

EFEKTY TECHNICZNO-EKONOMICZNE ZASTOSOWANIA MODYFIKOWANYCH SOSNOWYCH PODKŁADÓW KOLEJOWYCH

Witold Aramowicz

Zakłady Produkcji i Nasycania Podkładów Kolejowych Zarząd w Gdańsku

WSTĘP

Przedmiotem opracowania jest ustalenie wpływu zastosowania w skali przemysłowej modyfikowanych podkładów sosnowych na wyniki techniczno-ekonomiczne odbiorcy i producenta wyrobu.

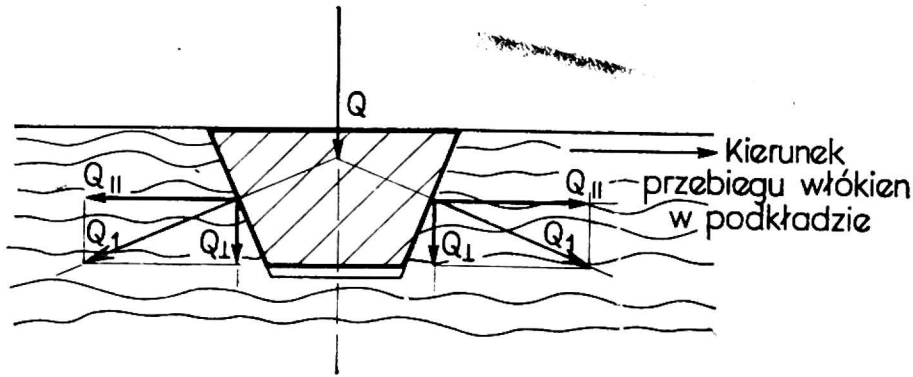
Zmodyfikowanie podkładu polega na:

- 1) wzmocnieniu części podszynowej (zwiększeniu wytrzymałości) według patentu PRL 100 999 oraz
- 2) większe uodpornienie na działanie czynników biotycznych przez nasycenie części wewnętrznej podkładów modyfikowanym olejem impregacyjnym według zgłoszenia patentu nr P-185 967.

Autorem obu rozwiązań i właścicielem patentów jest Instytut Mechanicznej Technologii Drewna Akademii Rolniczej w Poznaniu.

ISTOTA ROZWIĄZAŃ

Rozwiązanie pierwsze polega na zastosowaniu wkładek z lignomeru odpowiednio rozmieszczonych pod podkładką podszynową [6]. Boczne płaszczyzny wkładek są pochylone pod odpowiednio dobranym kątem, co powoduje najkorzystniejszy rozkład siły Q działającej prostopadle do płaszczyzny górnej podkładu na składowe Q_1 działające równoległe do włókien drewna (rys. 1). W rozwiązaniu tym w większym stopniu wykorzystano specyficzne właściwości drewna. Wiadome jest że drewno ma najwyższą wytrzymałość na ściskanie wzdłuż włókien i tak np. drewno sosnowe ma ok. 6-krotnie wyższą wytrzymałość podłużną niż wytrzymałość prostopadłą do włókien. Przy tym wytrzymałość na ściskanie wzdłuż włókien drewna sosnowego jest wyższa od wytrzymałości na ściskanie prostopadle do włókna drewna trwardego — w stosunku do drewna bukowego ok. 5-krotnie, a w stosunku do drewna dębowego ok. 4-krotnie.



Rys. 1. Zmiana kierunku działania siły naporu Q na składowe działające równoległe do włókien Q_{II} spowodowane umieszczeniem wkładki pod podkładkę podszynową

Rozwiązanie drugie (P-185-967) polega na dodaniu w odpowiedniej proporcji do stosowanego oleju impregnacyjnego, środków powodujących głębsze wnikanie oleju a nawet przesyconie twardzieli w drewnie sosnowym oraz nasyceniu drewna w odpowiednio dobranym procesie technologicznym.

Dotychczas nie udało się przesycać twardzieli w drewnie sosnowym, powszechnie stosowanym w świecie olejem impregnacyjnym, mimo stosowania wysokich ciśnień w procesie nasycania [4, 9].

Na skutek nieprzesycenia znacznej części drewna (do 50% masy), pęknięcia podkładu w torze powoduje odsłonięcie części nie nasyconej i szybkie gnicie [3, 9]. Trwałość drewna sosnowego nie nasyconego wynosi 5-6 lat.

Powyższe rozwiązania znajdują w pełni zastosowanie również w podrozdnicach i innych elementach nawierzchni z drewna sosnowego.

