

Zużycie paliwa przez silniki pilarek spalinowych pracujących na biegu jałowym

Krzysztof Wójcik^a*

^aSzkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Instytut Inżynierii Mechanicznej, Katedra Inżynierii Biosystemów, Warszawa

Informacje o artykule

Data przyjęcia: 22.11.2022

Data akceptacji: 16.12.2022

Słowa kluczowe

pilarka spalinowa

zużycie paliwa

bieg jałowy

godzinowe zużycie paliwa

godzinowe zużycie energii

W utrzymaniu pilarki spalinowej główny koszt stanowi paliwo służące do jej zasilania. Poza podstawowymi czynnikami, które wpływają na zużycie paliwa można wymienić także stan pracy silnika. W artykule przedstawiono zagadnienie związane ze zużyciem paliwa przez silnik pilarki, pracującą na biegu jałowym. Z badań wynika, że pomiędzy objętością skokową silnika, a zużyciem paliwa nie występuje istotna zależność podczas, gdy silnik pracuje na wolnych obrotach, jednak zaobserwowano, że wraz ze wzrostem pojemności skokowej, nieznacznie zmniejsza się zużycie mieszanki paliwowej.

The main cost of maintaining a petrol chainsaw is the fuel used to power it. In addition to the basic factors that affect fuel consumption, the engine operating condition can also be mentioned. The article presents the issue of fuel consumption by the chain saw engine when idling speed. The research shows that there is no significant relationship between the engine displacement and fuel consumption when the engine is idling, but it has been observed that with the increase in cubic capacity, the consumption of the fuel mixture decreases slightly.

Artykuł udostępniony na licencji CC BY 4.0:

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.en>.

1. Wprowadzenie

Na rynku można znaleźć wiele modeli pilarek różnych producentów. Pozwala to użytkownikom wybrać odpowiednią maszynę do swoich potrzeb, tak aby praca wykonywana była przy jak największej efektywności oraz jak najmniejszym nakładzie finansowym.

Stały wzrost cen paliw powoduje wzrost kosztów użytkowania pilarki, przez co firmy leśne zmuszone są do szukania sposobów na oszczędzenie pieniędzy, a jednym z nich jest zmniejszenie zużycia paliwa. Z uwagi na niską sprawność ogólną silników pilarek zalecane jest stosowanie paliwa bezołowiowego o liczbie oktanowej 95. Silnik pilarki spalinowej nie jest w stanie wykorzystać pełnej energii, która zawarta jest w paliwach

wysokooktanowych (98 i 100 oktanów), jednocześnie paliwo o liczbie oktanowej 95 jest tańsze od pozostałych, co ma znaczący wpływ na koszty użytkowania tego typu maszyn.

Zużycie paliwa uwarunkowane jest wieloma czynnikami i ma ono duży związek z wydajnością pilarki spalinowej. Do podstawowych czynników zaliczyć można: umiejętności operatora, warunki atmosferyczne, rodzaj pozyskiwanych sortymentów, cechy danego drzewostanu oraz intensywność cięcia i rodzaj wykonywanych zabiegów. Istotny wpływ ma również sprzęt jakim dysponuje operator oraz jego stan techniczny [Kusiak i inni 2012].

Zatem największy wpływ na ilość spalane paliwa przez silnik pilarki spalinowej mają:

