

ANDRZEJ KLOCEK

## Wskaźnik oceny ekonomicznej efektywności inwestycji w gospodarstwie leśnym

Показатель экономической оценки эффективности капиталовложений  
в лесном хозяйстве

Index of the economic appraisal of the effectiveness of investments in forest management

### I

Dążenie do racjonalnego wykorzystania nakładów inwestycyjnych, podyktowanych względami gospodarności, wymaga dokonywania wyboru wariantów inwestycyjnych<sup>1</sup>. Wybór ten powinien być poprzedzony analizą efektywności poszczególnych wariantów inwestycyjnych. Na podstawie wyników tej analizy będzie można stwierdzić, który spośród ocenianych wariantów jest wariantem optymalnym, tzn. minimalizującym koszty działalności produkcyjnej, spełniające rolę podstawowego kryterium oceny efektywności inwestycji leśnych (5). Ocena efektywności inwestycji ma przeto charakter oceny porównawczej (względnej) i dlatego konieczne jest, ażeby wyniki tej oceny przedstawione były w formie liczbowej i porównywalnej. Najmniej przydatną dla tych celów jest opisowa forma analizy ekonomicznej efektywności inwestycji. Pozwala ona wprawdzie na bardziej wszechstronną ocenę skutków inwestowania, w tym również skutków pozaekonomicznych, to jednak może w sobie zawierać elementy oceny subiektywnej. Stąd też może prowadzić do zbyt jednostronnej oceny, opartej na argumentach, które oceniający uzna za najważniejsze.

Podobna trudność pociąga za sobą stosowanie dużej liczby kryteriów oraz wynikających z nich wskaźników oceny efektywności. Przykładem tego może być np. wskaźnik kapitałochłonności produkcji oraz wskaźnik wydajności pracy żywej. Zjawisko substytucji pracy żywej przez nakłady inwestycyjne powoduje, że w miarę wzrostu nakładów inwestycyjnych maleją nakłady pracy żywej, stąd też warianty zapewniające wysoką wydajność pracy żywej będą się charakteryzowały dużą kapitałochłonnością produkcji. Jednoczesne stosowanie obu tych wskaźników będzie zatem pro-

<sup>1</sup> Zagadnienia dotyczące wykorzystania zasady racjonalnego gospodarowania oraz wyboru wariantów inwestycyjnych, w zakresie inwestycji leśnych, przedstawione zostały w artykule pt. „Problematyka rachunku ekonomicznej efektywności inwestycji w gospodarstwie leśnym”. „Sylwan”, 1970 nr 5

wadzić do sprzecznych ocen. Z tych względów konieczne jest ustalenie dla poszczególnych wskaźników cząstkowych nie tylko wielkości bazowych, spełniających rolę poziomu odniesienia, ale także hierarchii ważności tych wskaźników. Powoduje to, że przydatność stosowania wskaźników cząstkowych wydaje się być dyskusyjna i sprowadza się, jak to podkreśla wielu autorów, do roli pomocniczej (7, 8).

Najbardziej jednorodną ocenę efektywności inwestycji można uzyskać za pomocą wskaźników syntetycznych, obejmujących wszystkie elementy o charakterze wymiernym, zmieniające się w wyniku inwestowania, jak również uwzględniających limit nakładów przeznaczony na dany kierunek inwestowania. Ustalenie takiego wskaźnika syntetycznego konieczne jest przede wszystkim dlatego, że stosowane dotychczas do oceny efektywności inwestycji leśnych wskaźniki (dotyczy to szczególnie wskaźników cząstkowych) pomijają zupełnie problem ograniczoności nakładów inwestycyjnych. Stąd też nie prowadzą one do rzeczywiście optymalnego wyboru wariantów inwestycyjnych, tzn. wariantów, które w ramach danego limitu nakładów optymalizują wspólnie przyjęte kryterium oceny efektywności.

Trudno również akceptować dla oceny efektywności inwestycji leśnych jedną z dwu form wskaźnika syntetycznego, opracowaną dla inwestycji przemysłowych (4, 11). Ustalając obowiązującą w poprzednich latach, jak też obecnie stosowaną metodykę oceny efektywności inwestycji przemysłowych pominięto bowiem specyfikę inwestowania w leśnictwie. Należy przy tym podkreślić, że np. w Czechosłowacji w odniesieniu do inwestycji leśnych wprowadzono zróżnicowane kryteria oceny ich ekonomicznej efektywności, stosując dla poszczególnych kierunków inwestowania odmienne formy wskaźników syntetycznych (10).

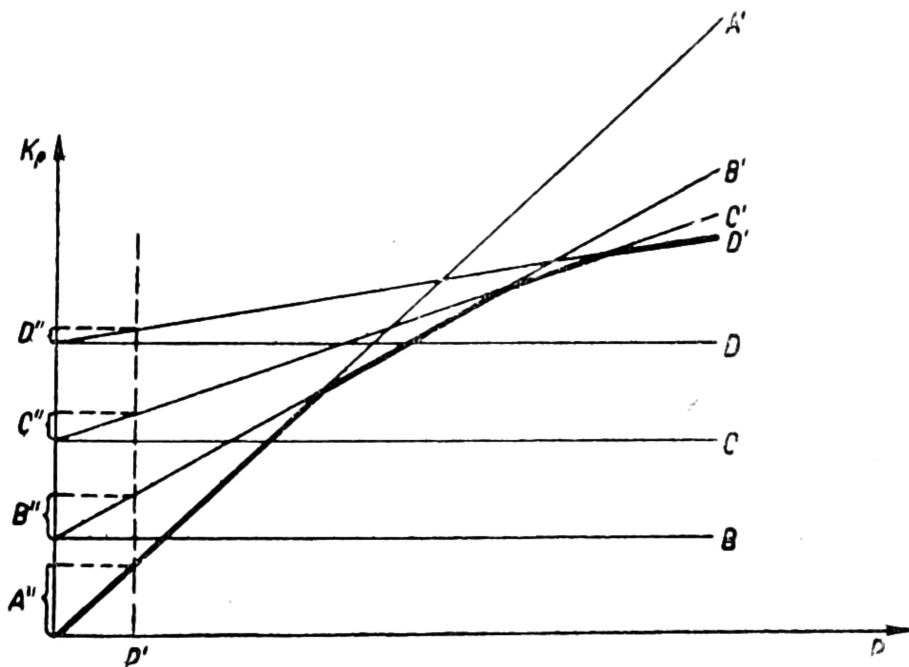
W niniejszym opracowaniu przedstawiono próbę ustalenia wskaźnika oceny ekonomicznej efektywności, uwzględniając przyjęte kryterium oceny oraz specyfikę wyboru wariantów inwestycji leśnych. Ograniczono się przy tym do tych kierunków inwestowania, które można analizować z punktu widzenia wpływu substytucji kosztów eksploatacyjnych przez nakłady inwestycyjne na koszty produkcji (5).