WYNIKI BADAŃ

Wpływ zastosowania wkładek wzmacniających na wzrost wytrzymałości i trwałości podkładów i podrozdnic został przebadany laboratoryjnie [5, 6] przez Instytut Mechanicznej Technologii Drewna AR w Poznaniu oraz COBiRTK jak również w torach kolejowych na partii doświadczalnej w okresie 1-1,5-roczonej eksploatacji [2]. COB przeprowadził również dodatkowe badania laboratoryjne na podkładach wyjętych z toru po rocznym okresie eksploatacji. Okazało się, że roczny okres eksploatacji przy obciążeniu do 20 mln t jest niewystarczający do oceny wyników, natomiast podrozdnicze znajdowały się w eksploatacji 1,5 roku i przeszły obciążenie 50 mln t. Z uwagi na zastosowanie tego samego rozwiązania w podrozdnicach wyniki tych badań można odnieść do podkładów. Uzyskano bardzo pozytywne wyniki w parametrach rzutujących na mechaniczną trwałość podkładów (podrozdnic) w porównaniu z dotychczas stosowanymi.

— zagłębienie podkładki w warunkach eksploatacyjnych jest 2,5 razy mniejsze po obciążeniach 40 mln t i 3,6 razy mniejsze po obciążeniach 50 mln t,

— zagłębienie podkładki pod działaniem siły statycznej 20 T jest 2,4-3 razy mniejsze, a pod działaniem 25 T jest mniejsze 2,8-3,6 razy.

— zagłębienie podkładki na głębokość 13 mm pod obciążeniem dynamicznym uzyskano w podkładach dotychczas stosowanym po 1,5 mln cykli, a na podkładach modyfikowanych wkładkami po 9 mln cykli t tj. 6-krotnie wyższym obciążeniu (wynik na podkładach wyjętych z toru po rocznym okresie eksploatacji).

Uzyskano również korzystniejsze wyniki w stabilizacji prześwitu toru, zdolności utrzymywania wkręta, oporności elektrycznej i odporności na pękanie.

Przeprowadzone badania wykazały, że podkłady sosnowe wzmocnione wkładkami w strefie podparcia szyn dorównują wytrzymałości podkładom z drewna twardego.

Drugie rozwiązanie, jak podano wyżej, zmierza do zwiększenia trwałości poprzez zwiększenie odporności na działanie czynników biotycznych, drogą nasycenia części drewna dotychczas nie dających się nasycić tj. środka podkładu.

W wyniku przeprowadzonych badań w IMTD AR w Poznaniu uzyskano przesylenie na całym przekroju podkładu sosnowego łącznie z twarzią, natomiast COBiRTK zbadał właściwości tego modyfikowanego oleju impregnacyjnego pod kątem przydatności eksploatacyjnej [7].

W wyniku badań stwierdzono, że olej zmodyfikowany nie wpływa w istotny sposób na zmianę korozji, nie zwiększa nasiąkliwości drewna nasyczonego, nie obniża oporności elektrycznej i nie obniża temperatury pojawienia się kryształów. Z uwagi na obniżenie się temperatury zapłonu konieczne jest dostosowanie do tych wymagań procesu nasycenia i instalacji technologicznej.

TRWAŁOŚĆ PODKŁADÓW

TRWAŁOŚĆ EKSPLOATOWANYCH PODKŁADÓW

Na podstawie badań i publikacji [2] można stwierdzić, że w obecnych warunkach eksploatacyjnych w Polsce średnia trwałość podkładów sosnowych wynosi 16 lat (wartość najniższa 12,5, wartość najwyższa 18,5 lat), natomiast średnia trwałość drewnianych podkładów twardych (dębowych i bukowych) wynosi 25-30 lat [4].

TRWAŁOŚĆ PODKŁADÓW MODYFIKOWANYCH

Badania przeprowadzone w ZSRR, USA, Japonii i Australii [1, 9-11] wykazały, że ilość zużytych podkładów w torze z powodu występowania zgnilizny wynosi 42,8-61,7%, a w wyniku działania czynników mechanicznych 30-57,2%, w tym wgłębienie podkładek 10,4-23,3%, pęknięć 18,5-34,0%. Z tych przyczyn (bezpośredni wpływ czynników biotycznych, mechanicznych i wzajemnego ich powiązania) „wypada” z toru średnio ok. 95% podkładów. Obniżenie stopnia wpływu poszczególnych czynników przyczynia się bezpośrednio do podniesienia średniej trwałości podkładów.

