

Wojciech Pisarski
Katedra Technologii Materiałów i Maszyn
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

WPŁYW ZMIAN WYBRANYCH PARAMETRÓW AGROLOTNICZEGO CYKLU OPERACYJNEGO NA ZUŻYCIE PALIWA NA HEKTAR PRZEZ ŚMIGŁOWIEC MI-2R

Streszczenie

Na podstawie zależności opisującej zużycie paliwa [Pisarski 2004] przeanalizowano wpływ zmian wybranych parametrów cyklu operacyjnego na kształtowanie się zużycia paliwa przez śmigłowiec Mi-2R w locie operacyjnym, przypadającego na 1 ha obróbowanej powierzchni. Największe ujemne przyrosty zużycia paliwa wywołane dodatnim przyrostem prędkości roboczej, szerokości roboczej i średniej długości pola występują w zabiegach oprysku, natomiast największe ujemne przyrosty zużycia paliwa wywołane dodatnim przyrostem ilości rozprzestrzenionych podczas lotu operacyjnego chemikaliów oraz ujemnym przyrostem promienia dolotu występują w zabiegach nawożenia.

Słowa kluczowe: agrolotnictwo, śmigłowce rolnicze, zabiegi śmigłowcowe, zużycie paliwa

Oznaczenia

B - szerokość robocza, m

D - dawka chemikaliów, kg/ha , dm^3/ha

F - powierzchnia pola, ha

l_{sr} - średnia długość pola, m

l_k - średnia długość pola przy przelotach roboczych wykonywanych równoległe do jego krótszego boku, m

M_n - ilość chemikaliów rozprzestrzenionych podczas lotu operacyjnego w zabiegu nawożenia, kg , dm^3

M_o - ilość chemikaliów rozprzestrzenionych podczas lotu operacyjnego w zabiegu ochrony, kg , dm^3

r - promień dolotu, m

T_n - czas trwania nawrotu, s

V_p - prędkość przelotowa, m/s

V_r - prędkość robocza, m/s

- Z_l - zużycie paliwa na hektar podczas lotu operacyjnego, dm^3/ha
 $Z_l(N_w)$ - zużycie paliwa na hektar obliczone dla wyjściowej wartości N -tego parametru, dm^3/ha
 $Z_l(N_p)$ - zużycie paliwa na hektar obliczone dla wartości N -tego parametru powiększonego o 1%, dm^3/ha
 $\Delta Z_l(N)$ - względny spadek zużycia paliwa na hektar spowodowany przyrostem N -tego parametru, %
 ACO - agrolotniczy cykl operacyjny

Wprowadzenie

Metody ograniczania kosztów zabiegów chemizacji lotniczej były przedmiotem wielu analiz i publikacji naukowych [Gajewski, Sienkiewicz 1979; Kostia 1976; Qantick 1985; Rowiński 1994]. Jednym ze wskaźników techniczno-eksploatacyjnych, bezpośrednio wpływającym na ekonomikę zabiegów agrolotniczych, jest zużycie paliwa przez statek powietrzny przypadające na hektar obrobionej powierzchni. W przypadku zabiegów oemig³owcowych szeroki zakres stosowanej prędkości roboczej, oraz jej wpływ na godzinowe zużycie paliwa i wydajność skłoniły do wyznaczenia zależności opisującej wpływ tej prędkości na zużycie paliwa na hektar przez oemig³owiec Mi-2R w locie operacyjnym [Pisarski 2004]. Wstępne analizy wykazały, że zużycie paliwa na hektar maleje wraz ze wzrostem prędkości roboczej, przy czym ujemne przyrosty zużycia maleją wraz ze wzrostem prędkości. Biorąc pod uwagę wyniki wstępnych analiz, uznano za celowe przeanalizowanie wpływu zmian wielkości charakteryzujących cykl operacyjny na zużycie paliwa w zabiegach oemig³owcowych.

Celem pracy jest określenie wpływu zmian wybranych parametrów ACO na kształtowanie się zużycia paliwa przez oemig³owiec Mi-2R w locie operacyjnym, przypadającego na hektar obrobionej powierzchni.

