy kształtowania się następujących kosztów:

1) amortyzacji pojazdów,

2) eksploatacji pojazdów (zużycia opon, smarów i paliwa),

3) wydajności pojazdów,

4) czasu straconego.

WPLYW RODZAJU DRÓG NA KSZTAŁTOWANIE SIĘ KOSZTÓW AMORTYZACJI POJAZDÓW

Koszty amortyzacji pojazdów (koszty ich umorzenia) zależą od trwałości pojazdów, która z kolei w znacznej mierze zależy od tego, na jakich drogach są one użytkowane.

Trwałość pojazdów w zależności od rodzaju dróg dla warunków belgijskich (1) przedstawiają dane zawarte w tab. 1.

Tabela 1

Trwałość pojazdów w zależności od rodzaju dróg

Lp.	Rodzaj pojazdu	Trwałość pojazdu w latach na drodze	
		nie zmodernizowanej (tłuczniowej)	zmodernizowanej (bitumicznej)
1	poniżej 8 kW	6	8
2	8—12 kW	7	9
3	powyżej 13,5 kW	8	10
4	ciężarowe do 2,5 t	10	13
5	ciężarowe powyżej 2,5 t	12	15
6	autobusy i autokary	15	20

Jak wynika z powyższych danych, trwałość pojazdów znacznie się przedłuża na drogach zmodernizowanych, np. dla samochodów ciężarowych powyżej 2,5 t o 3 lata, natomiast dla autobusów o 5 lat. Z danych szwedzkich wynika, że po dostosowaniu dróg do ruchu pojazdów mechanicznych czas eksploatacji samochodów ciężarowych przedłużył się o 4 lata. Przedłużenie okresu trwałości pojazdu (jego „życia”) wpływa na zmniejszenie się kosztów amortyzacji, a więc i kosztów transportu. Jeżeli dzięki ulepszaniu dróg przedłuży się trwałość pojazdu poza okres amortyzacji, wówczas powstaną z tego tytułu oszczędności. Oszczędności te praktycznie można obliczyć jako różnicę kosztów pojazdów i wartości umorzenia (amortyzacji) na drogach nie zmodernizowanych i zmodernizowanych, np. jeżeli koszty do umorzenia pewnej liczby pojazdów transportu leśnego będą wynosiły K zł oraz trwałość pojazdów na drogach nie zmodernizowanych będzie wynosiła X lat, a na drogach zmodernizowanych (ulepszonych) będzie dłuższa o y lat, to wówczas roczne koszty

do umorzenia będą wynosiły w pierwszym przypadku $\frac{K}{X}$, a w drugim przypadku $\frac{K}{x+y}$, a oszczędności $\left(\frac{K}{x} - \frac{K}{x+y}\right)$ zł.

WPLYW RODZAJU DRÓG NA KSZTAŁTOWANIE SIĘ KOSZTÓW EKSPLOATACJI POJAZDÓW

Koszty eksploatacyjne pojazdu, tj. koszty paliwa, smarów, opon, czyszczenia, konserwacji i napraw, zależne są w znacznej mierze od rodzaju i stanu dróg. Złe drogi, zwłaszcza w okresie niekorzystnych warunków wilgotnościowych, nie tylko utrudniają poruszanie się po nich pojazdów, lecz narażają je na uszkodzenia i szybsze zużywanie się poszczególnych części, jak i zwiększone zużycie smarów i paliwa.