* Autor do korespondencji: krzysztof_wojcik@sggw.edu.pl

1. Zanieczyszczenie filtra powietrza.
Jedną z ważniejszych czynności przy okresowej kontroli pilarek jest oczyszczenie filtra powietrza. Stopień jego zanieczyszczenia ma duży wpływ na pracę silnika oraz osiągane efekty pracy. Według Maciaka [2007] wzrost zużycia paliwa jest stosunkowo niewielki do momentu, gdy filtr jest zanieczyszczony w 66%. W tym punkcie obserwuje się znaczny wzrost zużycia paliwa przy zmniejszającej się wydajności skrawania.
2. Napięcie piły łańcuchowej.
Nieodpowiednio napięta piła łańcuchowa wpływa na zmianę oporu przesuwania się piły po prowadnicy. Wynika z tego, że zmniejsza bądź zwiększa się zapotrzebowanie mocy, a co za tym idzie również zużycie paliwa, jednocześnie przyspiesza zużycie całego układu tnącego [Górski 1996]. Maciak [2002] wykazał, że odpowiednio napięta piła powoduje zwiększenie wydajności skrawania o 20% względem piły nienapiętej. Powoduje to znaczne różnice w zużyciu paliwa.
3. Rodzaj piły łańcuchowej.
Rodzaj użytego w pile ogniwa ma istotny wpływ na wydajność skrawania i zużycie paliwa. Podczas skrawania drewna miękkiego, o małej gęstości, lepszą wydajność skrawania oraz mniejsze zużycie paliwa osiągnąć można przy zastosowaniu ogniwa typu półdłuto, natomiast w przypadku drzew o dużej gęstości, większą wydajność i mniejsze zużycie paliwa dają piły z ogniwami typu dłuto [Grodecki, Stempski 1996, Kozłowski 2003].
4. Stan techniczny ogniwa tnących.
W zależności od stopnia stępienia ogniwa zmniejsza się grubość skrawanych wiórów, co powoduje zwiększenie zapotrzebowania na moc i tym samym powoduje zwiększenie zużycia paliwa [Maciak 1994, Stempski, Grodecki 1998].
5. Wysokość rzazu.
Wydajność skrawania przy założonej wysokości rzazu jest zależna od siły posuwu. Przy siłach posuwu mniejszych niż 50 N wzrost wysokości rzazu zmniejsza wydajność skrawania, a spadek tej wydajności zwiększa zużycie paliwa. Przy większych siłach zwiększenie wysokości rzazu powoduje wzrost wydajności piłowania, aż do wartości maksymalnych. Przekroczenie tych wartości wpływa na wzrost zużycia paliwa i spadek wydajności skrawania [Łukomski 1977, Górski 2001, Kozłowski 2003].
6. Siła posuwu.
W badaniach udowodniono, że wydajność skrawania zależy od siły posuwu. Wraz ze wzrostem siły posuwu, a co za tym idzie również zapotrzebowania na moc, rośnie zużycie paliwa [Loike 1965]. Maciak [2010] w swoich badaniach wykazał, że każda pilarka spalinowa osiąga najlepszą wydajność skrawania przy określonej dla niej sile posuwu. Zwiększenie tej siły wpływa na zmniejszenie wydajności i wzrost zużycia paliwa. Zależność ta najbardziej uwidacznia się w przypadku małych pilarek, ale widoczna jest także w przypadku dużych urządzeń.
7. Właściwie wyregulowany gaźnik.
Prawidłowo wyregulowany gaźnik jest istotnym elementem mającym duży wpływ na zużycie paliwa. Dostarcza on mieszankę paliwa z powietrzem w odpowiedniej proporcji do komory spalania. Mieszanaka nie może być zbyt uboga lub zbyt bogata, ponieważ silnik pilarki nie będzie w stanie osiągnąć pełnej mocy lub nie spali całkowicie paliwa zawartego w komorze i zostanie ono wydalone razem ze spalinami.
8. Stan sprzęgła.
Prawidłowość doboru elementów sprzęgła oraz jego stan techniczny mogą prowadzić do znacznych zmian w zużyciu paliwa. Montowane w pilarkach sprzęgło odśrodkowe powinno natychmiast po osiągnięciu odpowiedniej prędkości obrotowej załączyć układ tnący. Zużyte części tworzące sprzęgło powodują nadmierny poślizg, co nie pozwala w pełni przekazać mocy silnika na układ tnący pilarki, tym samym powodując zwiększenie zużycia paliwa [Gendek 2000].
9. Umiejętności pilarsza.
Według Więsika i Wójcika [2006, 2007] doświadczony operator, używając pilarek wyposażonych w silniki o podobnej pojemności i osprzęcie jest w stanie zużyć do 50% mniej paliwa niż operator nieposiadający wystarczającego doświadczenia. Odpowiednia obsługa narzędzia, do której można zaliczyć sterowanie gazem czy dopasowanie siły posuwu może mieć duży wpływ na ilość paliwa zużywanego przez pilarkę.
10. Wielkość pilarki.
Zużycie paliwa w dużym stopniu zależy zarówno od pojemności skokowej silnika pilarki, jak i od rodzaju wykonywanej czynności. W przypadku, gdy pilarka wykorzystywana jest głównie do przerzynki drewna, lepszym rozwiązaniem jest użycie pilarek o większej pojemności skokowej. Wpłynie to na krótszy czas wykonania tej operacji w przypadku większych średnic drewna, a co za tym idzie zmniejszy się zużycie paliwa, w porównaniu do wykonania tej samej operacji, ale pilarką z silnikiem o małej pojemności skokowej i małej mocy.