## II

Wpływ postępu technicznego na wzajemne proporcje nakładów inwestycyjnych i kosztów eksploatacyjnych umożliwia, w zakresie znacznej części inwestycji leśnych, stosowanie wariantów różniących się pod względem wysokości kosztów eksploatacyjnych i poziomu nakładów inwestycyjnych.

Wpływ nakładów inwestycyjnych na koszty eksploatacyjne, obrazuje przykładowo wyposażenie ciągnika „Ursus“ w urządzenie RW do zrywki drewna w Lasach Doświadczalnych SGGW w Rogowie (2, 9). Zastosowanie tego urządzenia powoduje z jednej strony wzrost kosztów stałych w części obejmującej amortyzację, z drugiej jednak umożliwia zmniejszenie obsługi o jednego robotnika. W wyniku wzrostu nakładów inwestycyjnych zmniejszają się więc koszty eksploatacyjne.

W praktyce, w oparciu o badanie zależności pomiędzy kosztami stałymi (będącymi rezultatem nakładów inwestycyjnych) i kosztami zmiennymi (obejmującymi koszty eksploatacyjne) dokonuje się wyboru i oceny istnie-



Ryc. 1. Wpływ techniki pracy na kształtowanie się kosztów stałych, zmiennych oraz sumarycznych

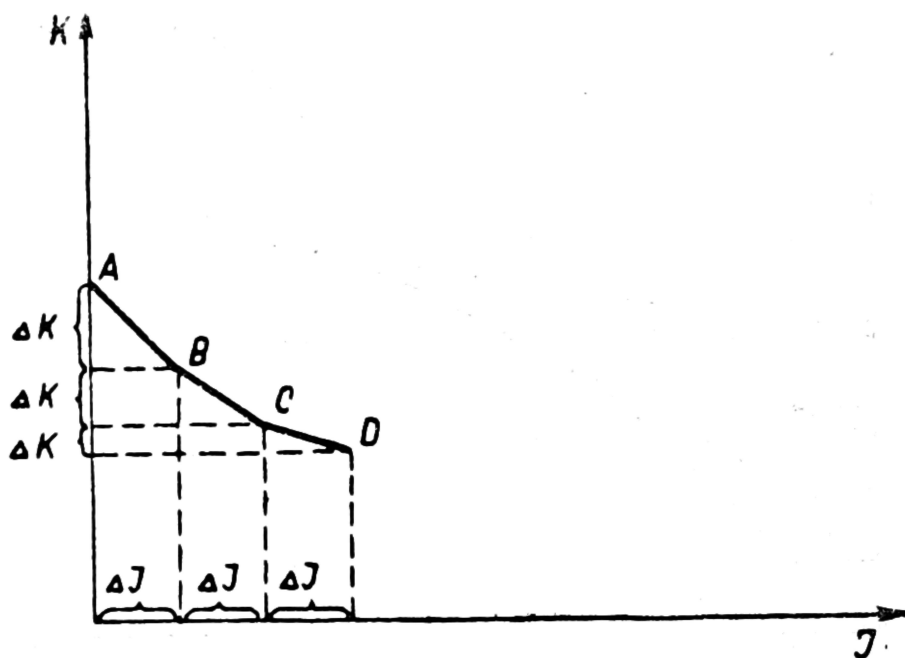
jących środków trwałych. Typowy przykład tego rodzaju badania, dotyczący wyboru techniki pracy, podaje E. H r o m a d a (3). Autor ten za pomocą tzw. diagramu przełomu ustala najbardziej wydajne sposoby organizacji prac zrywkowych w zależności od rozmiaru tych prac.

Na ryc. 1, ilustrującej powyższy przykład, przedstawiono w układzie współrzędnych  $K_p$  (całkowite koszty produkcji) i  $P$  (wielkość produkcji) cztery metody (warianty) zrywki drewna. Dla poszczególnych wariantów wykreślono linie kosztów stałych  $B$ ,  $C$ ,  $D$  (wariant  $A$  nie ma kosztów stałych) oraz linie kosztów zmiennych  $A'$ ,  $B'$ ,  $C'$  i  $D'$ . Każdy z przedstawionych wariantów umożliwia realizację tego samego zadania produkcyjnego przy różnych proporcjach kosztów eksploatacyjnych i nakładów inwestycyjnych, a w rezultacie różnej wielkości kosztów własnych.

Z przedstawionego nr ryc. 1 diagramu wynika, że wyższym kosztem stałym odpowiadają niższe koszty eksploatacyjne. Fakt ten świadczy o występowaniu zjawiska substytucji kosztów eksploatacyjnych przez nakłady inwestycyjne. Dla uzyskania porównywalnych danych charakteryzujących stopień tej substytucji na osi  $P$  odłożono stałą wielkość produkcji  $P'$ , którą można zrealizować za pomocą wariantów  $A$ ,  $B$ ,  $C$  i  $D$ . Porównując zaznaczone na osi  $K_p$  wielkości kosztów zmiennych dla poszczególnych wariantów można zauważyć, że oszczędności na kosztach eksploatacyjnych, w miarę wzrostu kosztów stałych, są coraz to mniejsze, czyli:  $A'' > B'' > C'' > D''$ .

Zależności te zostały przedstawione schematycznie na ryc. 2, z której wynika, że wyższym nakładom inwestycyjnym, stanowiącym koszty stałe, odpowiadają nie tylko niższe koszty eksploatacyjne, ale ponadto, że w miarę wzrostu nakładów inwestycyjnych zwalnia się tempo spadku kosztów eksploatacyjnych, czyli maleje stopień substytucji kosztów eksploatacyjnych przez nakłady inwestycyjne<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Wniosek ten słuszny jest również z punktu widzenia prakseologicznego. Gdyby bowiem nie malała stopa analizowanej substancji wówczas można by otrzymać dowolną wielkość produkcji bez ponoszenia kosztów eksploatacyjnych.