Założenia wstępne

Przy wyborze parametrów, których wpływ na kształtowanie się zużycia paliwa będzie rozpatrywany, uznano za celowe przeanalizowanie zmian wielkości zużycia paliwa na hektar, wywołanych przyrostami (dodatnimi i ujemnymi) parametrów występujących w równaniu Baltina, tj. promienia dolotu, masy rozprzestrzenianych w trakcie lotu chemikaliów, szerokości roboczej, czeredniej długości pola oraz prędkości roboczej. Analizę można przeprowadzić na podstawie o zależności [Pisarski 2004]:

$$Z_l = \frac{(2,47735 \cdot V_r^3 - 146,2994 \cdot V_r^2 + 2441 \cdot V_r + 20328,3) \left(\frac{D \cdot 2 \cdot r}{M \cdot V_p} + \frac{10^4}{B} \cdot \left(\frac{1}{V_r} + \frac{T_n}{l_{er}} \right) \right)}{3,6 \cdot 10^5} \text{ dm}^3/\text{ha} \quad (1)$$

w której występuje 9 parametrów lotu operacyjnego.

W równaniu (1) czas trwania nawrotu T_n , jest funkcją prędkości roboczej, którą można przedstawić w postaci wielomianu drugiego stopnia [Gajewski, Sienkiewicz 1979]:

$$T_n = a_1 \cdot V_r^2 + a_2 \cdot V_r + a_3 \quad (2)$$

gdzie a_1 , a_2 i a_3 są współczynnikami określonymi na podstawie badań polowych.

Pominięto przeanalizowanie zmian zużycia paliwa wywołanych przyrostem prędkości przelotowej ze względu na to, że w przypadku oemig³owców zmienia się ona podczas trwania przelotu w szerokim zakresie, a jej średnia wartość na danej trasie lotu zależy zarówno od jej długości, jak i wielu innych czynników (techniki pilotażu, warunków terenowych, usytuowania lądowiska względem pola zabiegowego itp.) Biorąc powyższe pod uwagę uznano za niecelowe rozpatrywanie wpływu przyrostu wielkości, której w praktyce nie można z góry ustalić i przewidzieć, na zmiany zużycia paliwa, i wyciągnięcie na tej podstawie wniosków odnośnie ewentualnych oszczędności.

Wyniki przedstawiono w funkcji podstawowego parametru agrotechnicznego, jakim jest dawka. Przyjęto dynamiczną technikę nawrotów. W toku analizy określono jak na względny spadek zużycia paliwa odniesiony do hektara obrabianej przez oemig³owiec Mi-2R powierzchni wpływają dodatnie jednoprocentowe przyrosty V_r , B , l i M oraz ujemny jednoprocentowy przyrost r .

Względny spadek zużycia paliwa obliczano wg wzoru:

$$\Delta Z_l = \frac{|Z_{l(Np)} - Z_{l(Nw)}|}{Z_{l(Nw)}} \cdot 100\% \quad (3)$$

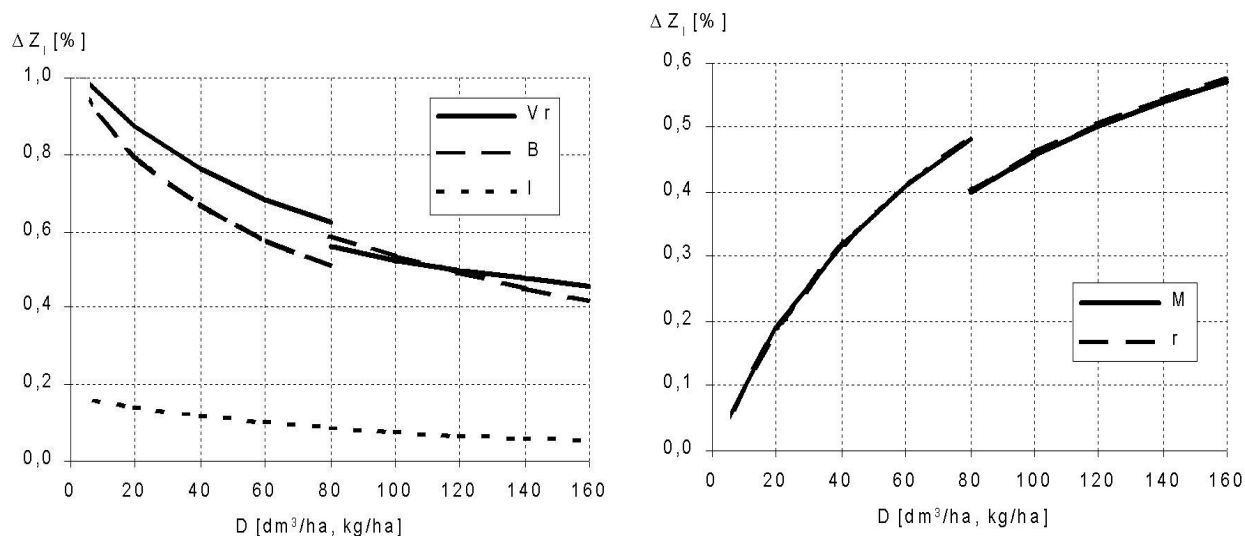
Przyjęte wyjściowe wartości parametrów, określone na podstawie badań przeprowadzonych dla Polski [Rowiński 1988], przedstawiono w tabeli 1.