2. Cel i przedmiot badań

Celem prezentowanych badań było określenie zużycia paliwa przez silniki pilarek spalinowych pracujących na biegu jałowym, charakteryzujących się różną

objętością skokową, na podstawie wyznaczenia godzinowego zużycia paliwa i wartości energii pobranej przez silnik pilarki będący w tym stanie pracy. Do przeprowadzenia badań wykorzystano trzydzieści pilarek spalinowych (po trzy egzemplarze każdego modelu), z których każda charakteryzowała się inną pojemnością skokową silnika, ich parametry techniczne przedstawiono w tab. 1.

Pilarki na których przeprowadzono badania należały do różnych grup pod względem wielkości, a także

przeznaczenia. Dwie należały do grupy pilarek małych, jedna do grupy dużych, a pozostałe znajdowały się w grupie średnich. Jedna z pilarek małych była tzw. pilarką jednoręczną, przeznaczoną dla arborystów. Wszystkie pilarki użyte w badaniach były dotarte i charakteryzowały się niewielkim stopniem wyeksploatowania. Silniki pilarek zasilane były 95-cio oktanową benzyną zmieszaną z olejem klasy TE, który stosowany jest do silników dwusuwowych w stosunku 1:50 (olej:benzyna) według zaleceń producenta.

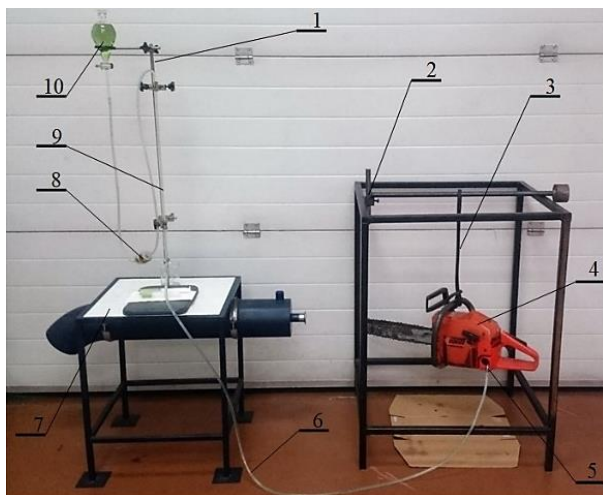
Tab. 1. Parametry techniczne pilarek wykorzystanych w badaniach (na podstawie instrukcji obsługi i danych KWF)