Uwzględniając powyższe, można ustalić wpływ zwiększenia średniej trwałości podkładów w zależności od stopnia obniżenia udziału poszczególnych czynników w wyniku zmodyfikowania wyrobów według następującego wzoru:

$$n_w = n_o + n_o \frac{k_1 + k_2 + k_3}{100} \quad (1)$$

gdzie:

n_w — średni przewidywany okres użytkowania podkładów o zwiększonej trwałości (modyfikowanych),

n_o — średni okres użytkowania dotychczas stosowanych podkładów określonej grupy,

k_1, k_2, k_3 — procentowe zmniejszenie (w przypadku zwiększenia znak minus) udziału głównych czynników wpływających na zużycie podkładu. Czynniki, których wpływ nie ulegnie zmianie — pomija się.

Uwzględniając wyniki badań i publikacje na temat czynników wpływających na trwałość podkładów przyjmuje się:

k_1 — procentowe zmniejszenia wpływu czynnika biotycznego (gnicia) na trwałość podkładów,

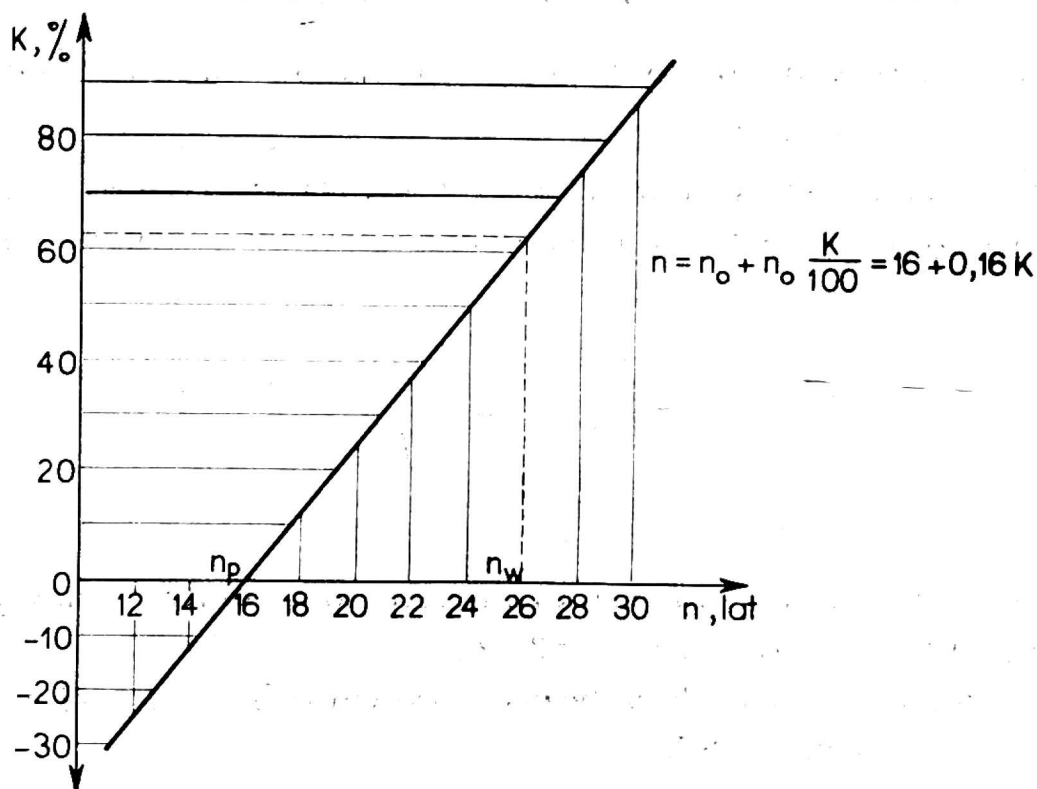
k_2 — procentowe zmniejszenia wpływu czynników mechanicznych w tym:

$k_{2,1}$ — zagłębienie podkładki,

k_3 — procentowe zmniejszenia wpływu czynników wzajemnie wiążących się (gnicie — zużycie mechaniczne i odwrotnie).

Wpływ udziału sumy czynników na trwałość podkładów (okres użytkowania) pokazano na rysunku 2.

W konkretnym przypadku uwzględniając wyniki badań modyfikowanych podkładów oraz granice wpływu poszczególnych czynników według badań światowych [1, 9-11] przyjmuje się:



Rys. 2. Trwałość (okres użytkowania) podkładów zmodyfikowanych w zależności od obniżenia czynników wpływających na ich zużycie

k_1 — 25% (wymiana w granicach 42,8-61,7%),

k_2 — 25% (wymiana w granicach 30,0-37,2),

k_3 — 15% (badanie przeprowadzone w ZSRR kwalifikują 36,2% podkładów),

n_o — 16.

Suma k wynosi 65% co oznacza, że w wyniku zmodyfikowania podkładu przez zastosowanie wkładek wzmacniających i nasycenie olejem na całym przekroju zmniejszy się wpływ czynników niszczących podkład o 65%, w tym czynniki biotyczne o 25%, mechaniczne o 25% i wzajemnie wiążące się o 15%. Stąd średni okres użytkowania podkładów modyfikowanych wyniesie 26 lat.