Porównując wyniki przeprowadzonych badań można stwierdzić, że w miarę polepszania stanu technicznego dróg koszt eksploatacji maleje. Z danych włoskich (2) wynika, że koszt eksploatacji pojazdów na drogach ulepszonych (nawierzchnia bitumiczna) jest w stosunku do dróg nie ulepszonych (nawierzchnia tłuczniowa) mniejszy o 15—25%. Z danych tureckich (2) wynika, że po rozbudowie dróg (dostosowaniu ich do potrzeb mechanicznego ruchu) przeciętny czas użytkowania opon samochodów ciężarowych wzrósł o 80% przy jednoczesnym spadku średniego zużycia paliwa o ok. 47%. Wyniki badań niemieckich (2), angielskich (2) i amerykańskich (2) wskazują, że zużyte paliwa na drogach nie ulepszonych (tłuczniowych) jest o 20—50% wyższe niż na drogach ulepszonych. Różnice te będą większe przy przejściu z dróg utwardzonych do gruntowych. I tak z danych radzieckich (5) wynika, iż wzrosną one o 200—300%. Ponieważ w lasach polskich przewóz po drogach gruntowych wynosi ok. 45% transportu leśnego, wobec tego koszty eksploatacyjne pojazdów są bardzo wysokie.

WPLYW RODZAJU DRÓG NA WYDAJNOŚĆ ŚRODKÓW TRANSPORTU I ZWIĄZANE Z TYM KOSZTY TRANSPORTU

Rodzaj i stan nawierzchni wpływa w istotny sposób na wykorzystanie ładowności i prędkości pojazdów i związaną z tym ich wydajność, od której zależą koszty transportu (6).

Zależność między rodzajem i stanem nawierzchni a ładownością i prędkością pojazdów można przedstawić za pomocą równania oporów ruchu

$$189 \cdot N = G \cdot (f + i) \cdot V + 0,1 \cdot Q \cdot V + \frac{\alpha \cdot s \cdot V^3}{13}$$

gdzie:

N — moc silnika w kW

G — masa samochodu brutto w kg (N)

f — współczynnik oporu potoczystego zależny od rodzaju nawierzchni

i — pochylenie w %

V — prędkość pojazdu w km/godz.

$\alpha \cdot s$ — współczynnik zależny od kształtu α i powierzchni s oporu samochodu, który dla samochodów ciężarowych wynosi 0,3

Q — wielkość ładunku

Z powyższego wzoru można obliczyć ładowność i prędkość pojazdów w zależności od rodzaju nawierzchni (współczynnika f).

Przyjmując do obliczeń samochód ciężarowy o mocy $N=75$ kW, masie własnej netto $G=6000$ kg, $i=0$, $\alpha \cdot s=0,3$ otrzymamy, że na drodze piaszczystej ($f=0,17$) przy prędkości jednostajnej $V=20$ km/godz. jest on w stanie pokonać tylko opory podczas ruchu bez ładunku, natomiast na drodze żwirowej ($f=0,05$) pojazd jest już w stanie przewieźć ładunek (przy tej samej prędkości) o wielkości ok. 11 t, oczywiście, jeżeli konstrukcja pojazdu pozwoli na przewóz takiego ładunku. Ten prosty przykład wskazuje, że ulepszenie dróg pozwala na wykorzystanie pełnej ładowności pojazdów i związanej z nią ich wydajności.

Podobnie można wykazać, jak w zależności od rodzaju nawierzchni (współczynników oporu f) kształtują się prędkości pojazdów i związane z nimi wydajności transportowe. W tab. 2 przedstawiono wyniki obliczeń prędkości pojazdu próżnego (V_1) i załadowanego (V_2) przy założeniu ładowności pojazdu 7 t, tj. łącznej masy pojazdu z ładunkiem $G=13$ t. Prędkości średnie obliczono z wzoru

$$V_0 = \frac{2 \cdot V_1 \cdot V_2}{V_1 + V_2}$$

Z danych przedstawionych w tab. 2 wynika, że najbardziej istotny wzrost prędkości samochodu zaznacza się przy przejściu od drogi piaszczystej lub gliniastej do drogi z nawierzchnią gruntową ulepszoną (miejszanka gliniastopiaskowa lub żwirowa). Możliwość zwiększenia prędkości pojazdów — dzięki ulepszaniu dróg — przyniesie korzyści wynikające z oszczędności czasu wywozu z lasu pozyskiwanej masy drewna.