Wyniki przedstawiono na rysunku 1. Wielkości dawek $6 \leq D \leq 80$ dm³/ha odpowiadają zabiegom oprysku, wielkości $80 \leq D \leq 160$ kg/ha zabiegom nawożenia. Aby rozpatrywać celowość starań o ograniczenie zużycia paliwa na podstawie zależności (1) przeprowadzono przykładowe obliczenia zużycia paliwa przy obróbce pola o pow. 100 ha w zabiegach ochrony i nawożenia. Założono dynamiczną technikę nawrotów, wartości parametrów ACO przyjmowano według tabeli 1.

Tabela 1. Wyjściowe wartości parametrów ACO przyjęte do analizy
 Table 1. Initial values of the ACO parameters assumed to analysis

Parametr	Miano	Rodzaj zabiegu	
		oprysk	nawożenie
B	m	30	30
l_{sr}	m	881	881
M	dm ³ , kg	500*	700
r	m	1186	1412
V_p	m/s	27,7	27,7
V_r	m/s	16,6	25

* wartość przyjęta ze względu na ograniczenia czasu trwania lotu operacyjnego wynikające z pojemności zbiorników paliwa przy stosowaniu małych dawek [Rowiński 2003]



Rys. 1. Względny spadek zużycia paliwa na 1 ha przez śmigłowiec Mi-2R w locie operacyjnym: a - dla 1% dodatniego przyrostu V_r , B i l ; b - dla 1% dodatniego przyrostu M oraz 1% ujemnego przyrostu r

Fig. 1. Relative decrease of fuel consumption per 1 ha by the Mi-2R helicopter at operation flight: a - for 1% positive increase of V_r , B and l ; b - for 1% positive increase of M and for 1% negative increase of r

Wyniki analizy i ich dyskusja

Na podstawie uzyskanych wyników można stwierdzić, że wpływ dodatniego przyrostu prędkości roboczej oraz szerokości roboczej na spadek zużycia paliwa na hektar maleje wraz ze wzrostem stosowanej dawki (rys. 1a). Wynika to z różnic pomiędzy czasem trwania poszczególnych czynności składowych lotu operacyjnego w tych dwóch rodzajach zabiegów. W zabiegach oprysku (szczególnie dla małych dawek) udział czasu trwania lotu roboczego (pracy aparatury agro) w czasie lotu operacyjnego jest znacznie większy niż w zabiegach nawożenia [Rogalski 1991]. Przy obróbce pola o pow. 100 ha z zastosowaniem dawki $D_o = 6 \text{ dm}^3$ zwiększenie prędkości roboczej z 60 km/h do 66 km/h (o 10%) powoduje spadek ilości potrzebnego paliwa o ok. 20 dm^3 (z 210 dm^3 do 190 dm^3), natomiast wzrost szerokości roboczej z 30 m do 33 m (o 10%) powoduje spadek zużycia paliwa o ok. 18 dm^3 (z 210 dm^3 do 182 dm^3).

Wpływ dodatniego przyrostu udźwigu chemikaliów oraz ujemnego przyrostu promienia dolotu na spadek zużycia paliwa na hektar rośnie ze wzrostem dawki z uwagi na częstsze przeloty pomiędzy lądowiskiem a polem w celu załadunku chemikaliów. Przy polu o pow. 100 ha i dawce $D_n = 160 \text{ kg/ha}$ zwiększenie udźwigu chemikaliów (np. kosztem zabieranego paliwa) z 700 do 770 kg (o 10%) powoduje spadek zużycia paliwa o ok. 18 dm^3 (z 400 dm^3 do 382 dm^3), natomiast zmniejszenie promienia dolotu z 1412 m do 1271 m (o 10%) powoduje spadek zużycia paliwa o ok. 20 dm^3 (z 400 dm^3 do 380 dm^3).

