

ANALIZA PARAMETRÓW TECHNICZNYCH I EKSPLOATACYJNYCH PROFESJONALNYCH WYSIĘGNIKOWYCH PILAREK SPALINOWYCH OFEROWANYCH NA RYNKU EUROPEJSKIM

Streszczenie

W wyniku przeprowadzonej analizy ustalono, że na rynku europejskim pojawia się coraz więcej modeli profesjonalnych pilarek wysięgnikowych. Wykaszarki i wycinarki z grupy pilarek małych i średnich stanowią ponad 90% rynku. Są one znacznie droższe niż pilarki konwencjonalne, a ich drgania są znacznie mniejsze.

Wysięgnikami pilarkami nazywamy maszyny przenośne z urządzeniem roboczym (tnącym) umieszczonym na wysięgniku, którego długość jest zazwyczaj większa niż 1 m. Wśród pilarek wysięgnikowych wyróżnia się dwie podgrupy: wycinarki i wykaszarki. W przypadku, gdy narzędziem tnącym jest piła tarczowa lub łańcuchowa, mówimy o wycinarkach lub podkrzesywarkach. Natomiast w przypadku, gdy narzędziem tnącym jest głowica żyłkowa (lub ewentualnie tarcza nożowa) mówimy o wykaszarkach. O ile w pierwszym przypadku (wycinarki) istnieje możliwość zastosowania jako narzędzia roboczego zarówno głowicy żyłkowej, jak i tarczy nożowej, o tyle w przypadku drugim (wykaszarki) nie przewiduje się możliwości zastosowania piły tarczowej lub łańcuchowej.

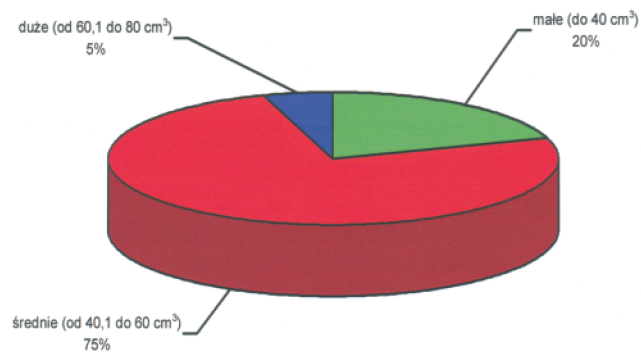
W gospodarce leśnej wycinarki znajdują zastosowanie najczęściej przy wykonywaniu czyszczeń (pielęgnacji młodych drzewostanów) i usuwania podszytu (krzewów i krzewinek). Pewną odmianą wycinarek są tzw. podkrzesywarki charakteryzujące się znacznie dłuższym wysięgnikiem (często o zmiennej długości) umożliwiającym odcinanie (podkrzesywanie) gałęzi od pobocznic pnia drzew stojących, bez potrzeby użycia drabiny do wysokości około 6 m. Jeżeli chodzi o wykaszarki to są one głównie stosowane do pielęgnacji upraw (wykaszanie trawy, trzcinnika, niewielkich krzewinek itp.).

Dane poddane analizie opracowano na podstawie badań wykonanych w laboratorium KWF e.V. (badania przeprowadzono w latach 2005-2006).

Segment profesjonalnych pilarek wysięgnikowych (określany tak przez producentów maszyn) to przede wszystkim wyroby dwóch firm: Husqvarna i Stihl. Oprócz tych dwóch wiodących producentów na rynek europejski trafiają coraz częściej produkty firm Dolmar, Solo czy Jonsered, producentów znanych głównie z produkcji maszyn półprofesjonalnych. Obecnie na rynku można znaleźć ponad 40 profesjonalnych modeli tego typu maszyn. Jednostką napędową pilarek wysięgnikowych jest najczęściej silnik dwusuwowy, o objętości silnika od 16 do 100 cm³ (w przypadku profesjonalnych od 39 do 69 cm³). Coraz częściej na rynkach światowych pojawiają się również pilarki wysięgnikowe napędzane silnikami czterosuwowymi o objętości skokowej od 20 do 40 cm³. Przeciętna masa tych maszyn waha się między 4 a 12 kg (w przypadku profesjonalnych od 6,5 do 12 kg), w zależności od objętości skokowej silnika i rozwiązania układu nośnego. Moc silników pilarek wysięgnikowych wynosi od 0,6 do 3,0 kW (w przypadku profesjonalnych od 1,7 do 2,3 kW).