Zależność prędkości samochodu od rodzaju nawierzchni

Lp.	Rodzaj nawierzchni	Współ- czynnik oporu potoczys- tego	Prędkość pojazdu km/godz.		Średnia prę- d- kość km/godz.
			załado- wanego	próznego	
1	2	3	4	5	6
1	piaszczysta	0,17	8	18	11,1
2	gliniasta (mokra)	0,15	10	20	13,3
3	gruntowa ulepszona	0,06	24	46	31,5
4	gruntowa z nawierzchnią żwirową	0,05	28	52	36,4
5	brukowana (kamień polny)	0,04	35	39	43,9
6	tłuczniowa	0,03	44	67	53,1
7	bitumiczna (smołowa)	0,025	50	71	58,7
8	asfaltobeton	0,020	56	75	64,1

Do wyrażenia tych korzyści można dojść przez wykazanie zwiększonej wydajności jednostek transportowych i wynikające stąd zmniejszone zapotrzebowanie na liczbę pojazdów niezbędnych do wywiezienia z kompleksu leśnego określonej masy drewna.

Wydajność (W) jednostki transportowej wyraża się wzorem

$$W = n \cdot q$$

gdzie:

$$n = t : (t_1 + t_2 + 2L V_0^{-1})$$

$$n = t : (t_1 + t_2 + 2L V_0^{-1})$$

n — liczba kursów załadowanego pojazdu,

t — liczba godzin pracy na dobę,

$t_1 + t_2$ — sumaryczny czas potrzebny na załadunek i wyładunek przewożonego surowca,

L — średnia odległość przewozowa ładunków wywożonych z danego kompleksu leśnego,

q — ładowność pojazdu w tonach,

V_0 — prędkość średnia w km/godz.

Liczbę pojazdów transportowych (p) potrzebnych do wywiezienia określonej masy drewna z kompleksu leśnego można obliczyć z wzoru

$$p = \frac{Q}{W \cdot T}$$

gdzie:

Q — wielkość ładunku przeznaczonego do wywozu w t lub m^3

W — wydajność dzienna samochodu w t lub m^3

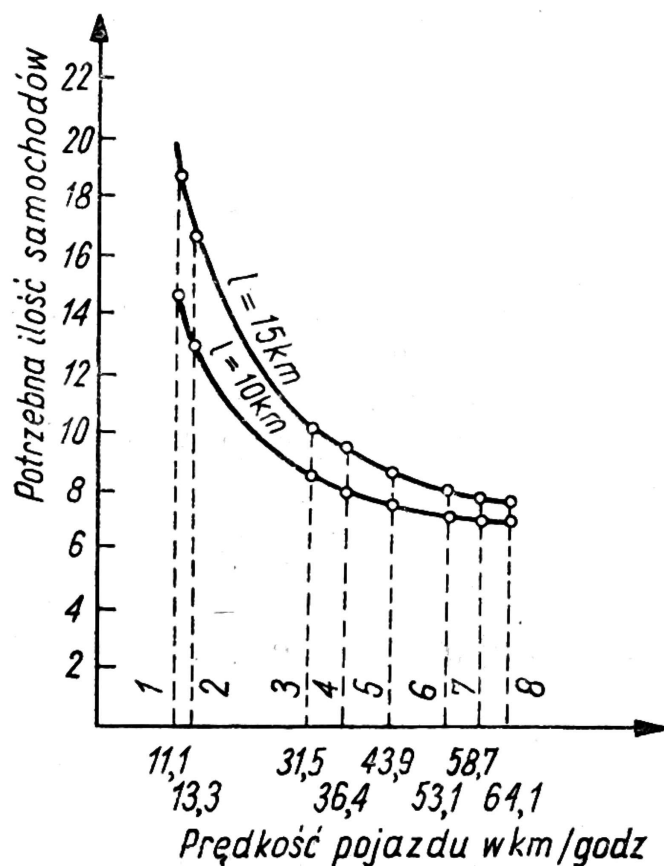
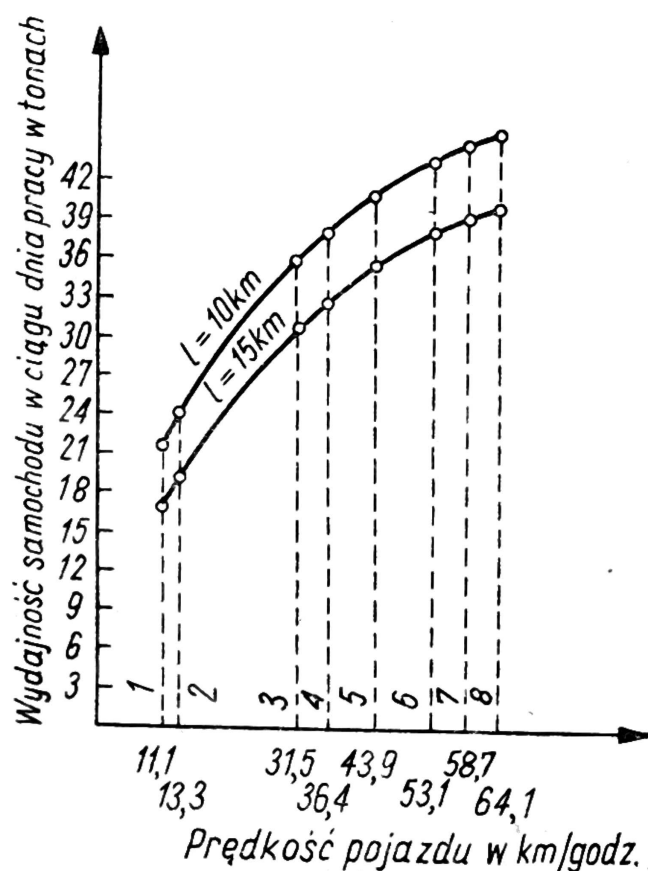
T — liczba dni wywozu w ciągu roku.