Pilarka	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Parametr										
Pojemność skokowa	35,2 cm ³	40 cm ³	42 cm ³	45,7 cm ³	46 cm ³	49 cm ³	50,1 cm ³	54 cm ³	56,5 cm ³	62 cm ³
Moc	1,5 kW	2,0 kW	2,3 kW	2,1 kW	2,3 kW	2,4 kW	2,8 kW	2,9 kW	2,7 kW	3,4 kW
Masa	3,4 kg	4,7 kg	4,7 kg	4,9 kg	4,7 kg	5,2 kg	5,0 kg	5,4 kg	5,6 kg	5,8 kg
Prędkość obrotowa podczas pracy na biegu jałowym	2900 obr/min	2500 obr/min	2700 obr/min	2700 obr/min	2700 obr/min	2500 obr/min	2600-2800 obr/min	2700 obr/min	2700 obr/min	2700 obr/min
Pojemność zbiornika paliwa	0,26 l	0,5 l	0,52 l	0,45 l	0,52 l	0,6 l	0,52 l	0,6 l	0,68 l	0,6 l
Pojemność zbiornika oleju	0,17 l	0,25 l	0,27 l	0,26 l	0,27 l	0,3 l	0,27 l	0,3 l	0,38 l	0,3 l
Poziom hałasu (dB)	112	107	99,5	112	101	104	114	108	109	109
Drgania przód [m/s ⁻²]	3,6	1,9	3,6	3,1	3,6	3,4	2,8	3,0	3,5	3,3
Drgania tył [m/s ⁻²]	3,9	4,2	5,4	4,9	5,4	5,2	3,7	4,9	5,8	5,4
Jednostkowe zużycie paliwa przy maksymalnej mocy	587 g/kWh	603 g/kWh	537 g/kWh	420 g/kWh	508 g/kWh	493 g/kWh	420 g/kWh	455 g/kWh	486 g/kWh	470 g/kWh
Jednostkowe zużycie paliwa przy maksymalnym momencie	552 g/kWh	637 g/kWh	594 g/kWh	480 g/kWh	462 g/kWh	518 g/kWh	477 g/kWh	513 g/kWh	516 g/kWh	564 g/kWh
Godzinowe zużycie paliwa przy maksymalnej mocy	1,3 l/h	1,6 l/h	1,5 l/h	1,5 l/h	1,7 l/h	1,5 l/h	1,6 l/h	1,9 l/h	2,0 l/h	2,2 l/h
Godzinowe zużycie paliwa przy maksymalnej mocy	0,9 l/h	1,4 l/h	1,4 l/h	1,3 l/h	1,3 l/h	1,4 l/h	1,5 l/h	1,6 l/h	1,6 l/h	2,0 l/h

3. Metodyka

Temperatura otoczenia w czasie wykonywania badań wynosiła 18±2°C. Na rys. 1 przedstawiono stanowisko do wykonywania pomiarów zużycia paliwa przez silnik pilarki spalinowej pracujący na biegu jałowym. Wszystkie elementy stanowiska ustawiono na płaskiej, równej powierzchni. Na metalowym stoliku (7) ustawiono statyw, na którym zamocowano kolbę pomiarową

z zaworem (10) i biuretę pomiarową również wyposażoną w zawór (9), pomiędzy którymi na łączącym je przewodzie paliwowym zamontowano filtr paliwa (8). Pilarka została podwieszona na metalowym stelażu przy użyciu gumowego cięgna o małej sprężystości, tak aby jej położenie było stabilne a przewód paliwowy pilarki połączono bezpośrednio z króćcem przewodu doprowadzającego paliwo z biurety pomiarowej.



Rys. 1. Elementy stanowiska pomiarowego: 1 – statyw, 2 – metalowy stelaż, 3 – gumowe cięgno o małej sprężystości, 4 – pilarka spalinowa, 5 – króciec do bezpośredniego połączenia z przewodem paliwowym pilarki, 6 – przewód paliwowy, 7 – metalowy stolik, 8 – filtr paliwa, 9 – biureta pomiarowa, 10 – kolba pomiarowa z zaworem

Przed przystąpieniem do wykonywania pomiarów sprawdzono stan techniczny każdej pilarki, zwracając szczególną uwagę na gaźnik oraz filtr powietrza. Następnie rozgrzewano silnik (tj. do temperatury minimum 100°C mierzonej w tym samym miejscu przy każdej pilarence, a także do momentu stabilizacji prędkości obrotowej biegu jałowego na stałym, niezmiennym poziomie). Następnie przy użyciu bezstykowego obrotomierza mierzono prędkość obrotową i w razie potrzeb regulowano gaźnik tak, aby uzyskać prędkość obrotową biegu jałowego zalecaną przez producenta. Przed rozpoczęciem pomiarów, ale po rozgrzaniu silnika, usuwano ze zbiornika paliwa pozostałą ilość mieszanki. Następnie demontowano smok paliwa z filtrem i przewód paliwowy pilarki podłączano specjalnym króćcem z przewodem, który doprowadza paliwo z biurety pomiarowej. Uzupełniano zbiornik oleju co najmniej do połowy, aby pilarka pracując na biegu jałowym znajdowała się w stabilnym położeniu.