Głównym kryterium podziału pilarek wysięgnikowych jest objętość skokowa silnika. Na rys. 1 przedstawiono udział poszczególnych grup wielkościowych profesjonalnych pilarek

wysięgnikowych na rynku europejskim. Największy udział w rynku mają pilarki wysięgnikowe z grupy średniej (75%), podobnie jak w przypadku pilarek konwencjonalnych [2]. Znaczącą grupą jest także grupa pilarek małych (20%). Tak duży udział tych ostatnich to skutek upowszechnienia tego typu maszyn również wśród nieprofesjonalnych użytkowników tych maszyn, dotyczy to głównie wykaszarek. Pięcioprocentowy udział pilarek dużych to oczywiście konsekwencja zbyt dużej ich masy przy takiej wielkości silnika spalinowego, która to masa w znaczący sposób obniża możliwości ruchowe operatora podczas operacji wycinania czy wykaszania. Szczególnie ma to znaczenie przy wykonywaniu czyszczeń wewnątrz drzewostanu, gdzie zawieszona na szelkach bądź stelażu wycinarka czy wykaszarka powinna mieć niewielką masę umożliwiającą swobodne przemieszczanie się operatora po powierzchni roboczej. Stąd nie dziwi brak profesjonalnych modeli pilarek wysięgnikowych w segmencie pilarek bardzo dużych.



Rys. 1. Procentowy udział grup wielkościowych profesjonalnych pilarek wysięgnikowych oferowanych na rynku europejskim

Fig. 1. The proportional participation of groups of professional trimmers, brushcutters and forestry clearing saws offered on Euromarket

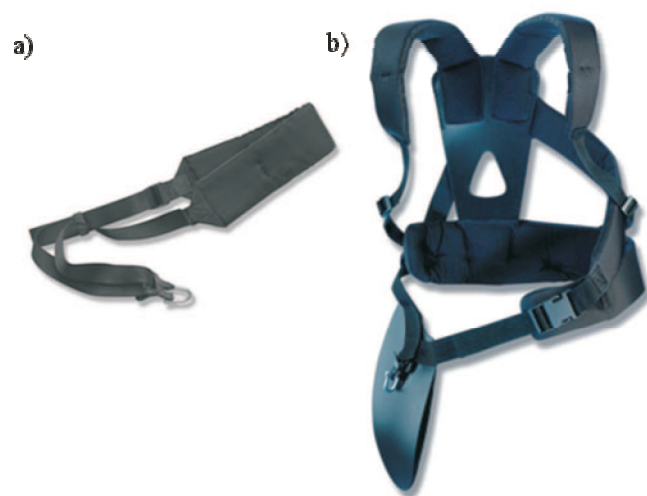
Pilarki wysięgnikowe niezależnie od rodzaju (wycinarka, wykaszarka) mają bardzo zbliżoną budowę. Na rys. 2 przedstawiono widok ogólny wycinarek i wykaszarek z różnym rozmieszczeniem uchwytów. W obu rozwiązaniach silnik (5) jest połączony sztywno z wysięgnikiem (2) - osłoną wału napędowego układu tnącego. Na końcu wysięgnika w profesjonalnych pilarkach wysięgnikowych znajduje się przekładnia kątowna, do której przymocowane jest narzędzie tnące (1), osłonięte od strony operatora osłoną.