Na podstawie powyższych wzorów dokonano obliczenia wydajności i potrzebnej liczby samochodów przy następujących założeniach:

$t = 8$ godz., $t_1 + t_2 = 1$ godz., $L = 10$ i 15 km, V_0 — dane z tab. 2, $q = 7$ t, $Q = 30\,000$ t, $T = 110$ dni.

**Obliczenie wydajności dziennej oraz potrzebnej liczby samochodów
przy różnych rodzajach dróg**

Lp.	Rodzaj drogi (nawierzchni)	Średnia prę- d- kość km/godz.	Wydajność na dobę i potrzebna liczba samochodów przy odległości			
			10 km		15 km	
			wydaj- ność w tonach	liczba samo- chodów	wydaj- ność w tonach	liczba samo- chodów
1	piaszczysta	11,1	19,6	14	15,4	18
2	gliniasta	13,3	22,4	12	16,8	16
3	gruntowa ulepszona (miesz. opt.)	31,5	34,3	8	28,7	10
4	żwirowa	36,4	35,7	8	30,8	9
5	brukowana	43,9	38,5	7	33,6	8
6	tłuczniowa	53,1	40,6	7	35,7	8
7	bitumiczna o naw. smołowej	58,7	42,0	6	37,1	8
8	asfaltobeton	64,1	42,7	6	37,8	7



Ryc. 2. od lewej: Wydajność pojazdu w zależności od rodzaju nawierzchni drogi: 1 — piaszczysta, 2 — gliniasta, 3 — gruntowa utwardzona, 4 — żwirowa, 5 — brukowcowa, 6 — tłuczniowa, 7 — smołowana, 8 — asfaltobetonowa

Ryc. 3. Potrzebna liczba samochodów w zależności od rodzaju drogi

Wyniki obliczeń przedstawiono w tab. 3 oraz na ryc. 2 i 3. Dane te wskazują, że w miarę ulepszania drogi wydajność pojazdów wzrasta, a ich liczba potrzebna do wywiezienia tej samej masy drewna maleje.