Po odpowiednim przygotowaniu stanowiska, podłączeniu pilarki i uzupełnieniu biurety pomiarowej mieszanką paliwową, uruchamiano pilarkę. Skala znajdująca się na ścianie biurety pomiarowej pozwalała na obserwację poziomu paliwa. Gdy wartość na skali osiągała „0” uruchamiano stopery. Dla każdej pilarki wykonano 10 pomiarów: 5 pomiarów dla zużycia 20 ml mieszanki i 5 dla 10 ml. W momencie, gdy obserwowany na biurecie pomiarowej poziom paliwa osiągał wcześniej założoną wartość zatrzymywano czas mierzony na stoperach. Po zatrzymaniu stoperów wyniki spisywano i uzupełniano poziom paliwa w biurecie, po czym wykonywano w ten sam sposób kolejny pomiar, bez wyłączania silnika badanej pilarki.

Wielkością, której rola w analizie pomiarów miała największe znaczenie było godzinowe zużycie paliwa G_e . Masę paliwa zużytego w czasie określono mianem godzinowego zużycia paliwa i obliczono, korzystając ze wzoru (1):

$$G_e = \frac{G \cdot \rho \cdot 3,6}{T} \left[\frac{\text{kg}}{\text{h}} \right] \quad (1)$$

gdzie:

G – zużycie paliwa [cm^3],

ρ – gęstość paliwa [g/cm^3],

T – czas [s].

Do obliczeń przyjęto gęstość paliwa równą $\rho = 0,85 \text{ g}/\text{cm}^3$.

Kolejną wielkością, która została wyznaczona była wartość energii zużytej podczas pracy pilarki na biegu jałowym W_{eu} i obliczona została zgodnie ze wzorem (2):

$$W_{eu} = G_e \cdot W_u \left[\frac{\text{kJ}}{\text{h}} \right] \quad (2)$$

gdzie:

W_{eu} – wartość energii pobranej

W_u – wartość opałowa paliwa [$\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$].

Do obliczeń przyjęto wartość opałową paliwa równą $W_u = 43120 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$.

4. Wyniki badań

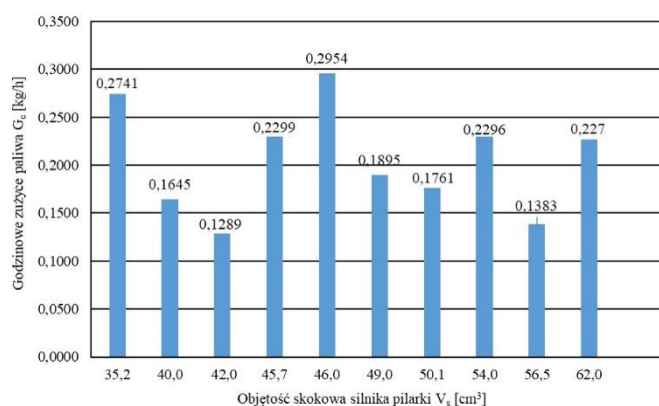
W tab. 2 przedstawiono średnie czasy spalania 15 ml mieszanki paliwowej przez każdą z pilarek. Na podstawie tych wyników obliczono godzinowe zużycie paliwa, a także wartość energii, która została wykorzystana przy spalaniu mieszanki paliwowo-powietrznej w czasie pracy silnika pilarki na biegu jałowym.