Uzyskany wynik jest również dolną granicą trwałości podkładów z drewna twardego.

Wobec potwierdzenia badaniami [5, 6], że modyfikowany podkład sosnowy dorównuje w zasadniczych parametrach podkładom z drewna twardego, obliczony wynik jest miarodajny, gdyż mieści się w dolnej granicy trwałości podkładów z drewna twardego.

EFEKTY UZYSKANE PRZEZ ODBIORCĘ Z TYTUŁU PRZEDŁUŻENIA
OKRESU UŻYTKOWANIA PODKLADÓW SOSNOWYCH NORMALNOTOROWYCH

Obniżenie rocznych kosztów zwrotu nakładów zakupu podkładów

Efekty roczne z tytułu przedłużenia okresu użytkowania podkładów sosnowych modyfikowanych w wyniku zastosowania wkładek wzmacniających i przesycenie podkładu na całym przekroju oblicza się według wzoru [8]:

$$E_1 = \left(\frac{c_o}{n_o} - \frac{c_w}{n_w} \right) \vartheta \quad (2)$$

gdzie:

c_o — cena zbytu nie zmodyfikowanych podkładów sosnowych nasyconych olejem i zapłytowanych = 624 zł/szt.,

n_o — średnia trwałość dotychczas stosowanych nie zmodyfikowanych podkładów sosnowych = 16 lat,

c_w — przewidywana (wg kalkulacji wstępnej) cena fabryczna podkładów modyfikowanych = 829 zł/szt.,

n_w — średnia przewidywana trwałość podkładów modyfikowanych,

ϑ — przeciętna ilość wbudowanych podkładów (wielkość produkcji rocznej) w resorcie komunikacji = 3 mln szt.

Efekty w skali rocznej w wyniku przedłużenia czasu użytkowania modyfikowanych podkładów sosnowych wynoszą 21,4 mln zł.

Zmniejszenie ilości napraw i pojedynczej wymiany podkładów w torze w stosunku rocznym ϑ_w oblicza się według wzoru:

$$\vartheta_w = \frac{\vartheta}{n_o} - \frac{\vartheta}{n_w} \quad (3)$$

gdzie:

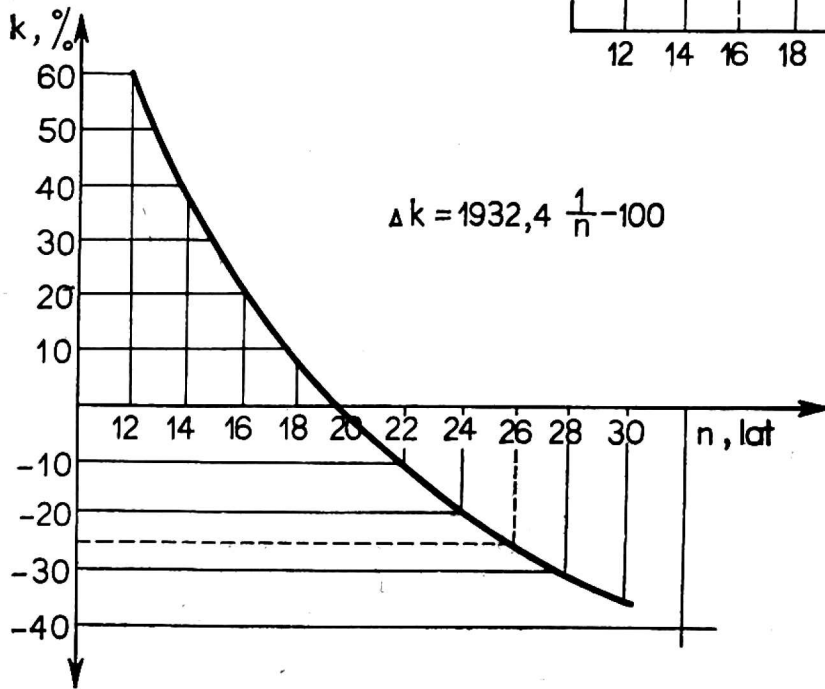
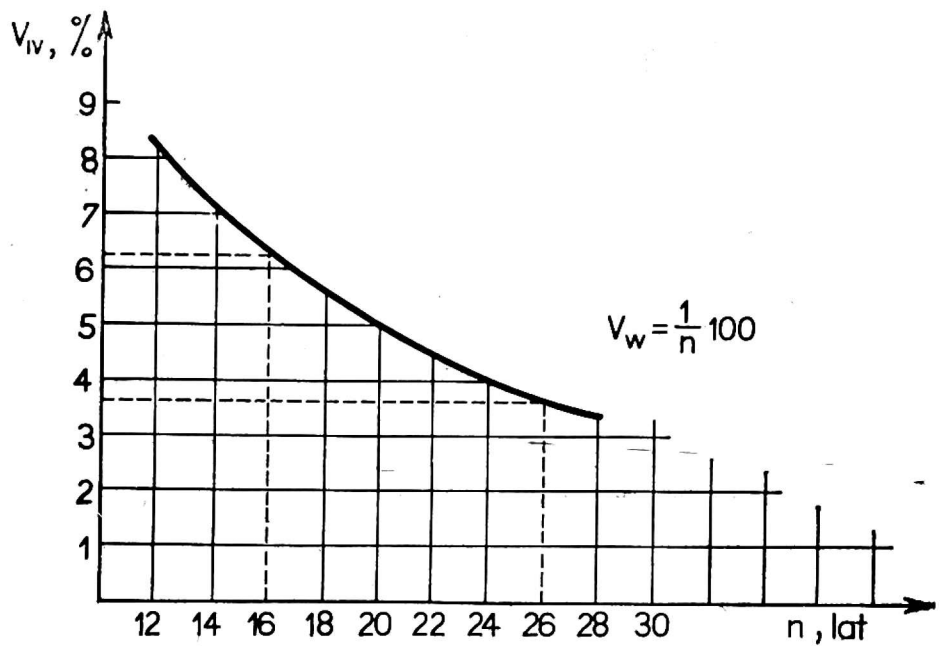
ϑ — przeciętna wielkość produkcji podkładów drewnianych sosnowych dla resortu komunikacji (przeciętna ilość wbudowanych w roku podkładów — 3 mln sztuk),