Największy przyrost intensywności wydajności pojazdów i związane z tym zmniejszone zapotrzebowanie na ich liczbę następuje przy przejściu z dróg piaszczystych lub gliniastych do dróg z nawierzchnią gruntową utwardzoną. Dalsza zmiana nawierzchni nie ma już tak istotnego wpływu na wydajność pojazdów. Z powyższego wynika jak ważne jest ulepszanie dróg gruntowych naturalnych.

Z danych przedstawionych w tab. 3 wynika, że przy średniej odległości przewozowej $L=10$ km zapotrzebowanie na samochody po ulepszeniu drogi piaszczystej zmniejszy się z 14 do 8, tj. o 43%. Przy 8-godzinnym dniu pracy w ciągu 110 dni przynosi to 5280 godzin oszczędności pracy pojazdów mechanicznych. Po pomnożeniu tej liczby godzin przez godzinowy koszt pracy samochodu otrzymamy konkretne oszczędności. W skali kraju byłyby to kwoty sięgające milionów złotych.

WPLÝW STANU TECHNICZNEGO DRÓG NA KOSZTY WYNIKAJĄCE ZE STRATY CZASU POJAZDÓW PODCZAS RUCHU

Należy podkreślić, że zły stan dróg może być przyczyną straty czasu ruchu pojazdów na skutek zwiększonej liczby przebieg opon i dętek. Również nieodpowiednie parametry geometryczne dróg przyczyniają się do wielu wypadków. Z danych belgijskich (1) wynika, że wartość zaoszczędzonego czasu na drodze publicznej zmodernizowanej w porównaniu z drogą nie zmodernizowaną na pojazdokilometr wynosi 0,083 fr., a ze zmniejszonej liczby wypadków oszczędność ta wynosi 0,022 fr.

ŁĄCZNY WPLÝW CZYNNIKÓW WYNIKAJĄCYCH ZE STANU TECHNICZNEGO DRÓG NA KOSZTY TRANSPORTU

Przeprowadzona analiza zależności kosztów transportu od poszczególnych czynników stanu technicznego dróg pozwala stwierdzić, że ulepszenie nawierzchni oraz parametrów geometrycznych dróg może przyczynić się do znacznych oszczędności w transporcie leśnym.

Według badań IBL (3) wydajność samochodu Praga V3S jest wyższa o 90% na drogach utwardzonych niż gruntowych, natomiast koszty przewozu 1 m³ drewna (dla odległości 20 km) niższe o 21%.

Przykładem dużego wpływu stanu dróg na koszty transportu leśnego są dane amerykańskie (4) przedstawione w tab. 4.

Z danych tych wynika, że dzięki ulepszeniu dróg można osiągnąć znaczne obniżenie kosztów transportu leśnego, np. stosunek kosztów transportu na drodze gruntowej wzmocnionej dobrze utrzymanej i na drodze gruntowej nie utrzymanej wynosi jak 1:2, czyli po ulepszeniu drogi gruntowej naturalnej nastąpiło dwukrotne obniżenie kosztów transportu.

**Kształtowanie się kosztów transportu leśnego
w zależności od rodzaju drogi**

Kategoria drogi (rodzaj nawierzchni)	Przeciętna prędkość ‰	Zużycie paliwa ‰	Koszty stałe ‰	Koszt całkowity ‰
VII asfaltobeton	100	100	100	100
VI bita (tłuczniowa) dobrze utrzymana	76	111	135	123
V bita (tłuczniowa) średnio utrzymana	52	135	220	161
IV gruntowa wzmocniona dobrze utrzymana	25	165	400	282
III gruntowa średnio utrzymana	19	188	528	357
II gruntowa droga nie utrzymana	11	265	893	579
I szlak zrywkowy	6	341	1660	1000

Przedstawiona analiza zależności kosztów transportu od stanu technicznego dróg wskazuje na konieczność wprowadzenia do cenników kosztów transportu leśnego czynników uwzględniających w znaczniejszym stopniu niż dotychczas warunki transportu wynikające ze stanu dróg. Istniejące różnice w cenach przewozu w zależności od stref trudności nie odpowiadają rzeczywistym różnicom kosztów transportu ponoszonym na drogach wywozowych ulepszonych i na drogach gruntowych naturalnych (w złym stanie).