Rys. 2. Widok ogólny i rozmieszczenie uchwytów w pilarkach wysięgnikowych (a - wykaszarka, b - wycinarka): 1 - układ tnący, 2 - wysięgnik, 3a - uchwyt przedni, 3b - uchwyt lewy, 4a - uchwyt tylny (sterujący), 4b - uchwyt prawy (sterujący), 5 - silnik, 6 - drążek poprzeczny

Fig. 2. The general view and the location of handles in trimmers and brushcutters (a - trimmer; b - brushcutter and forestry clearing saws): 1 - the cutting system, 2 - the jib, 3a - the front handle, 3b - the left handle, 4a - the back (steering) handle, 4b - the high (steering) handle, 5 - the engine, 6 - the transverse stick

Uchwyty pilarek wysięgnikowych mogą być rozmieszczone na dwa sposoby. W pierwszym rozwiązaniu (a) uchwyt przedni (pałkowy, poprzeczny) (3a) służy do podtrzymywania i swobodnego operowania ruchami półkolistymi narzędziem tnącym (1) podczas wykaszania. Uchwyt tylny (4a) znajduje się tuż za jednostką napędową (5) i wyposażony jest w elementy sterownicze (manetkę gazu i włącznik zapłonu). Obydwa uchwyty w tym rozwiązaniu są umieszczone bezpośrednio na wysięgniku pilarki (2).



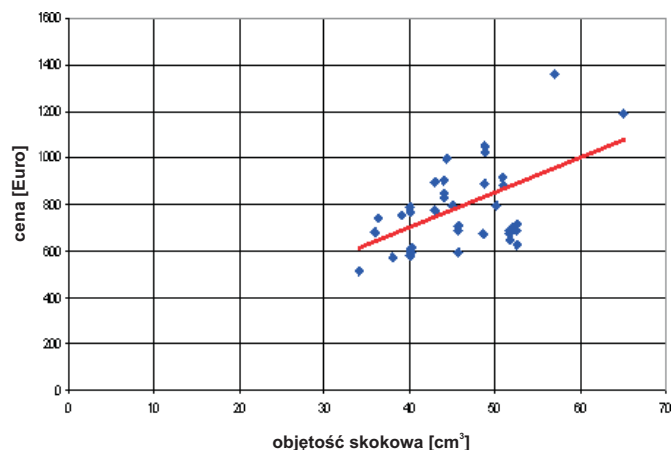
Rys. 3. Szelki nośne stosowane do pilarek wysięgnikowych: a - pojedyncze, b - zespolone

Fig. 3. Carrying braces for trimmers, brushcutters and forestry clearing saws: a - single, b - combined

W rozwiązaniu drugim (b) obydwa uchwyty (3b, 4b) umieszczone są po obu stronach wysięgnika (2) na drążku poprzecznym (6). W obu przypadkach można zawiesić maszynę na szelce pojedynczej lub na szelkach zespolonych (rys. 3). Przy czym w przypadku (a) dopuszcza się możliwość pracy bez użycia szelek nośnych.

Podobnie jak w przypadku pilarek konwencjonalnych [2] podstawowym kryterium decydującym o wyborze określonego modelu pilarki wysięgnikowej jest głównie jego cena i parametry techniczno-eksploatacyjne.

Ważnym składnikiem cenowym nowej wycinarki i wykaszarki jest wyposażenie dodatkowe. Mowa tu o dodatkowej tarczy tnącej czy głowicy żyłkowej, ochronnikach słuchu wraz z osłoną oczu, zbiorniku na paliwo, czy też profesjonalnych szelkach lub stelażach nośnych, których koszt w niektórych przypadkach stanowi niemal 20% ceny zakupu pilarki wysięgnikowej.



Rys. 4. Zależność ceny profesjonalnych pilarek wysięgnikowych od objętości skokowej

Fig. 4. The dependence of price of professional trimmers, brushcutters and forestry clearing saws on the swept capacity

O cenie pilarki wysięgnikowej w znacznym stopniu decyduje jej wielkość, charakteryzowana przez objętość skokową jej silnika. Na rys. 4 przedstawiono zależność ceny od objętości skokowej silnika pilarek wysięgnikowych. Liniowe równanie regresji opisujące przebieg zmian ma następującą postać:

$$C_z = 15,03V_s + 98,399,$$

dla którego współczynnik korelacji wynosi $R = 0,5161$, gdzie:

C_z - cena zakupu pilarki wysięgnikowej w euro,

V_s - objętość skokowa silnika w cm^3 .