n_o — średni dotychczasowy okres użytkowania podkładów — 16 lat,

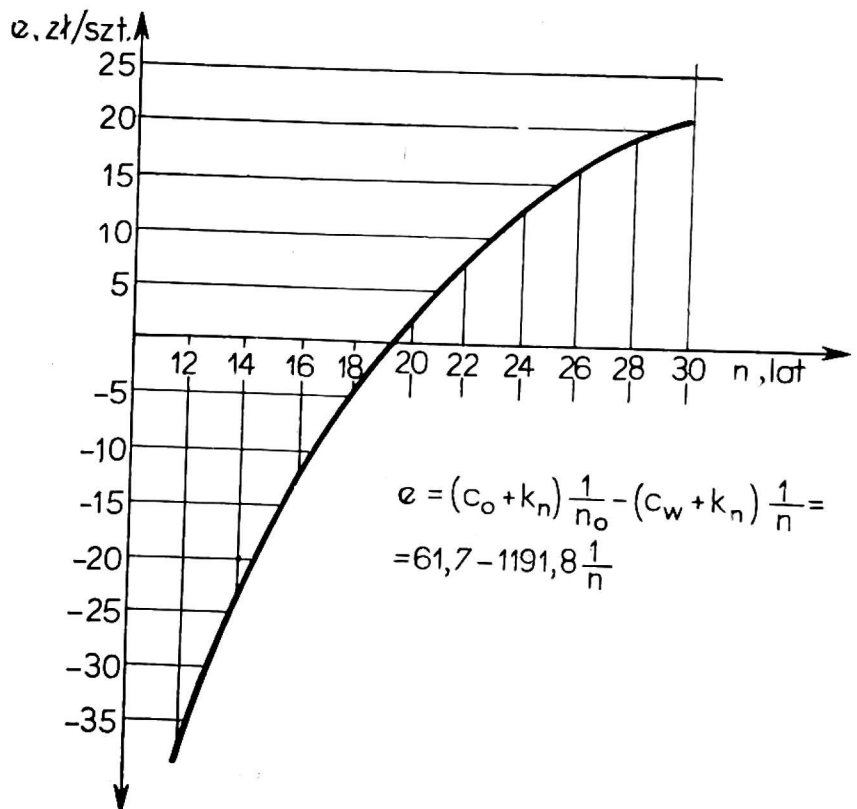
n_w — średni przewidywany okres użytkowania podkładów po wdrożeniu wynalazków — 26 lat.

Zmniejszenie ilości napraw i wymiany wyniesie w stosunku rocznym 72,12 tys. szt. podkładów. Z powyższych wyliczeń i z rysunku 3 wynika również, że rocznie, przy trwałości 16 lat, poddaje się naprawie i wymianie 6,25% (187,5 tys.) podkładów wbudowanych, natomiast zmodernizuje się, przy trwałości 26 lat, 3,8% tj. 115,4 tys. szt.