LITERATURA

1. Chrostowska H.: Uzasadnienie ekonomiczne inwestycji drogowych w Belgii. Now. Tech. Drog. 1963 z. 20.
2. Dąbrowski W.: Efektywność budowy i modernizacji różnych rodzajów nawierzchni drogowych. Probl. Proj. Dróg, Mostów i Zapl. Techn. Mot. 1963 nr 3.
3. Gecow R.: Zależność kosztów transportu drewna od rodzaju i jakości nawierzchni oraz warunków technicznych dróg leśnych. Sylwan 1972 R. 116 nr 11.
4. Mathews M.D.: Cost control in the logging industry. 1942.
5. Mošonkin N., Komorovskaja A., Počnikov S.: Ekonomičeskoe obosnovane tipov doroznyh odiežd. Les. Prom. 1965 nr 10.
6. Pieńkos K.: Wpływ różnych rodzajów nawierzchni dróg leśnych na wydajność środków transportowych. Sylwan 1960 R. 104 nr 12.

Praca wpłynęła do Komitetu Redakcyjnego 30 stycznia 1983 r.

Краткое содержание

На основании анализа расходов амортизации, эксплуатации и производительности машин, автор представляет влияние типов покрытия дорог на формирование стоимости лесного транспорта. Из анализа вытекает, что продолжительность эксплуатации грузовых автомашин при усовершенствовании щебеночного покрытия битумным ковриком, возрастает на 3 года, а стоимость эксплуатации (изнашивание покрышек, расход смазочных масел, топлива) уменьшается на около 50%. Эти различия ещё значительные при сравнении стоимости эксплуатации машин на грунтовых дорогах и с битумным покрытием достигают до 300%. Тип покрытия имеет также существенное влияние — с точки зрения сопротивления движению — на возможность перевозки на машине количества груза, а также развития скорости.

Из расчетов вытекает, что машина весом 6 тонн, при скорости 20 км/час в состоянии преодолеть на песчаной дороге только сопротивление движению, в то время как при твердом покрытии (гравий) перевезет груз весом 11 тонн. При постоянном грузе, равняющемся 7 тонн, разница скорости машин на вышепредставленных дорогах будет 3-кратная.

Рассматривая в сумме все факторы (расходы амортизации, эксплуатации и производительности машин) разница в стоимости лесного транспорта на грунтовой и твердой дороге равняется около 200%.

Определение влияния типа и качества дорог на стоимость лесного транспорта может быть основанием для применения экономического метода выбора типа покрытия. Такой метод должен учесть, кроме стоимости транспорта, также стоимость строительства и эксплуатации разных типов покрытия.

Summary

On the base of an analysis of the costs of amortization, exploitation and capacity of vehicles, the author presents the influence of the kinds of road surface on the formation of the costs of forests transportation. It results from the analysis that the life of trucks after the improvement of macadam with a bituminous blanket increases by 3 years, and the exploitation costs (wear of tyres, consumption of greases and fuel) decreases by about 50%. These differences are greater when one compares the costs of exploitation of vehicles on soil-surfaced road and on bituminous pavement, because they range up to 300%. The kind of the surface has also a significant influence — from the point of view of resistance to motion — on the possibility of transportation by the vehicle of greater loads and on the development of speed.

It results from the calculations that a truck weighing 6 tons can on a sandy road at speed 20 km/h negotiate only the resistance to motion, whereas on a gravel surface it can carry a load weighing 11 tons. At a constant load, equal to 7 t, the difference of the speed of the truck on above mentioned roads will be triple.

When one takes into account all factors (costs of amortization and exploitation, capacity of vehicles), the difference of the costs of forest transportation on soil-surfaced road and on gravel surface amounts to about 200%.

The determination of the influence of the kind and quality of roads on the costs of forest transportation can be the base for an economic method of the choice of kind of road surface. This method should take into consideration, beside the costs of transportation, also the costs of building and maintenance of various kinds of road surface.