Ryc. 2. Wpływ nakładów inwestycyjnych na koszty eksploatacyjne przy stałej wielkości produkcji

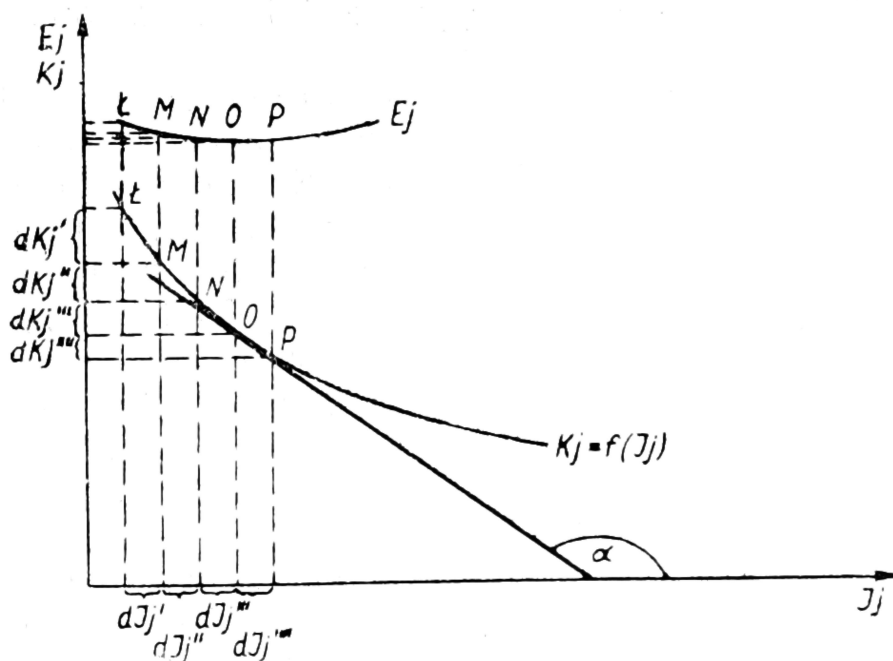
Analizując poszczególne warianty inwestycji leśnych z punktu widzenia wpływu nakładów inwestycyjnych na koszty eksploatacyjne należy ustalić przede wszystkim wielkości tych nakładów oraz kosztów na jednostkę produkcji. Dysponując zatem globalną (za cały okres eksploatacji) wartością efektów ekonomicznych ( $\Sigma P$ ), globalną wartością kosztów eksploatacyjnych ( $\Sigma K$ ), wielkością nakładów inwestycyjnych związanych z realizacją danego wariantu ( $I$ ) oraz okresem eksploatacji ( $n$ ) można obliczyć wielkości roczne:

$$P = \frac{\Sigma P}{n} ; \quad K = \frac{\Sigma K}{n} ; \quad I_r = \frac{I}{n} \quad (1)$$

Dzieląc następnie  $I_r$  przez  $P$  otrzymuje się wartość nakładów inwestycyjnych, przypadających na jednostkę efektu ( $I_j$ ), a dzieląc  $K$  przez  $P$  — wartość kosztów eksploatacyjnych, przypadających na jednostkę efektu ( $K_j$ ). Należy podkreślić, że zależności graficzne przedstawione na ryc. 2, charakteryzujące poszczególne warianty inwestycyjne, nie ulegają zmianie przy dokonaniu powyższych przeliczeń na jednostkę efektu. Zmniejsza się tylko rząd wielkości danych charakteryzujących nakłady inwestycyjne i koszty eksploatacyjne. Wynika stąd, że różnice dzielące poszczególne warianty sprowadzać się będą tylko do rozmiaru jednostkowych nakładów inwestycyjnych ( $I_j$ ) oraz jednostkowych kosztów eksploatacyjnych ( $K_j$ ).

W miarę wzrostu liczby wariantów inwestycyjnych, odcinki łączące rzędne kosztów eksploatacyjnych poszczególnych wariantów będą coraz mniejsze. Dla uproszczenia można więc przyjąć, że zmiany w kosztach eksploatacyjnych mają charakter ciągły, czyli że zależność między  $I_j$  oraz  $K_j$  przybiera charakter ciągłej zależności funkcyjnej, a zatem  $K_j = f(I_j)$  (ryc. 3).

Analizowaną zależność funkcyjną można by bez dodatkowych założeń otrzymać w wyniku odpowiednich przekształceń zależności reprezentowanych przez tzw. diagram syntezy (1), za pomocą którego bada się wpływ



Ryc. 3. Wpływ nakładów inwestycyjnych na kształtowanie się kosztów eksploatacyjnych i kosztów produkcji

gęstości dróg m. in. na koszty zrywki oraz nakłady inwestycyjne. Ponieważ koszty zrywki oraz nakłady inwestycyjne są funkcją gęstości sieci dróg, stąd też koszty zrywki są również funkcją nakładów inwestycyjnych. W wyniku tych przekształceń otrzymuje się także krzywą malejącą coraz wolniej (ryc. 3).

Przebieg krzywej  $K_j$  zależy nie tylko od rozwiązań technicznych poszczególnych wariantów, ale także od warunków ekonomicznych eksploatacji inwestycji, jak np. cen materiałów zużywanych przy eksploatacji paliwa, kosztów robocizny oraz od warunków terenowych. Wysokie koszty obsługi i paliwa spowodują wzrost nachylenia krzywej  $K_j$ , a tym samym zwiększy się stopa substytucji kosztów eksploatacyjnych przez nakłady inwestycyjne. W tych warunkach wzrostowi nakładów inwestycyjnych towarzyszyć będą większe oszczędności kosztów eksploatacyjnych, co uzasadniać będzie realizację droższych wariantów.

Z przebiegu analizowanej funkcji  $K_j$  wynika, że maksymalną obniżkę kosztów eksploatacyjnych można by uzyskać przez realizację wariantów najbardziej kapitałochłonnych, czyli wariantów leżących możliwie najdalej na osi  $I_j$  od początku układu współrzędnych (ryc. 3). Postępowanie takie, z uwagi na realizację wariantów wymagających wydatkowania dużych nakładów inwestycyjnych mogłoby prowadzić do nieuzasadnionego z ekonomicznego punktu widzenia przyrostu kapitałochłonności produkcji, a w rezultacie obniżenia rentowności produkcji leśnej.

Z omówionych powodów ocenę efektywności inwestycji należałoby przeprowadzać w oparciu o wskaźnik uwzględniający zmiany zarówno w produktywności nakładów inwestycyjnych, jak i „produktywności kosztów eksploatacyjnych”. Wskaźnikiem tym są koszty produkcji. Wpływ inwestycji na koszty produkcji przejawia się we wzroście jednostkowych nakładów inwestycyjnych i obniżce jednostkowych kosztów eksploatacyjnych. Kształtowanie się kosztów produkcji zależy więc od rozmiaru uzyskanych oszczędności na jednostkowych kosztach eksploatacyjnych ( $K_j$ ) i wielkości wzrostu jednostkowych nakładów inwestycyjnych ( $I_j$ ), czyli

od stopnia w jakim koszty eksploatacyjne zostały zastąpione przez nakłady inwestycyjne.

Przy przyjęciu za kryterium oceny efektywności inwestycji kosztów produkcji, wariantem „optymalnym”<sup>1</sup> będzie wariant zapewniający osiągnięcie najmniejszej sumy składników  $I_j$  i  $K_j$ , stanowiącej jednostkowe koszty produkcji. Należy zatem ustalić graniczną, z punktu widzenia kosztów, kapitałochłonność wariantu, czyli ustalić wariant zapewniający minimalne koszty produkcji. Ponieważ koszty eksploatacyjne są funkcją nakładów inwestycyjnych, czyli  $K_j = f(I_j)$ , przeto równanie jednostkowych kosztów produkcji ( $E_j$ ) można zapisać w następującej postaci (6):

$$E_j = K_j(I_j) + I_j \quad (2)$$

Równanie to przedstawia zależność między jednostkowymi kosztami produkcji i jednostkowymi kosztami eksploatacyjnymi a jednostkowymi nakładami inwestycyjnymi. W ujęciu tym koszty produkcji zależą zatem bezpośrednio od nakładów inwestycyjnych. Pozwala to na bezpośrednie badanie wpływu nakładów inwestycyjnych na zmiany poziomu kosztów produkcji.