Rys. 3. Ilość podkładów do wymiany w zależności od ich trwałości (średniego okresu użytkowania)



Rys. 4. Kształtowanie się kosztów podkładów zmodyfikowanych i ich utrzymania w zależności od średniego okresu użytkowania



Rys. 5. Efekty uzyskane przez odbiorcę w zależności od okresu użytkowania podkładów zmodyfikowanych

Efekt z tytułu zmniejszenia kosztów utrzymania podkładów wyliczony z zależności: $E_2 = \vartheta_w \cdot k_n$ wynosi w zaokrągleniu 26,1 mln zł.

Kształtowanie się kosztów podkładów zmodyfikowanych i ich utrzymania w zależności od okresu użytkowania przedstawiono na rysunku 4, natomiast — efektów na rysunku 5.

OBLICZANIE KOSZTÓW UTRZYMYWANIA

Zestawienie ważniejszych kosztów jednostkowych (bez wartości podkładów) związanych z utrzymaniem podkładów kolejowych w torze [8]

	R	M	S
Pojedyncza wymiana podkładów (tablica 1106 f)	26,40	0,90	0,70
Transport podkładów na średnią odległość 100 km (tablica 0301 d, po przeliczeniu na 1 szt. i 100 km)	16,21	—	5,71
Naprawa podkładów w torze (tablica 1109 d)	23,40	39,90	0,30
Zabezpieczenie i wzmocnienie opaską końców podkładów (tablica 1110 e)	10,10	6,40	0,10
	<u>76,11</u>	<u>47,20</u>	<u>6,81</u>
Narzut 120% do R i S (Zarządzenie nr 47 MB i PMB z dnia 31.12. 1975 r.)	91,33	—	8,17
	<u>167,44</u>	<u>47,20</u>	<u>14,98</u>
Ogółem		229,62	
Współczynnik — 1,58 (Zarządzenie nr 47 MBiPMB z dnia 28.9. 1978 r.)		362,80	

Koszt napraw i pojedynczej wymiany k_n wynosi 362,80 zł/szt.

ZESTAWIENIE ROCZNYCH EFEKTÓW UZYSKANYCH PRZEZ ODBIORCÓW Z TYTUŁU PRZEDŁUŻENIA OKRESU UŻYTKOWANIA PODKŁADÓW SOSNOWYCH

1. Obniżenie kosztów zwrotu nakładów zakupu podkładów	$E_1 = 21,4$ mln zł
2. Obniżenie kosztów utrzymania	$E_2 = 26,1$ mln zł
	<u>47,5</u> mln zł

Łączne efekty uzyskane przez odbiorcę wyniosą około 48 mln zł, w przeliczeniu na 1 podkład efekty wyniosą 16 zł.

EFEKTY UZYSKANE PRZEZ PRODUCENTÓW W WYNIKU WDROŻENIA PRODUKCJI
MODYFIKOWANYCH PODKŁADÓW SOSNOWYCH

Przewidywane efekty roczne z tytułu wdrożenia produkcji podkładów sosnowych płytowanych, modyfikowanych wkładkami wzmacniającymi i z nasyconą twardzielą według patentów PRL nr 100 999 i P-185 967 oblicza się według wzoru uwzględniającego zmianę cen [12]:

$$E_{wn} = [(c_2 - k_2) - (c_1 - k_1)] \vartheta \quad (4)$$

gdzie:

c_2 — cena zbytu podkładu zmodyfikowanego — 829 zł (wg kalkulacji wstępnej, wersja C),

k_2 — koszt własny produkcji podkładu zmodernizowanego, 789 zł (wg kalkulacji wstępnej, wersja C),

c_1 — cena zbytu podkładu nasyconego i zapłytowanego przed modyfikacją $374 + 250 = 624$ zł (wg dotychczas obowiązujących cen),

k_1 — koszt własny produkcji podkładu sosnowego nasyconego i zapłytowanego przed modyfikacją 603,5 zł (wg dotychczasowego wyniku),

ϑ — przeciętna produkcja roczna dla resortu komunikacji 3 mln zł.