W tab. 1 przedstawiono zakres zmian cen pilarek w euro, w poszczególnych grupach wielkościowych, oraz cenę jednostkową zakupu pilarki wysięgnikowej w euro/ cm^3 . W porównaniu do pilarek konwencjonalnych ceny pilarek wysięgnikowych są wyższe (przy podobnej objętości skokowej) o około 60-70%. Wynikać to może z kosztów zamocowania do podobnej jednostki napędowej wysięgnika pilarki, a głównie kosztów związanych z wyposażeniem pilarek wysięgnikowych w dodatkowy układ przeniesienia napędu na narzędzie tnące (wał strunowy o dużej wytrzymałości plus przekładnia kątowna). Również ceny jednostkowe wycinarek i wykaszarek w porównaniu do pilarek z tradycyjnym układem tnącym (prowadnica i piła łańcuchowa) są znacznie wyższe. Maksymalna cena jednostkowa pilarek łańcuchowych wynosi 15,68 euro/ cm^3 (minimalna 6,91 euro/ cm^3) [2], natomiast

maksymalna cena jednostkowa pilarek wysięgnikowych wynosi 23,77 euro/cm³ (minimalna 12,93 euro/cm³).

Tab. 1. Wartość wskaźnika cenowego (cena jednostkowa) profesjonalnych pilarek wysięgnikowych
Table 1. The value of price coefficient (the unit price) of professional trimmers, brushcutters and forestry clearing saws

Wielkość pilarki	Cena [euro]	Cena jednostkowa [euro/cm ³]
Małe	508–785	14,94–19,62
Średnie	591–1355	12,93–23,77
Duże	913–1188	14,75–18,24

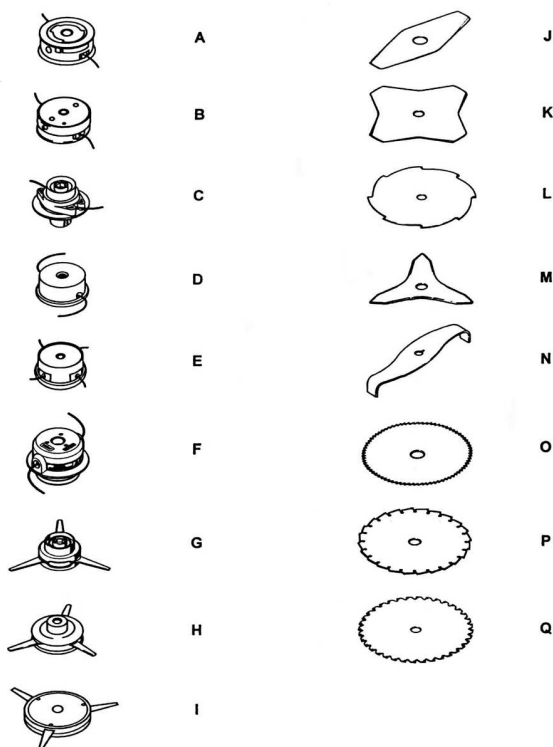
Zazwyczaj między mocą silnika a jego objętością skokową są zależności istotne. W przypadku pilarek wysięgnikowych tę zależność można uznać za istotną przy poziomie istotności $\alpha = 90\%$. W przypadku pilarek konwencjonalnych również istotną zależnością jest zależność masy maszyny od objętości skokowej jej silnika [2]. Natomiast w przypadku pilarek wysięgnikowych zależność ta jest nieistotna. Wynika to ze wspomnianego już wcześniej faktu występowania w konstrukcji tego typu maszyn wysięgnika o znacznej długości (około 2 m) i obciążenia go dodatkowymi masami: przekładni kątowej (nawet do około 1 kg) i narzędzia tnącego (rys. 2).