Równanie (2) umożliwia ustalenie wariantu optymalnego, czyli wariantu charakteryzującego się minimalnymi kosztami produkcji. Zgodnie z zasadami rachunku różniczkowego równanie to osiągnie minimum, gdy jego pochodna będzie równa zero.

Pochodna funkcji  $E_j$  wynosi:

$$[K_j(I_j) + I_j]' = \frac{dK_j}{dI_j} + 1$$

Przyrównując ustaloną wartość produkcji do zera otrzymuje się:

$$\frac{dK_j}{dI_j} = -1 \quad (3)$$

Ponieważ pochodna funkcji określa wartość tangensa kąta  $\alpha$ , który tworzy styczna do krzywej w danym jej punkcie z dodatnim kierunkiem osi odciętych, przeto na podstawie warunku (3) można wyznaczyć położenie wariantu optymalnego. Z warunku tego wynika bowiem, że wariant optymalny znajduje się na krzywej  $K_j$  w punkcie, w którym styczna do tej krzywej jest nachylona pod kątem  $135^\circ$  ( $\text{tg } 135^\circ = -1$ , ryc. 3).

Otrzymany warunek można również przedstawić w następującej formie:

$$-dK_j = dI_j, \text{ lub } |dK_j| = |dI_j| \quad (4)$$

co oznacza, że koszty produkcji osiągną wartość minimalną wtedy, gdy przyrost dodatkowych nakładów inwestycyjnych ( $dI_j$ ) będzie równy oszczędnościom (przyrostom ze znakiem ujemnym) kosztów eksploatacyjnych, uzyskanym w wyniku tego przyrostu.

Z warunku (4) wynika również, że koszty produkcji maleją tak długo, jak długo oszczędności kosztów eksploatacyjnych będą wyższe od

<sup>1</sup> Określenie takie, jak to wynika z dalszej analizy, słuszne jest tylko wtedy, gdy wyboru wariantów dokonuje się tylko z punktu widzenia kosztów produkcji indywidualnie rozpatrywanych zadań produkcyjnych bez uwzględniania limitu nakładów inwestycyjnych.

przyrostu nakładów inwestycyjnych, czyli  $|dK_j| > |dI_j|$ , lub gdy suma przyrostów —  $dK_j + dI_j$  będzie ujemna. Jeżeli natomiast wzrost nakładów inwestycyjnych przewyższa oszczędności kosztów eksploatacyjnych ( $|dK_j| < |dI_j|$ ), to wówczas koszty produkcji zaczynają wzrastać.

Wpływ różnych wariantów (L, M, N, O, P) na koszty produkcji przedstawiony został na rysunku 3. Z porównania oszczędności kosztów eksploatacyjnych dla tych wariantów wynika, że:

$$|dK_j'| > |dK_j''| > |dK_j'''| = |dI_j| > |dK_j''''|$$

Ponieważ przyrosty nakładów inwestycyjnych dla analizowanych wariantów są takie same ( $dI_j' = dI_j'' = dI_j''' = dI_j''''$ ), stąd też z przedstawionej relacji wynika, że koszty produkcji ( $E_j$ ) osiągają minimum w punkcie, w którym leży wariant O.

Na podstawie warunku (4) można stwierdzić, że posługując się wskaźnikiem:

$$E_j = I_j + K_j = \frac{I_r + K}{P} = \frac{I + \Sigma K}{\Sigma P} \quad (5)$$

uzyskuje się możliwość wyboru wariantów zapewniających spełnienie warunku (3), czyli minimalizujących koszty realizacji danego zadania produkcyjnego.

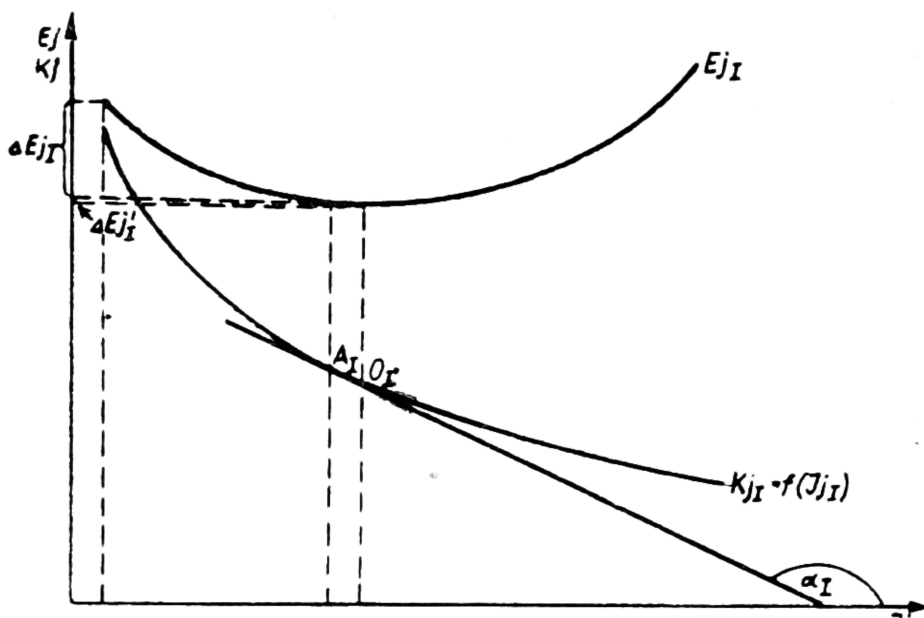
W dotychczasowej ocenie efektywności inwestycji pominięty został problem dysproporcji występujących pomiędzy rozmiarami środków inwestycyjnych a potrzebami gospodarstw leśnych w zakresie inwestycji. Dlatego też przedstawiony wskaźnik wyboru wariantów inwestycyjnych nie może zapewniać optymalnego wykorzystania danego limitu nakładów inwestycyjnych. Uzyskane przy ustalaniu tego wskaźnika zależności mają jednak duże znaczenie, gdyż umożliwiają przystąpienie do następnego etapu, którego celem jest sformułowanie warunków optymalnego wykorzystania danego limitu nakładów inwestycyjnych.

### III

W praktyce, potrzeby w zakresie inwestycji przekraczają znacznie realne możliwości ich realizacji. Świadczą o tym np. docelowo ustalone potrzeby w zakresie inwestycji drogowych (5). Uniemożliwia to zrealizowanie we wszystkich gospodarstwach leśnych, wykazujących niedobór inwestycji, wariantów minimalizujących koszty produkcji.