Wyniki analizy wykazały również, że przyrost długości pola w małym stopniu wpływa na obniżenie zużycia paliwa na hektar (rys. 1a). Czasami warunki terenowe (przeszkody) lub atmosferyczne oraz czas wykonywania zabiegu (kierunek wiatru, promienie słoneczne) przemawiają za sposobem mniej ekonomicznym, czyli wzdłuż jego krótszego boku pola. Warto więc zastanowić się nad tym, jak ewentualna zmiana kierunku przelotów roboczych wpłynie na zmianę ilości paliwa potrzebnego do zabiegu. Jeżeli o kierunku przelotów decydują warunki terenowe (np. przeszkody), wspomnianą zmianę sposobu wykonania zabiegu można uzyskać przez ich usunięcie. Jeżeli w grę wchodzi warunki atmosferyczne, to o ile pozwalają na to wymagania agrotechniczne (np. terminy), zabieg można przeprowadzić wówczas, gdy warunki pogodowe umożliwiają bardziej ekonomiczną pracę operatora.

Dla zobrazowania wpływu sposobu wykonania zabiegu na zużycie paliwa przeprowadzono przykładowe obliczenia przy powierzchni pola $F = 100 \text{ ha}$.

Wychodz¹c ze œredniej d³ugoœci d³u³szego boku pola wg zale³noœci [Rowi³ski 1988]:

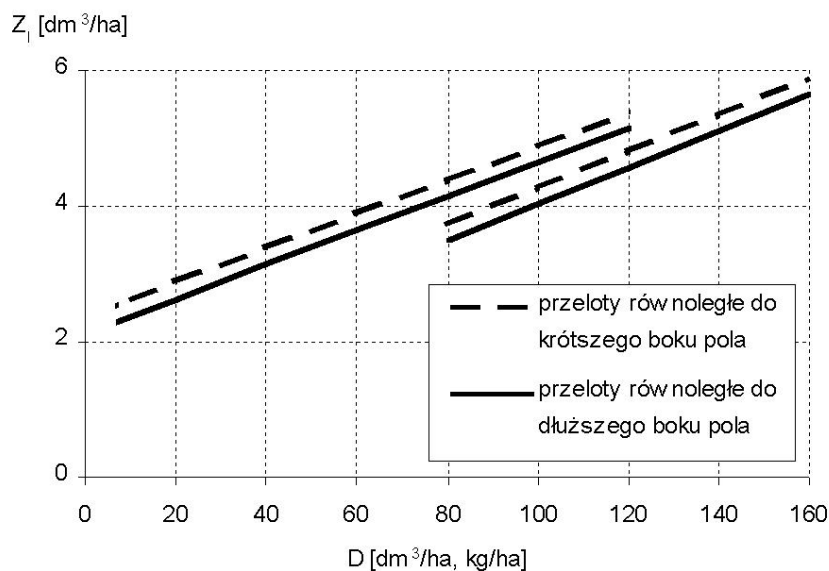
$$l_{er} = 130,1 \cdot \sqrt{F} = 130,1 \cdot \sqrt{100} = 1301 \text{ m} \quad (4)$$

wyznaczono d³ugoc³e pola przy przelotach roboczych realizowanych wzdu³z krótszego boku, przekszta³caj¹c zale³noœc³e

$$l_k = 76,9 \cdot \sqrt{F} = 76,9 \cdot \sqrt{100} = 769 \text{ m} \quad (5)$$

Pozosta³e wartoc³e parametrów lotu operacyjnego przyj³to wg tabeli 1.

Wyniki analizy uzale³niono od stosowanej dawki i przedstawiono na rysunku 2. Obliczenia wykaza³y, ³e w przypadku zmiany sposobu obróbki pola powoduj¹cej istotn¹ zmian³e d³ugoœci przelotów roboczych ró³nicie w zu³yciu paliwa staj¹ si³e znacz¹ce. Zmiana kierunku przelotów roboczych z równoleg³ego do krótszego boku na równoleg³y do boku d³u³szego powoduje przy polu o powierzchni 100 ha z zastosowaniem dawki $D = 6 \text{ dm}^3$ spadek zu³ycia paliwa z 253 m^3 do 228 dm^3 (o oko³o 10%).