Stąd przewidywane efekty roczne wynoszą 58,5 mln zł. Przewidywane roczne efekty uruchomienia produkcji w pierwszym zakładzie przy produkcji docelowej $\vartheta_1 = 0,4$ mln szt. wyniosą:

$$E_{1wn} = [(c_2 - k_2) - (c_1 - k_1)] \vartheta_1$$

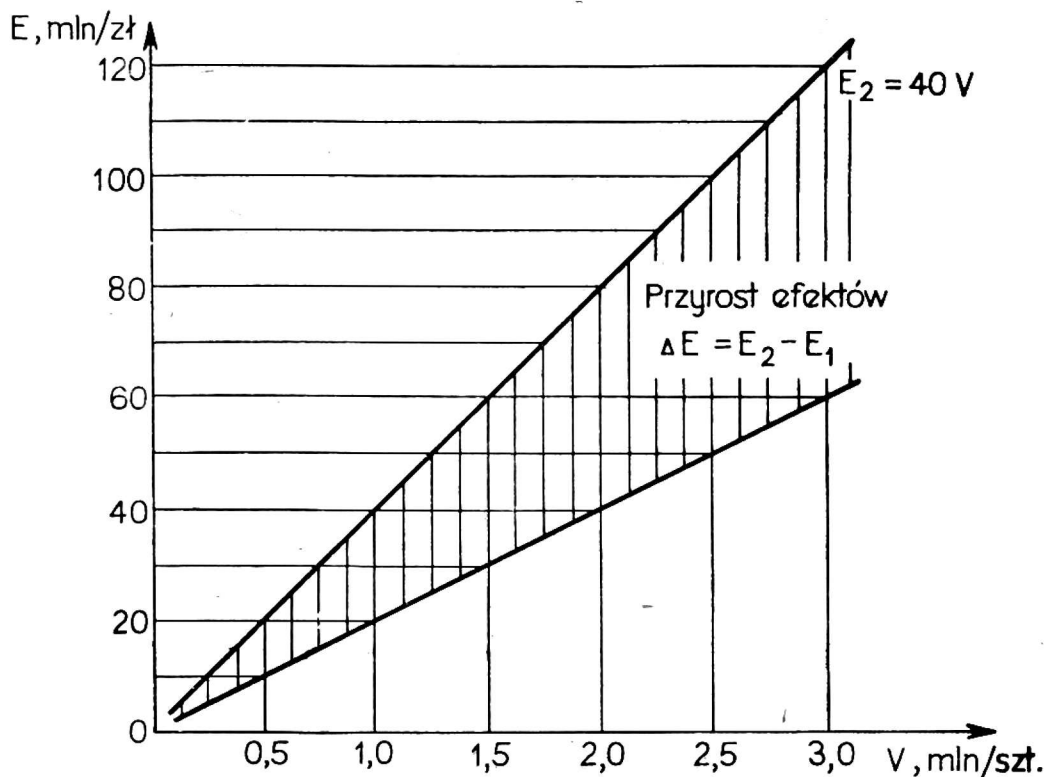
Z powyższych wyliczeń wynika przyrost zysku na 1 szt. tj. wartość członu:

$$(c_2 - k_2) - (c_1 - k_1) = 19,50 \text{ zł,}$$

a efekt łączny wyniesie 7,8 mln zł.

Przyrost efektów uzyskanych przez producenta w wyniku uruchomienia produkcji podkładów zmodyfikowanych w zależności od jej wielkości pokazano na rysunku 6.

Niniejsze opracowanie nie obejmuje całości efektów, jakie wystąpią po pełnym wdrożeniu rozwiązań w kraju np. w zastosowaniu do podrozjezdnic, mostownic i innych materiałów impregnowanych w nasycalniach jak również w odniesieniu do mniejszego zużycia niektórych elementów nawierzchni stalowej i mniejszej częstotliwości wymiany ciągłej podkładów.



Rys. 6. Przyrost efektów uzyskanych przez producenta w zależności od wielkości produkcji

WNIOSKI

1. Modyfikowane podkłady sosnowe normalnotorowe charakteryzują się znacznie wyższą wytrzymałością w części podszynowej i odpornością na działanie czynników biotycznych niż podkłady dotychczas stosowane.

Wzrost trwałości spowoduje przedłużenie średniego okresu użytkowania podkładów sosnowych o około 60%. Okres ich użytkowania dorówna dolnej granicy użytkowania podkładów z drewna twardego.

2. W wyniku zastosowania sosnowych podkładów zmodyfikowanych zmniejszy się zużycie podkładów sosnowych w torach o około 7000 m³/rok oraz nastąpi znaczna obniżka kosztów ich utrzymania. Łączne przewidywane efekty uzyskane przez odbiorcę, mimo wzrostu ceny o około 30%, wyniosą w przybliżeniu 50 mln zł, natomiast efekty uzyskane przez producenta po potrąceniu kosztów wdrożenia — 30 mln zł.

LITERATURA

1. Australia holds and international congress on sleepers. Rail Eng. Int. 4, nr 1, 1974, 38-48.
2. Chodorowski A., Borcz A.: Badania eksploatacyjne podkładów i podrozdnic z wkładkami. COB i RTK, temat 3074/11. Warszawa 1978.
3. Fijałek M.: Badanie trwałości podkładów drewnianych, PKD, nr 5, 1977.
4. Kawczyński R.: Nasylenie drewna środkami chemicznymi, WKiŁ, Warszawa 1972.