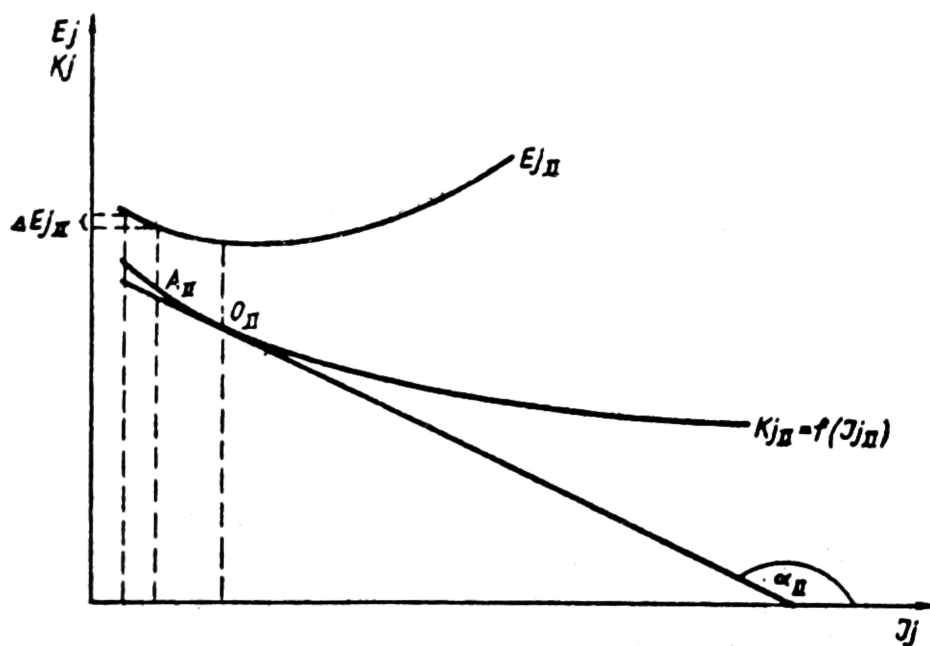
Niedobór nakładów inwestycyjnych powoduje, że warianty realizowane w poszczególnych gospodarstwach są od siebie zależne, albowiem wybór kapitałochłonności ( $I_j$ ) wynikający z wariantu wybranego w jednym gospodarstwie zależy od kapitałochłonności wynikającej z wariantu wybranego w drugim gospodarstwie. Stąd też powstaje konieczność badania wpływu wybranego wariantu na kształtowanie się efektywności ogólnego limitu nakładów inwestycyjnych w ramach danego kierunku inwestowania, a nie tylko indywidualnie w ramach jednego gospodarstwa, czy nawet przedsięwzięcia inwestycyjnego (5). Potwierdzają to wyniki analizy ograniczonej przykładowo do dwóch funkcji  $E_{jI}$  i  $E_{jII}$  (ryc. 4 i 5).

Przyjęty umownie niedobór nakładów inwestycyjnych umożliwia zre-



Ryc. 4. Położenie wariantu optymalnego przy szybkim tempie obniżania się kosztów eksploatacyjnych i kosztów produkcji w miarę wzrostu nakładów inwestycyjnych

analizowanie wariantu optymalnego, ale tylko w pierwszym gospodarstwie. Wariant ten przyczyni się do obniżenia kosztów produkcji w analizowanym gospodarstwie o  $E_{jI}$ . Rezygnując z realizacji wariantu optymalnego w pierwszym gospodarstwie, uzyskuje się możliwość częściowego zaspokojenia potrzeb w zakresie inwestycji również w drugim gospodarstwie. Można zatem podzielić dany limit nakładów inwestycyjnych w taki sposób, ażeby w pierwszym gospodarstwie zrealizować wariant  $A_I$ , zamiast wariantu  $O_I$ , natomiast w drugim gospodarstwie wariant  $A_{II}$ . Powoduje to zmniejszenie się możliwej do uzyskania w pierwszym gospodarstwie obniżki kosztów o  $\Delta E'_{jI}$ . Równocześnie następuje obniżenie kosztów produkcji w drugim go-



Ryc. 5. Położenie wariantu optymalnego przy powolnym tempie obniżania się kosztów eksploatacyjnych i kosztów produkcji w miarę wzrostu nakładów inwestycyjnych



spodarstwie o  $\Delta E_{jII}$ . Sumaryczna wartość uzyskanych oszczędności na kosztach produkcji wyniesie w obu gospodarstwach:

$$\Delta E_{jI} - \Delta E_{jI} + \Delta E_{jII}$$

Ponieważ  $\Delta E_{jI} < \Delta E_{jII}$ , stąd też zachodzi następująca nierówność:

$$\Delta E_{jI} < \Delta E_{jI} - \Delta E_{jI} + \Delta E_{jII}$$

Realizacja wariantów  $A_I$  i  $A_{II}$  gwarantuje zatem większą efektywność od tej, jaką uzyskaliby się przy przeznaczeniu całości nakładów inwestycyjnych na realizację wariantu optymalnego (O) w pierwszym gospodarstwie. Niekoniecznie należy więc realizować warianty zapewniające od razu uzyskanie indywidualnie minimalnych kosztów produkcji, istnieje bowiem możliwość doboru takich wariantów, które zapewnią uzyskanie najmniejszych sumarycznych kosztów produkcji na podstawie danego limitu nakładów inwestycyjnych.

Dla określenia warunków, jakie powinny spełniać warianty minimalizujące koszty produkcji w obu rozpatrywanych przykładowo gospodarstwach, niezbędna jest znajomość sumarycznych kosztów produkcji.

Jednostkowe koszty produkcji określa równanie (1). Ponieważ wysokość zadań realizowanych w obu gospodarstwach może być różna, dlatego należałoby posługiwać się nie jednostkowymi, lecz globalnymi kosztami produkcji, obejmującymi cały okres eksploatacji inwestycji. W tym celu równanie jednostkowych kosztów produkcji ( $E_j$ ) należy przemnożyć przez roczną wielkość produkcji ( $P$ ) oraz okres eksploatacji inwestycji ( $n$ ). W wyniku tego działania otrzymuje się funkcję ( $Z$ ), reprezentującą koszty produkcji w pierwszym i drugim gospodarstwie:

$$Z = n \cdot P_I [K_{jI}(I_{jI}) + I_{jI}] + n \cdot P_{II} [K_{jII}(I_{jII}) + I_{jII}] \quad (6)$$

Gdyby nie występował niedobór nakładów inwestycyjnych, wówczas najbardziej efektywnymi okazałyby się warianty zapewniające osiągnięcie minimalnych kosztów produkcji w obu rozpatrywanych gospodarstwach. Niedobór ten powoduje jednak, że przy minimalizacji funkcji  $Z$  należy uwzględnić wielkość limitu nakładów inwestycyjnych. W tym celu należy przede wszystkim ustalić wielkość nakładów inwestycyjnych związanych z realizacją poszczególnych wariantów w tych gospodarstwach.