Tab. 2. Średni czas spalania 15 ml paliwa przez różne modele pilarek i wyznaczone na jego podstawie godzinowe zużycie paliwa i zużyta energia

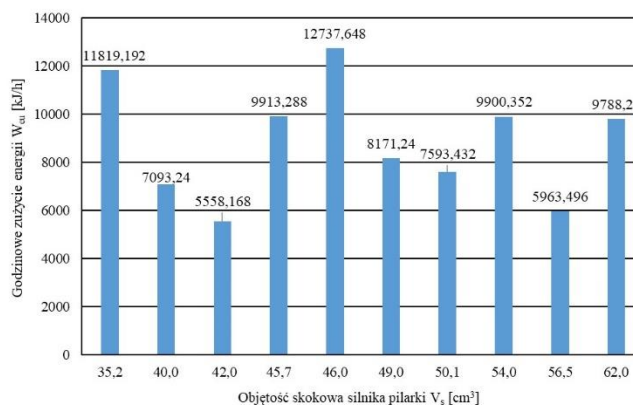
Pilarka	Pojemność skokowa silnika V_s [cm ³]	Zmierzony czas T [min:s:1/1000s]	Godzinowe zużycie paliwa G_e [kg/h]	Godzinowe zużycie energii W_{eu} [kJ/h]
1	35,2	2:47:37	0,2741	11819,192
2	40,0	4:39:264	0,1645	7093,24
3	42,2	5:55:82	0,1289	5558,168
4	45,7	3:19:615	0,2299	9913,288
5	46,0	2:35:223	0,2954	12737,648
6	49,0	4:02:239	0,1895	8171,24
7	50,1	4:20:525	0,1761	7593,432
8	54,0	3:19:869	0,2296	9900,352
9	56,5	5:31:328	0,1383	5963,496
10	62,0	3:22:197	0,2270	9788,24

Wartości godzinowego zużycia paliwa różnią się od siebie dla każdej z badanych pilarek i zawierają się w przedziale od 0,1289 kg/h do 0,2954 kg/h. Największe zużycie paliwa, wynoszące 0,2954 kg/h wyznaczono dla pilarki nr 5, należącej do grupy pilarek średnich. Duże zużycie zaobserwowano również dla pilarki nr 1, najmniejszej z badanych pilarek. Jest to jednak pilarka

specjalna do wykonywania lekkich prac. Obsługuje się ją jedną ręką, przez co jej masa jest obniżona kosztem możliwych do zastosowania rozwiązań pozwalających ograniczyć zużycie mieszanki paliwowej. Najmniejszym zużyciem charakteryzowała się pilarka nr 3, a godzinowe zużycie paliwa dla tego modelu wynosiło 0,1289 kg/h – rys. 2.



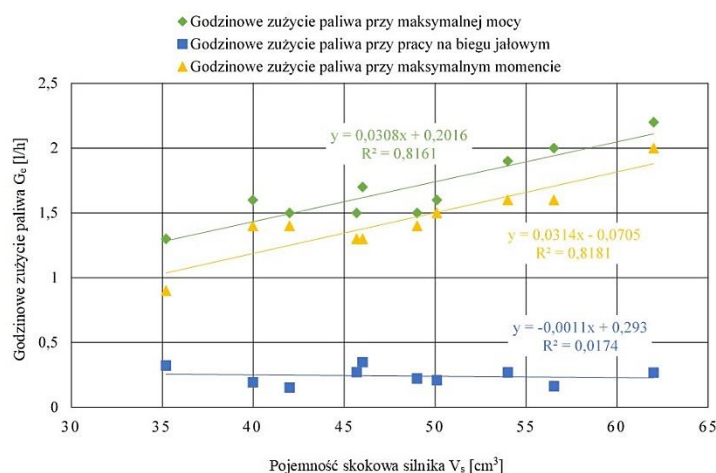
Rys. 2. Godzinowe zużycie paliwa w zależności od objętości skokowej silnika pilarki



Rys. 3. Godzinowe zużycie energii w zależności od objętości skokowej silnika pilarki

Zużycie energii przez pilarkę spalinową pracującą na biegu jałowym w zależności od objętości skokowej silnika waha się w przedziale od około 5558 kJ/h do 12737,65 kJ/h. Najmniejsze zużycie zaobserwowano dla pilarki nr 3 i wynosiło ono 5558,168 kJ/h, a największe dla pilarki nr 5 wynoszące 12737,648 kJ/h. Rozkład godzinowego zużycia energii przedstawia się tak samo jak dla godzinowego zużycia paliwa i wynika z zastosowanej metody obliczeniowej – rys. 3.