W tab. 2 przedstawiono wartości wskaźników mocy i masy (odniesionego do mocy i pojemności skokowej silnika) analizowanych modeli profesjonalnych pilarek wysięgnikowych. Wskaźnik mocy profesjonalnych pilarek wysięgnikowych waha się w granicach od 29,88 do 49,12 kW/dm³. Przyjmując za dolną wartość graniczną wskaźnika mocy 45 kW/dm³ [1] można stwierdzić, że w grupie pilarek średnich jest kilkanaście modeli, które mają zbyt dużą pojemność skokową w stosunku do mocy silnika. Wartość wskaźnika mocy pilarek wysięgnikowych w stosunku do pilarek konwencjonalnych jest mniejsza około 10-30%. W przypadku wskaźnika masy dla wycinarek i wykaszarek jego wartość waha się w granicach od 3,60 do 7,67 kg/kW (lub od 0,156 do 0,287 kg/dm³) i jest przeciętnie dwukrotnie wyższa w porównaniu do tradycyjnych pilarek z prowadnicą i piłą łańcuchową.

Tab. 2. Wartość wskaźników mocy i masy
Table 2. The value of coefficients of the power and the mass

Wielkość pilarki	N/V [kW/dm ³]	m/N [kg/kW]	m/V [kg/dm ³]
Małe	44,08–47,50	3,84–6,50	0,215–0,287
Średnie	29,88–48,89	3,64–7,67	0,156–0,247
Duże	46,08–49,12	3,60–7,25	0,166–0,215

Z punktu widzenia użytkownika istotnym parametrem eksploatacyjnym jest zużycie paliwa. W przypadku pilarek wysięgnikowych waha się ono od 1 do 2,4 l/h (średnio w przypadku większości modeli około 1,5 l/h) i w stosunku do pilarek konwencjonalnych jest zazwyczaj mniejsze. Jednak w przypadku tych ostatnich uzależnione ono jest od objętości skokowej silnika, natomiast w przypadku pilarek wysięgnikowych takiej zależności nie ma. Nie można jednoznacznie stwierdzić, że przy większej objętości skokowej jest większe zużycie paliwa, np. pilarka wysięgnikowa o $V_s = 36,3 \text{ cm}^3$ zużywa 1,5 l/h, a o $V_s = 50,2 \text{ cm}^3$ - 1,3 l/h. Wynikać to może z rodzaju narzędzia tnącego (jego konstrukcji, masy, wyważenia itd.) mocowanego do wału narzędziowego. Na rys. 5 przedstawiono różne rodzaje narzędzi tnących stosowanych w pilarkach wysięgnikowych.



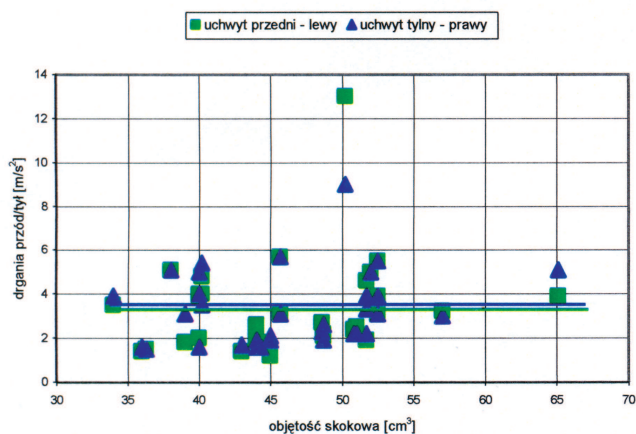
Rys. 5. Narzędzia tnące wykaszarek i wycinarek: A, B - głowice żyłkowe z samoczynnym wysuwaniem, C, D, E - głowice żyłkowe z automatycznym wysuwaniem, F - głowica żyłkowa z ręcznym wysuwaniem, G, H, I - głowice nożowe "tricut", J - tarcza nożowa z dwoma ostrzami, K - tarcza nożowa z czterema ostrzami, L - tarcza nożowa z ośmioma ostrzami, M - tarcza nożowa z trzema ostrzami, N - noże rozdrabniające, O - piła tarczowa z trójkątnymi zębami tnącymi, P - piła tarczowa przecinakowa, Q - piła tarczowa z trapezowymi zębami tnącymi
Fig. 5. Cutting tools of trimmers, brushcutters and forestry clearing saws: A, B - semi-automatic multi line cutting heads, C, D, E - automatic multi line cutting heads, F - manual feed multi line cutting head, G, H, I - multi plastic blade cutting heads "tricut", J - metal blade with two teeth, K - metal blade with four teeth, L - metal blade with eight teeth, M - metal blade with three teeth, N - crumbling knives, O - circular saw with triangular cutting teeth, P - circular saw with chisel cutting teeth, Q - circular saw with trapezoidal cutting teeth