Ponieważ jednostkowa kapitałochłonność ( $I_j$ ) wynika z podzielenia wielkości nakładów inwestycyjnych ( $I$ ) przez wielkość produkcji uzyskanej za cały okres eksploatacji ( $P \cdot n$ ), stąd rozmiar nakładów związanych z realizacją wariantów inwestycyjnych w pierwszym gospodarstwie wyniesie:  $I_I = n \cdot P_I \cdot I_{jI}$ , a w drugim  $I_{II} = n \cdot P_{II} \cdot I_{jII}$ . Jeżeli więc limit nakładów inwestycyjnych wynosi  $J$ , wówczas przy minimalizacji funkcji  $Z$  powinien być spełniony następujący warunek ( $\varphi$ ):

$$\varphi = n \cdot P_I \cdot I_{jI} + n \cdot P_{II} \cdot I_{jII} - J = 0 \quad (7)$$

Rozwiązanie powyższych równań (6) i (7) można uzyskać tworząc funkcję pomocniczą Lagrange'a ( $L$ ):

$$L = n \cdot P_I [K_{jI}(I_{jI}) + I_{jI}] + n \cdot P_{II} [K_{jII}(I_{jII}) + I_{jII}] - \lambda [n \cdot P_I \cdot I_{jI} + n \cdot P_{II} \cdot I_{jII} - J] = \min \quad (8)$$

W wyniku rozwiązania układu równań wynikających z warunku ko-

niecznego istnienia ekstremum warunkowego funkcji L otrzymano, że funkcja Z osiągnie minimum wtedy, gdy (dla  $Q > 0$ ):

$$\left| \frac{dK_{jI}}{dI_{jI}} \right| = Q = \left| \frac{dK_{jII}}{dI_{jII}} \right| \quad (9)$$

Uogólniając należy stwierdzić, że dla wszystkich analizowanych funkcji, reprezentujących poszczególne obszary leśne, powinien być spełniony następujący warunek:

$$\left| \frac{dK_j}{dI_j} \right| = Q$$

Ponieważ przyrosty  $dK_j$  mają znak ujemny, oznaczają bowiem zmniejszenie się kosztów eksploatacyjnych, przeto powyższy warunek należy zapisać następująco:

$$\frac{dK_j}{dI_j} = -Q \quad (10)$$

Współczynnik  $Q$  określa cechy wariantu warunkowo optymalnego, tzn. wariantu zapewniającego osiągnięcie możliwego, w ramach posiadanego limitu nakładów inwestycyjnych, minimum sumy kosztów realizacji zadań produkcyjnych dla określonego kierunku inwestowania. Z otrzymanej zależności wynika, że sumaryczne koszty produkcji osiągną minimum wtedy, gdy iloraz jednostkowych oszczędności kosztów eksploatacyjnych i jednostkowej kapitałochłonności produkcji będzie jednakowy dla wszystkich realizowanych wariantów inwestycyjnych i równy ustalonej wartości współczynnika  $Q$ .

Wybór wariantów warunkowo optymalnych może nastąpić w sposób bezpośredni, w drodze wyznaczenia wartości  $I_j$  na podstawie dalszego rozwiązania otrzymanego wyżej układu równań (9) przy zachowaniu warunku (7). Wybór ten może się również odbyć w oparciu o znajomość współczynnika  $Q$  wyznaczonego również na podstawie równań (6) i (7), lub w sposób uproszczony na podstawie znajomości przeciętnego dla całego gospodarstwa leśnego wpływu nakładów inwestycyjnych na obniżkę kosztów eksploatacyjnych.

Wykorzystanie współczynnika  $Q$  do wyboru wariantów warunkowo optymalnych może nastąpić dwoma sposobami. Pierwszy sposób wynika z warunku (10). Polega on na rozwiązaniu prostego równania otrzymanego z porównania pochodnej dowolnej funkcji  $K_j$  (reprezentującej określone gospodarstwo leśne) do wartości współczynnika  $Q$ , tj. na rozwiązaniu równania:  $K_j'(I_j) = Q$ . Takie postępowanie jest jednak dość uciążliwe. Wymaga ono bowiem ustalenia dla każdego z gospodarstw, w których planuje się realizację inwestycji, zależności  $K_j = f(I_j)$ . Drugi znacznie bardziej dogodny sposób można ustalić na podstawie otrzymanego warunku (10), z którego wynika, że:

$$\frac{dK_j}{dI_j} + Q = 0 \quad (11)$$

Rozwiązując powyższe równanie różniczkowe otrzymuje, że warunek (10) a zatem i warunki (6) i (7), jest spełniony przez minimum następującego wyrażenia:

$$E = I_j \cdot Q + K_j \quad (12)$$

reprezentującego podstawową formę wskaźnika oceny efektywności wariantów inwestycji leśnych charakteryzujących się cechami inwestycji zaliczonych do grupy „A” (5).

Posługując się przy ocenie efektywności wariantów inwestycji leśnych wskaźnikiem E należy, zgodnie z przytoczonym dowodem, przyjąć, że wariantem najlepszym (optymalnym) jest wariant, dla którego wartość wskaźnika E będzie najmniejsza.

Stosowanie wskaźnika E nie wymaga znajomości funkcji  $K_j$  ani też znajomości jednostkowych nakładów inwestycyjnych i kosztów eksploatacyjnych. Ocenę tę przeprowadza się bowiem na podstawie charakteryzujących poszczególne warianty wielkości nakładów inwestycyjnych, kosztów eksploatacyjnych oraz efektów produkcyjnych ustalanych na jeden rok eksploatacji ( $I_r, K, P$ ) bądź też dla całego okresu eksploatacji inwestycji ( $I; \Sigma K; \Sigma P$ ). W tym ostatnim przypadku wskaźnik E przyjmie następującą postać:

$$E = \frac{I \cdot Q + \Sigma K}{P} \quad (13)$$

Stosowanie wskaźnika E wymaga znajomości współczynnika Q. Wartość tego współczynnika można ustalić w znacznie prostszy sposób, niż to wynika z rozwiązania równań (6) i (7). W tym celu należy przede wszystkim ustalić funkcję reprezentującą przeciętny, dla danego kierunku inwestowania, wpływ nakładów inwestycyjnych na koszty eksploatacyjne ( $K_{j_s} = f(I_{j_s})$ ). Na podstawie zawartego w planie gospodarczym limitu nakładów inwestycyjnych na badany kierunek inwestowania oraz rozmiaru zadań gospodarczych można określić możliwy do osiągnięcia wzrost przeciętnej kapitałochłonności produkcji ( $\Delta I_{j_s}$ ). Dodając do faktycznej przeciętnej kapitałochłonności ( $I_{j_{s0}}$ ) przewidywany przeciętny wzrost kapitałochłonności ( $\Delta I_{j_s}$ ), otrzymuje się kapitałochłonność graniczną ( $I_{j_{sr}}$ ), czyli kapitałochłonność wyznaczającą maksymalną przeciętną wartość  $I_{j_s}$  na osi odciętych limitującą współczynnik Q (ryc. 6).