Rys. 2. Wpływ kierunku przelotów roboczych na zu³ycie paliwa na 1 ha przez śmigłowiec Mi-2R w locie operacyjnym (pole o pow. 100 ha)

Fig. 2. Effect of the working flight direction on fuel consumption per 1 ha by the Mi-2R helicopter at operation flight (field of the area 100 ha)

Wnioski

1. Z analizy matematycznej równania (1) wynika, że zmiany zużycia paliwa na hektar przez oemig³owiec Mi-2R wywołane zmianami V_p , B , l , M i r mają charakter hiperboliczny.
2. Wpływ dodatniego przyrostu prędkości roboczej oraz szerokości roboczej na spadek zużycia paliwa na hektar maleje ze wzrostem stosowanej dawki, powodując porównywalny spadek zużycia paliwa dla małych dawek.
3. Wpływ dodatniego przyrostu udźwigu chemikaliów i ujemnego przyrostu promienia dolotu na kształtowanie się zużycia paliwa staje się znaczący przy stosowaniu dużych dawek oprysku oraz nawożenia, powodując porównywalny spadek wspomnianego zużycia dla dużych dawek. Dla małych dawek spadek zużycia paliwa wywołany zmianami tych parametrów jest niewielki.
4. Biorąc pod uwagę uzyskane wyniki analizy można stwierdzić, że ewentualne działania mające na celu zwiększenie prędkości i szerokości roboczej są uzasadnione w zabiegach oprysku małymi dawkami, natomiast dążenia do zwiększenia udźwigu chemikaliów oraz zmniejszenia promienia dolotu mają uzasadnienie w zabiegach nawożenia i ochrony dużymi dawkami.
5. Możliwości wpisywania na zużycie paliwa w zabiegach oemig³owcowych przez zmianę parametrów ACO są ograniczone, tym bardziej że uwarunkowane są również nie analizowanymi czynnikami, jakimi są jakość zabiegów i bezpieczeństwo lotu. Podane w pracy przykłady liczbowe wskazują jednak, że warto jest w ten sposób obniżyć koszty zabiegów, bowiem uzyskane oszczędności (zwłaszcza przy zmianie więcej niż jednego parametru) przy zabiegu tylko na jednym polu o pow. 100 ha stają się znaczące.

Bibliografia

- Gajewski B., Sienkiewicz J. 1979. Określenie czasu nawrotu oemig³owca Mi-2 w zabiegach agrolotniczych. TLiA, 11: 36-37
- Kostia T., 1976. Wydajność systemu agrolotniczego "Oemig³owiec - Ziemia". Konferencja naukowa nt. Oemig³owce Mi-2 w s³u³bie rolnictwa. AR Lublin, ss. 75-95
- Pisarski W. 2004. Zużycie paliwa przez oemig³owiec Mi-2R w zabiegach agrolotniczych. Problemy Inżynierii Rolniczej, 1(43): 43-50
- Qantick H. R. 1985. Aviation in Crop Protection, Pollution and Insect Control. Collins Professional and Technical Books, London

Rogalski L. 1991. Technologie prac agrolotniczych. Wyd. ART Olsztyn

Rowiński R. S., 1988. Rezultaty badań parametrów agrolotniczego cyklu operacyjnego. Roczniki Nauk Rolniczych., t. 78-C-1: 181-189

Rowiński R. S. 1994. Ekonomia zabiegów agrolotniczych. Wyd. ART, Olsztyn

Rowiński R. S. 2003. Polskie agrolotnictwo. Wyd. UWM, Olsztyn

**EFFECT OF CHANGES IN SELECTED PARAMETERS
OF AGROAERIAL OPERATION CYCLE ON FUEL CONSUMPTION
PER HA BY THE MI-2R HELICOPTER**

Summary

On the basis of relationship describing fuel consumption [Pisarski 2004] an effect of the changes in selected parameters of operation cycle on fuel consumption per 1 ha of treated area by the Mi-2R helicopter was analysed. The results showed the highest negative increase of fuel consumption resulted from positive increase of operation speed, working width and average length of the field, may be obtained at plant protection operations. However, the highest negative increase of fuel consumption resulted from positive increasing the amount of chemicals spread at operation flight and negative increase of flight route length are obtainable at fertilizing operations.

Key words: agricultural aviation, agricultural helicopters, helicopter operations, fuel consumption

Recenzent: Mieczysław Szpringiel