Na rys. 4 przedstawiono zależności godzinowego zużycia paliwa od pojemności skokowej silnika, z różnieniem trzech stanów pracy silnika pilarki: przy maksymalnej mocy i przy maksymalnym momencie (dane producenta i KWF) oraz podczas pracy na biegu jałowym (wyniki badań).



Rys. 4. Stosunek godzinowego zużycia paliwa w różnych stanach pracy pilarki do jej pojemności skokowej silnika

We wszystkich analizowanych stanach pracy zużycia paliwa jest skorelowane z pojemnością silnika pilarki. Ilość paliwa, które jest potrzebne do utrzymania silnika pilarki w stanie pracy na wolnych obrotach jest ponad 3 razy mniejsza niż ilość paliwa, które zużyła pilarka podczas pracy przy maksymalnym momencie i ponad 4 razy mniejsza niż przy maksymalnej mocy (dla pojemności około 50 cm³). Stosunek ten zwiększa się wraz ze wzrostem objętości skokowej silnika. Dla pilarek pracujących przy maksymalnej mocy i maksymalnym momencie zaobserwowano znaczny wzrost zużycia mieszanki paliwowej wraz ze zwiększaniem się pojemności skokowej silnika. Silniki w pilarkach zużywają znacznie mniej paliwa podczas pracy na wolnych obrotach i ilość ta nieznacznie zmniejsza się wraz ze wzrostem pojemności silnika. Dla pilarek, o objętości skokowej silnika około 60 cm³ zużycie paliwa jest 8 razy większe podczas pracy silnika przy maksymalnej mocy i przy maksymalnym momencie niż dla silnika pracującego na biegu jałowym.

5. Podsumowanie

Mnogość czynników, które wpływają na ilość zużywanego paliwa powoduje, że prawidłowe ustalenie zużycia mieszanki staje się bardzo trudne.

Najwyższym średnim godzinowym zużyciem paliwa charakteryzowała się pilarka nr 5, a najniższym nr 3. Obie te pilarki należały do grupy średnich. Dużym zużyciem w stosunku do objętości silnika wyróżniła się pilarka nr 1. Była to pilarka jednoręczna, specjalna.

Z przeprowadzonej analizy wyników badań zużycia paliwa przez silniki pilarek spalinowych, które pracowały na biegu jałowym wynika, że wraz ze wzrostem objętości skokowej silnika nieznacznie zmniejsza się zużycie paliwa.

Duże pilarki, zazwyczaj należące do grupy profesjonalnych przeznaczone są w większości do wykonywania prac leśnych przez drwali. Z racji przeznaczenia takich pilarek i planowanego czasu pracy tych urządzeń w ich konstrukcji stosuje się elementy, które pozwalają ograniczyć zużycie paliwa. Niestety zakupując pilarkę z zastosowaniem takich elementów trzeba liczyć się ze znacznie wyższą ceną, niż w przypadku pilarek nieprofesjonalnych.

Przy przyjętej gęstości paliwa obliczono, że jeden litr mieszanki paliwowej stosowanej w pilarkach waży około 0,85 kg. Następnie wyznaczono, że pilarka, która miała najmniejsze godzinowe zużycie (nr 3), zużyła w ciągu 1h około 0,15 litra paliwa, a pilarka z największym godzinowym zużyciem (nr 5) około 0,35 litra.

Zakładając, że w ciągu ośmiogodzinnego dnia roboczego pilarka pilarką, którą się posługuje pracuje na biegu jałowym sumarycznie około 1 godziny, a cena paliwa wynosi około 7,0 zł za 1 litr (do tego należy doliczyć cenę oleju do sporządzenia mieszanki, która wynosi 1,0 zł na 1 litr benzyny), obliczono, że koszt paliwa, które zużyłaby pilarka nr 3 pracując na wolnych obrotach wynosiłby 1,20 zł. Dla pilarki o najwyższym godzinowym zużyciu paliwa koszt ten wynosiłby 2,80 zł. W ciągu jednego roku (przy założeniu, że w roku jest 250 dni roboczych) silnik pilarki nr 3 zużyłby paliwa za łączną kwotę 300,00 zł, a przy pilarkę nr 5, kwota ta wyniosłaby 700,00 zł. Uwzględniając ilość drewna pozyskiwanego w polskich lasach z wykorzystaniem pilarek spalinowych, koszty generowane przez te urządzenia pracujące na biegu jałowym mogą mieć istotne znaczenie w ogólnych kosztach pozyskiwania drewna.