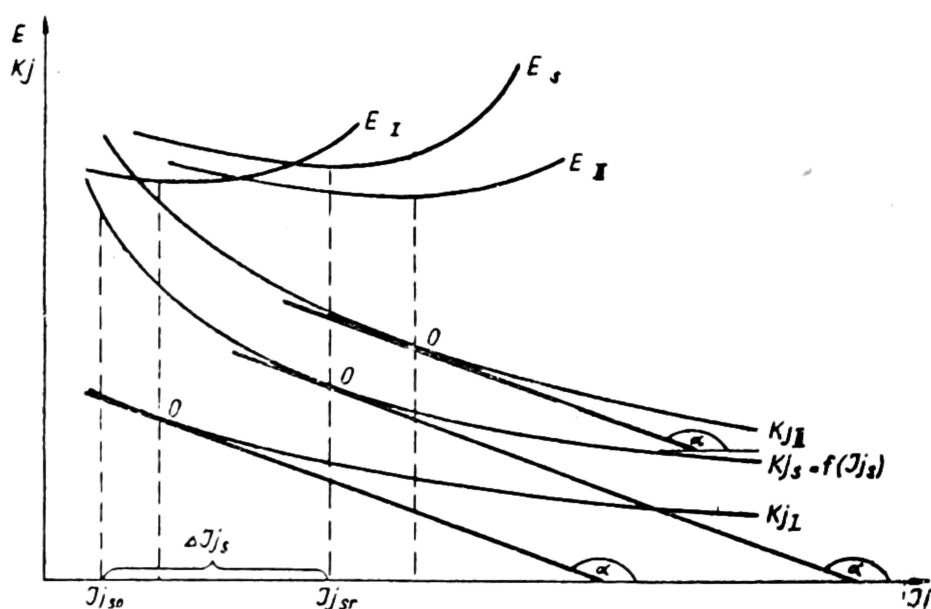
Na podstawie powyższych danych ( $K_{j_s}, I_{j_{sr}}$ ), można za pomocą warunku (10) określić optymalną wartość współczynnika Q. Wartość tę otrzymuje się z poniższego równania:

$$O_r = \left| \frac{dK_{j_s}}{dI_{j_s}} \right| \quad \text{dla } I_{j_s} = I_{j_{sr}}$$

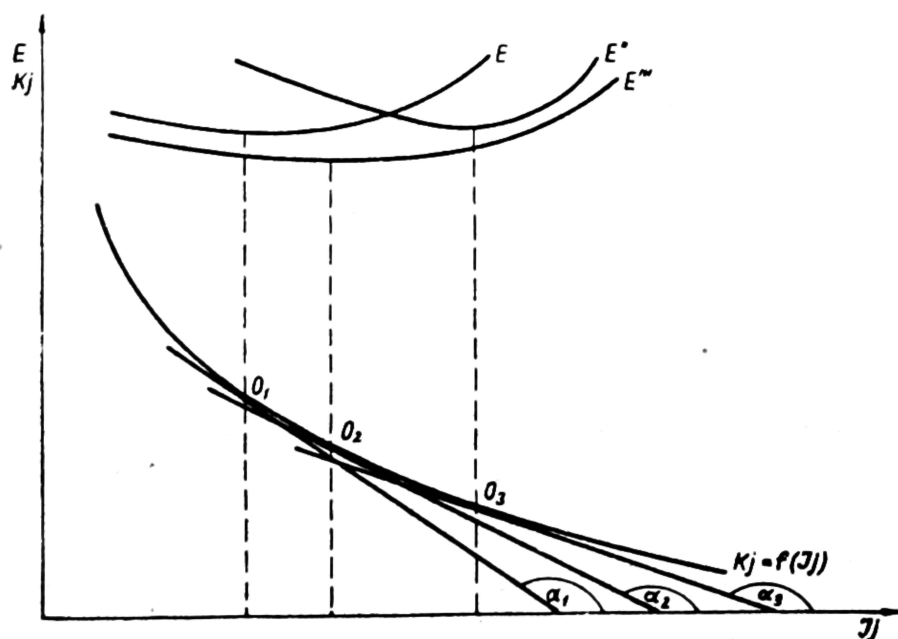
Wprowadzając tak obliczoną wartość współczynnika Q ( $O_r$ ) do wskaźnika E (wzór 12), otrzymuje się, że wskaźnik ten osiąga minimum dla wariantu, który charakteryzuje się identycznym jak i współczynnik Q ilorazem spadku kosztów eksploatacyjnych i przyrostu nakładów inwestycyjnych.

Z powyższego wynika, że kapitałochłonność  $I_{j_{sr}}$  osiągnie się tylko wtedy, gdy przebieg funkcji  $K_j$  będzie identyczny z przebiegiem funkcji  $K_{j_s}$ . Ponieważ wartość współczynnika Q jest jednakowa dla wszystkich gospodarstw leśnych, w których planuje się realizację inwestycji leśnych, dlatego styczne do krzywych  $K_j$ , reprezentujących dowolne gospodarstwa (np.  $K_{j_s}, K_{j_I}, K_{j_{II}}$ , ryc. 6), nachylone są pod tym samym kątem ( $\text{tg} \alpha = -Q_r$ ). Wobec tego przy ustalonej wartości Q kapitałochłonność produkcji wynikająca z wariantu warunkowo optymalnego zależy bezpośrednio od przebiegu krzywej  $K_j$ .