5. Ławniczak M., Dudziński J., Mamet A., Widłak H.: Sprawozdanie z badań zmierzających do opracowania sposobu podniesienia trwałości drewnianych podkładów kolejowych w miejscach narażonych na mechaniczne zużycie, maszynopis w IMTD AR Poznań 1974.
6. Ławniczak M. i in.: Sprawozdanie z badań zmierzających do podniesienia trwałości drewnianych podkładów kolejowych. Cz. II. Drewniane podkłady kolejowe z wkładkami wzmacniającymi. Maszynopis w IMTD AR Poznań 1975-1976.
7. Pytlak S., Kamiński A.: Badania nad przedłużeniem okresu użytkowania drewnianych podkładów kolejowych przy zastosowaniu środków ułatwiających wnikanie oleju impregnacyjnego do drewna. COBiRTK, Zakład BK-M, temat 3312/11, Warszawa 1977.
8. Przedłużenie żywotności wyrobów. Wynalazczość i racjonalizacja, temat nr 20/77, poz. 5083.
9. Skimizu K., Kakegawa H.: Improvement of wooden sleepers by the high temperature and pressure method. Quart. Repts. Railway Techn. Res. Inst., nr 14, 1973.
10. Szwarow B. L.: Szpały mogut służyć dołże. Put i poiewoje choziajstwo, nr 4, 1975, 21.
11. Ties and wood proservation. Bul. Amer Railway Eng. Essoc. nr 661, 1977/78, 341-343.
12. Wytyczne w sprawie zasad ustalania efektów ekonomicznych zastosowania wyników prac. badawczych w jednostce resortu komunikacji. Załącznik do Zarządzenia Min. Komunikacji nr 198, z dnia 14.11.1975 r. (Dz. Urz. MK nr 31, poz. 248).

Витольд Арамович

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ИТОГИ ПРИМЕНЕНИЯ МОДИФИЦИРОВАННЫХ СОСНОВЫХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ШПАЛ

Резюме

В статье приводятся важнейшие результаты проведенных наблюдений и эксплуатационных опытов по применению модифицированных шпал по методу разработанному и патентованному Институтом механической технологии древесины Познанской сельскохозяйственной академии.

На базе действительных предписаний было исчислено и иллюстрировано на чертежах влияние применения в промышленном масштабе модифицированных железнодорожных шпал на технико-экономические итоги у пользователя и производителя шпал. Предпринята попытка определения способов расчета продления периода эксплуатации шпал на основании снижения участия факторов снижающих их прочность.

Установлено, что модифицированные сосновые шпалы характеризуются гораздо высшей прочностью в подрельсовой части и устойчивостью к действию биотических факторов, что в результате приводит к росту их прочности. Повышение прочности приводит к продлению среднего срока службы шпал по крайней мере на 60%. Период их эксплуатации равняется нижней границе шпал из твердой древесины. Применение модифицированных сосновых шпал в промыш-

ленном масштабе даст в итоге снижение износа шпал на колеи разряда 7000 м³ в год, а также значительное снижение стоимости их содержания.

Общие предусматриваемые итоги у пользователя, несмотря на рост цен на около 30%, составляют около 50 млн зл в год, а у производителя, после вычета общих расходов на внедрение - 30 млн зл.

Witold Aramowicz

TECHNICO-ECONOMIC EFFECTS OF APPLICATION OF MODIFIED PINE RAILWAY SLEEPERS

Summary

Some important results of the laboratory and exploitation experiments on application of modified railway sleepers by the method worked out and patented by the Institute of Mechanical Wood Technology, Poznań Agricultural University, are presented in the paper.

On the basis of valid regulations the effect of application on an industrial scale of modified railway sleepers on the technico-economic results in the user and the producer has been calculated and illustrated on diagrams. An attempt was made to work out the way of calculation of a prolongation of the utilization period of the sleepers in operation at a reduction of share of factors affecting their stability.

It has been proved that modified pine sleepers are characterized by much higher strength in the part close below rail and higher resistance to the action of biological factors, what would consequently lead to a growth of their stability. It will contribute to a prolongation of the average utilization period of sleepers at least by about 60%. Their operation period will be equal to the lower limit of sleepers of hardwood. The application of modified pine sleepers on an industrial scale will result in a reduction of wearing of sleepers in the track of the order of 7000 м³ a year as well as in a considerable decrease of their maintenance costs.

The global effects foreseen in the user will amount, despite a growth of price by nearly 30%, to about 50 mill. zł and in the producer, after deduction of the total costs of extension, to 30 mill. zł a year.