Na podstawie wyników badań i ich analizy można stwierdzić, że:

- pomiędzy pojemnością skokową silnika pilarki pracującego na biegu jałowym, a zużyciem paliwa występuje bardzo słaba zależność, jednak wraz ze wzrostem pojemności skokowej w nieznacznym stopniu maleje zużycie paliwa,
- zużycie paliwa przy pracy na biegu jałowym jest znacznie mniejsze, niż w pozostałych stanach pracy, a różnica ta zwiększa się wraz ze wzrostem pojemności skokowej silnika,
- ograniczenie czasu pracy silnika pilarki na wolnych obrotach może znacznie wpłynąć na koszty pozyskiwania drewna tymi urządzeniami.

Literatura

- [1] Gendek A.: *Influence of clutch technical condition on working effects of the saw chain*. Annals of Warsaw Agricultural University No 36, 2000.
- [2] Górski J.: *Próba teoretycznego opisu procesów pilowania drewna piłą żłobikową*. Przegląd Techniki Rolniczej i Leśnej nr 6, 1996.
- [3] Górski J.: *Proces cięcia drewna elektryczną pilarką łańcuchową*. Wydawnictwo SGGW, Warszawa, 2001.
- [4] Gordecki J., Stempski W.: *Badania porównawcze pił łańcuchowych przy skrawaniu drewna zanieczyszczonego piaskiem*. Przegląd Techniki Rolniczej i Leśnej nr 7, 1996.
- [5] Kozłowski R.: *Wpływ typu piły i gatunku drewna na wydajność skrawania i zużycie paliwa*. Przegląd Techniki Rolniczej i Leśnej nr 4, 2003.
- [6] Kusiak W., Moliński K., Walkowiak R.: *Model zużycia paliwa przy pozyskiwaniu drewna sosnowego*. Sylwan nr 3, 2012.
- [7] Loike H.J.: *Direct angetribene Motorsage und Getriebesagen*. Holz – Zentralblatt, nr 91, 1960.
- [8] Łukomski Ł.: *Badanie mechaniki pilowania piłami żłobikowymi*. Praca doktorska, Warszawa, SGGW 1977.
- [9] Maciak A.: *Badania oporów i wydajności skrawania drewna bukowego łańcuchową piłą żłobikową*. Przegląd Techniki Rolniczej i Leśnej nr 11, 1994.
- [10] Maciak A.: *Wpływ rodzaju zużycia ogniw tnących piły łańcuchowej żłobikowej na efekty pilowania*. Przegląd Techniki Rolniczej i Leśnej nr 4, 2002.
- [11] Maciak A.: *Wpływ stopnia zanieczyszczenia filtra powietrza pilarki spalinowej na charakterystykę zewnętrzną silnika*. Przegląd Techniki Rolniczej i Ogrodniczej Leśna nr 1, 2007.
- [12] Maciak A.: *Pomiar zmienności siły posuwu podczas przerzynki drewna sosnowego*. Technika Rolnicza Ogrodnicza i Leśna nr 5, 2010.
- [13] Stempski W., Gordecki J.: *Wpływ kąta zaostrenia ogniw tnących na wydajność skrawania i trwałość pił łańcuchowych*. Poznańskie Towarzystwo Przyjaciół Nauk, Prace Komisji Nauk Rolniczych i Leśnych, tom. 86, 1998.
- [14] Więsik J., Wójcik K.: *Jak zaoszczędzić na paliwie przy pozyskiwaniu drewna?* Drwal nr 7/8, 2006.
- [15] Więsik J., Wójcik K.: *Zużycie paliwa przez pilarkę spalinową przy pozyskiwaniu drewna*. Polska Akademia Umiejętności, Prace Komisji Nauk Rolniczych, Leśnych i Weterynaryjnych nr 9, 2007.