Oczywiście zużycie paliwa może ulegać zmianie w zależności od sposobu pracy operatora obsługującego wycinarkę czy wykaszarkę. Mimo licznych podobieństw konstrukcyjnych silnika obu grup pilarek wysięgnikowych, ich silniki, z przyczyn wynikających z różnej technologii wykonywania określonych zabiegów, pracują w różnych wariantach obciążenia. W przypadku wykaszarek silnik pracuje przez cały czas wycinania, np. trawy, przy pełnym obciążeniu (przy niemalże stałej prędkości obrotowej ok. 7000-9000 obr/min). Natomiast w przypadku wycinarek silnik pracuje przy różnym obciążeniu, tzn. tylko w momencie wykonywania wycinania, np. drzew w młodnikach, wprowadzany jest na wysokie obroty (około 8000-9000 obr/min), po czym po zakończeniu skrawania wchodzi w stan wolnych obrotów (około 2400-2900 obr/min). Sprawność operowania manetką gazu w obu przypadkach ma zatem wpływ na zużycia paliwa podczas wykonywania obu operacji.

Mimo, że zalecenia normatywne określają typowy dzienny czas pracy dla wykaszarek na 4, a dla wycinarek na 3,5 godziny, to mimo to praca wyżej wymienionymi maszynami jest bardzo uciążliwa i niebezpieczna.

Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Gospodarki i Pracy z dnia 10 października 2005 r. (Dz.U.2005, nr 212, poz. 1769) do pracy dopuszczane są tylko te pilarki, które przy ciągłym ośmiogodzinnym oddziaływaniu drgań na organizm człowieka przez kończyny górne emitują drgania o wartości ważonej ich przyspieszenia nie większe niż $2,8 \text{ m/s}^2$. Natomiast przy ekspozycji trwającej 30 minut i krócej dopuszczalna wartość sumy wektorowej dla trzech składowych kierunków nie powinna przekraczać $11,2 \text{ m/s}^2$, niezależnie na którym uchwycie pilarki.

W analizowanym zbiorze pilarek wysięgnikowych ponad połowa modeli charakteryzuje się drganiami mniejszymi niż wartość dopuszczalna ($2,8 \text{ m/s}^2$). Są to pilarki zarówno z grupy małych jak i dużych. Pozostała grupa modeli charakteryzuje się drganiami przekraczającymi wartość dopuszczalną, część nieznacznie, np. $3,1$ czy $3,3 \text{ m/s}^2$, część znacznie, np. $4,8$ czy $5,4 \text{ m/s}^2$. Również zgodnie z normą PN-EN 608 maksymalną wartość przyspieszenia drgań dopuszczającą pilarkę do pracy uzależniono od objętości skokowej silnika i tak dla pilarek do 80 cm^3 graniczna wartość to $12,5 \text{ m/s}^2$, a dla większych 15 m/s^2 . Co oznacza również i w tym przypadku, że ta pilarka wysięgnikowa zgodnie z normą nie może być dopuszczona do pracy.