Spośród przykładowo przedstawionych na ryc. 6 funkcji  $K_j$ , najbardziej stromym przebiegiem charakteryzuje się funkcja  $K_{jII}$ , natomiast najmniej stromym funkcja  $K_{jI}$ . Stąd też stała wartość współczynnika  $Q$  wyznacza (za pomocą nachylenia stycznych jak i wskaźnika  $E$ ) warianty warunkowo optymalne o różnej kapitałochłonności, zależnie od przebiegu krzywej  $K_j$ . Wariant optymalny o największej kapitałochłonności występuje przy najbardziej stromym przebiegu  $K_j$  ( $K_{jII}$  na ryc. 6). Krzywa  $K_{jI}$  charakteryzuje się najmniejszą dynamiką zmian, dlatego wariant minimalizujący wskaźnik  $E$  wykazuje najmniejszą spośród badanych kapitałochłonność. Oczywiście obliczona dla tego wariantu wartość ilorazu  $\left| \frac{dK_j}{dI_j} \right|$  będzie równa ustalonemu współczynnikowi  $Q_r$ . Wnioski te wynikają również z warunku (10), na podstawie którego można stwierdzić, że wskaźnik  $E$  maleje



Ryc. 6. Położenie przeciętnego wariantu warunkowo optymalnego w zależności od przebiegu funkcji  $K_j$



Ryc. 7. Kształtowanie się wskaźnika oceny efektywności inwestycji w zależności od wielkości współczynnika  $Q$

tylko wtedy, gdy  $\left| \frac{dK_j}{dI_j} \right| > Q_r$ . Dlatego przy bardzo stromym przebiegu krzywej  $K_j$  warunek  $\left| \frac{dI_j}{dK_j} \right| = Q_r$  wyznaczający minimum wskaźnika  $E$ , będzie spełniał wariant położony daleko od początku układu współrzędnych. Dopiero bowiem taki wariant będzie się charakteryzował wartością ilorazu  $\left| \frac{dK_j}{dI_j} \right|$  równą ustalonemu współczynnikowi  $Q_r$ .

Na wybór wariantu minimalizującego wskaźnik  $E$  wywiera także wpływ wartość współczynnika  $Q$ , która zależy bezpośrednio od limitu nakładów inwestycyjnych przeznaczonych na dany kierunek inwestowania.

Zwiększenie limitu nakładów inwestycyjnych powoduje zmniejszenie wartości współczynnika  $Q$  (wartość  $I_{j_{sr}}$  przesuwa się wtedy bardziej na prawo od początku układu współrzędnych). Tym samym przy niezmiennym przebiegu krzywej  $K_j$  wzrośnie także kapitałochłonność wariantu minimalizującego wskaźnik  $E$ . Niewielkie oszczędności  $dK_j$  będą mogły bowiem równoważyć również niewielką wartość iloczynu  $Q \cdot dI_j$ , co jest niezbędne dla osiągnięcia minimum wskaźnika  $E$ .

Możliwość regulowania kapitałochłonności wariantu warunkowo optymalnego za pomocą współczynnika  $Q$  rozszerza znacznie przydatność stosowania wskaźnika  $E$ . Współczynnik ten może być zróżnicowany dla poszczególnych gospodarstw leśnych, czy nawet regionów ekonomiczno-gospodarczych, np. ze względu na znaczny niedobór siły roboczej. Równocześnie wskaźnik  $E$  dzięki zawartemu w nim współczynnikowi  $Q$  umożliwia nakierowanie, zwłaszcza biur projektowych, na wybór wariantów gwarantujących optymalne wykorzystanie danego limitu nakładów inwestycyjnych.

#### LITERATURA

1. Botwin M. — Metody określania optymalnej gęstości sieci drób zrębowych. „Sylwan“ 1958, nr 11.
2. Dziubak W., Starczewski S. — Próby zrywkowych samozaciskających się kleszczy zamontowanych na ciągniku Ursus C-325. IBL. Maszynopis.
3. Hromada E. — Metodika rozborov v lesnom hospodarstvie. Bratislava 1963.
4. Instrukcja ogólna w sprawie metodyki badań ekonomicznej efektywności inwestycji. Komisja Planowania przy Radzie Ministrów. Warszawa 1962.
5. Klocek A. — Problematyka rachunku ekonomicznej efektywności inwestycji w gospodarstwie leśnym. „Sylwan” 1970, nr 5
6. Klocek A. — Metody oceny ekonomicznej efektywności inwestycji w gospodarstwie leśnym. Warszawa 1968. Maszynopis pracy doktorskiej.
7. Manteuffel R. — Efektywność inwestycji rolniczych. Warszawa 1963.
8. Notkin A. — Zagadnienia określania ekonomicznej efektywności nakładów inwestycji w przemyśle ZSRR. Warszawa 1955.
9. Nowak Z. — Przydatność Ursusa C-325 do zrywki i wywózki drewna. SGGW 1961. Praca magisterska.
10. Příloha k Vyjimkam a odchylkam z „Podminek Státni Komise pro techniku a Státni banku ceskoslovenske z dne 6. dubna 1967 pro prováděni výběroveho řízeni investic“. Ministerstvo lesního a vodního hospodářství, Odbor lesního hospodářství. Praha 1967. Materiał powielony.
11. Uchwała Rady Ministrów nr 103 z 7 czerwca 1969 r. „Monitor Polski“, nr 24.

Praca wpłynęła do Komitetu Redakcyjnego 12 czerwca 1970 r.

Оценка эффективности лесных капиталовложений должна давать возможность выбора оптимального варианта этих капиталовложений. Отсюда обязательным является то, чтобы результаты этой оценки были представлены в цифровой и в сравниваемой форме. Наиболее пригодной для этих целей является синтетическая форма показателя оценки эффективности капиталовложений, охватывающая все эти элементы, которые изменяются в результате капиталовложений, а также учитывающая лимит фондов предназначенных на данное направление капиталовложений.

В работе представлена попытка определения синтетической формы показателя оценки эффективности для этих лесных капиталовложений, варианты которых отличаются уровнем субституции эксплуатационных капиталов из-за инвестиционных капиталовложений. Формулирование показателя оценки эффективности капиталовложений проходило в следующих этапах: а) определено функцию представляющую влияние капиталовложений на стоимость продукции (уравнение 2), б) на основании знания этой функции и других зависимостей сформулировано условия оптимального использования данного лимита капиталовложений (уравнение 6 и 7), в) определены особенности варианта оптимального использования капиталовложений (коэффициент  $Q$ , уравнение 10) и г) на основании этих особенностей определено синтетическую форму показателя оценки экономической эффективности анализированных капиталовложений (уравнение 12 и 13).

Согласно результатам анализа, наиболее экономическим вариантом, является вариант, в котором величина показателя «Е» будет максимальной.

### Summary

An appraisal of the effectiveness of forest investments should make possible the selection of their optimal variant. Hence it is necessary that results of this appraisal ought to be presented in a numerical and comparable form. Synthetic form of the index of appraisal of investment effectiveness including all these elements which change as a result of investments and considering the limit of outlays designated for given direction of investing is at most suitable for these purposes.

The paper presents an attempt of the determination of a synthetic form of effectiveness appraisal index for these forest investments, variants of which differ in the level of substitution of exploitation costs by investment outlays. The formulation of the index of investment effectiveness appraisal was done in following stages: a) function representing the influence of investment outlays on production costs was determined (equation 2), b) based on the knowledge of this function and other relationships there were formulated conditions of the optimal utilization of a given limit of investment outlays (equations 6 and 7), c) features of the variant optimizing the utilization of investment outlays were defined (coefficient  $Q$ , equation 10), and d) on the basis of these features there was defined the synthetic form of the index of economic appraisal of effectiveness of the investments analyzed (equations 12 and 13).

According to the results of analysis the most economical is the variant for which the value of index „E” will be minimal.