Rys. 6. Wartości średnie drgań na uchwycie przednim - lewym i tylnym - prawym analizowanego zbioru pilarek

Fig. 6. Mean values of twitches on the front handle - left and back - right of analysed collection of trimmers, brushcutters and forestry clearing saws

Na rys. 6 przedstawiono średnie wartości przyspieszenia drgań pilarek wysięgnikowych na obu uchwytach. Zgodnie z rys. 6 w przypadku drgań występujących na uchwycie przednim - lewym drgania nie przekraczają wartości 6 m/s^2 , a wartość średnia drgań pilarek wysięgnikowych z całego analizowanego zbioru wynosi $2,8 \text{ m/s}^2$. Podobnie i w przy-

padku uchwytu tylnego - prawego wartość ta również nie przekracza 6 m/s^2 . Przy czym wartość średnia wynosi tutaj $2,9 \text{ m/s}^2$. W porównaniu do średnich wielkości drgań na uchwytach pilarek konwencjonalnych, drgania pilarek wysięgnikowych są niemalże dwukrotnie mniejsze (dla przedniego $5,45 \text{ m/s}^2$, a dla tylnego $6,75 \text{ m/s}^2$ [2]).

Hałas emitowany przez pilarki wysięgnikowe jest znacznie mniejszy niż emitowany przez pilarki konwencjonalne (od 98 do 104 dB(A) i w zależności od modelu waha się w granicach od 90 do 100 dB(A) - maksymalna wartość dźwięku dopuszczająca maszynę do pracy równa jest 115 dB(A). Mimo to, zgodnie z obowiązującymi w Europie aktami prawnymi, prawo nakazuje stosowanie podczas pracy pilarkami wysięgnikowymi ochronników słuchu.

Podsumowanie

W wyniku przeprowadzonej analizy można stwierdzić co następuje:

- pilarki wysięgnikowe o pojemności skokowej silnika od $40,1$ do $60,0 \text{ cm}^3$ stanowią podstawową grupę maszyn tego segmentu i obejmują ponad 75% rynku,
- udział profesjonalnych pilarek wysięgnikowych w grupie bardzo dużych jest zerowy, co wynika z faktu ich zbyt dużej masy, utrudniającej zawodową pracę tego typu maszynami,
- wartość wskaźnika mocy pilarek wysięgnikowych w stosunku do pilarek konwencjonalnych jest mniejsza około 10-30%, stąd w analizowanym zbiorze wykaszarek i wycinarek są takie, które mają zbyt dużą masę w stosunku do objętości skokowej,
- w przypadku wskaźnika masy wycinarek i wykaszarek jego wartość jest przeciętnie dwukrotnie wyższa w porównaniu do tradycyjnych pilarek z prowadnicą i piłą łańcuchową,
- cena pilarki wysięgnikowej uzależniona jest liniowo od wielkości jej silnika, a wskaźnik cenowy (cena jednostkowa) wynosi około 17 euro/cm^3 i jest większy od wskaźnika charakteryzującego pilarkę konwencjonalną aż o 6 euro,
- wartości drgań pilarek wysięgnikowych są znacznie mniejsze niż pilarek konwencjonalnych, a połowa modeli z analizowanego zbioru umożliwia pracę nimi bez ograniczenia czasowego.

Literatura

- [1] Walczyk J.: Czynniki decydujące o wyborze pilarki spalinowej. Przegląd Techniki Rolniczej i Leśnej 1995, nr 5.
- [2] Wójcik K.: Analiza parametrów technicznych i eksploatacyjnych pilarek spalinowych oferowanych na rynku europejskim. Technika Rolnicza Ogrodnicza Leśna 2007, nr 2.

THE ANALYSIS OF TECHNICAL AND EXPLOITATIONAL PARAMETERS OF PROFESSIONAL TRIMMERS, BRUSHCUTTERS AND FORESTRY CLEARING SAWS OFFERED ON EUROMARKET

Summary

As a result of effected analysis it was stated that on Euromarket appears more and more of professional models of trimmers, brushcutters and forestry clearing saws. Trimmers, brushcutters and forestry clearing saws from the small and medium group make up over 90% of the market. They are more expensive than conventional chain saws, and their vibrations are considerably smaller.