

ROMAN WOJTKOWIAK<sup>1</sup>, BARBARA PISZCZ<sup>2</sup>, KRZYSZTOF ZEMBROWSKI<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Katedra Techniki Leśnej

Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

<sup>2</sup>Instytut Badawczy Leśnictwa w Sękocinie koło Warszawy

<sup>3</sup>Przemysłowy Instytut Maszyn Rolniczych w Poznaniu

## DRGANIA MECHANICZNE EMITOWANE PRZEZ PILARKĘ SPALINOWĄ HUSQVARNA 357XP Z REZONANSOWYM UKŁADEM WYDECHOWYM

MECHANICAL VIBRATIONS EMITTED BY HUSQVARNA 357XP POWER SAW  
WITH RESONANCE EXHAUST SYSTEM

**Streszczenie.** W pracy przedstawiono wykorzystanie znanego rozwiązania stosowanego od dawna w technice motoryzacyjnej w celu uzyskania korzystniejszej charakterystyki zewnętrznej silnika pilarki (większych parametrów mocy maksymalnej i korzystniejszego przebiegu momentu obrotowego). Przedmiotem badania była pilarka Husqvarna 357XP, wyposażona w modyfikowany rezonansowy układ wydechowy. Układ został zaprojektowany w Katedrze Techniki Leśnej Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu, z wykorzystaniem istniejącej już jednostki napędowej. Celem opracowania była ocena drgań mechanicznych (wibracji) rejestrowanych na uchwytach pilarki Husqvarna 357XP w trzech reżimach pracy. Badania przeprowadzono na tej samej pilarce wyposażonej w oryginalny tłumik i zmodyfikowany układ rezonansowy w trzech wariantach. Można stwierdzić, że wprowadzenie zmian konstrukcyjnych w układzie wydechowym wpłynęło istotnie na wzrost mocy i momentu obrotowego badanej pilarki. Na podstawie otrzymanych wyników można zaobserwować, że przyspieszenia drgań zarówno na uchwycie sterującym jak i podtrzymującym pilarki w przypadku zastosowania modyfikowanego układu wydechowego istotnie się różnią od przyspieszenia drgań pilarki z tłumikiem oryginalnym. Zastosowanie układu rezonansowego w systemie wydechowym pilarki prowadzi do zwiększenia drgań mechanicznych wytwarzanych przez urządzenie. Należy jednak zauważyć, że wielkość dopuszczalnej normy jest przekroczona zarówno w przypadku pilarki z tłumikiem oryginalnym, jak i z zastosowanym układem wydechowym. Drgania pilarki z rezonansowym tłumikiem na uchwycie podtrzymującym są większe od drgań pilarki z oryginalnym tłumikiem średnio o 28%, a na uchwycie sterującym – o 27%.

**Słowa kluczowe:** spalinowa pilarka łańcuchowa, rezonansowy układ wydechowy, drgania, pomiary wibracji w reżimach pracy

## Wstęp

Wymagania stawiane współczesnej gospodarce, w tym leśnictwu, są przyczyną nieustannego dążenia do udoskonalania istniejących technologii. Stosowane powszechnie w leśnictwie pilarki spalinowe są i jeszcze długo pozostaną podstawowym narzędziem mechanicznym, pomimo stwarzania wysokiego poziomu ryzyka wypadkowego i szkodliwego oddziaływania wielu czynników (hałas, wibracja, spaliny).

Zastąpienie pilarek maszynami wielooperacyjnymi nie zawsze jest możliwe, a barierą są nie tylko względy ekonomiczne.

Liczący się światowi producenci pilarek spalinowych systematycznie podejmują intensywne działania w zakresie obniżenia poziomu szkodliwych czynników. Nadal jednak prace te nie doprowadziły do skonstruowania pilarki bezpiecznej. Mimo znacznego postępu w tej dziedzinie, problem bezpiecznej organizacji pracy z zastosowaniem tego narzędzia pozostaje nadal otwarty.

W niniejszej pracy przedstawiono przykład pilarki spalinowej, w której zrealizowano pomysł znanego i stosowanego od dawna w technice motoryzacyjnej rozwiązania. Efektem zastosowanej zmiany było uzyskanie korzystniejszej charakterystyki zewnętrznej silnika pilarki (większych parametrów mocy maksymalnej i korzystniejszego przebiegu momentu obrotowego). Przedmiotem badania była pilarka Husqvarna 357XP, wyposażona w modyfikowany rezonansowy układ wydechowy o zmiennych dla celów badawczych wymiarach.

Układ został zaprojektowany w Katedrze Techniki Leśnej Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu, z wykorzystaniem istniejącej już jednostki napędowej. Ograniczenia te wymusiły dostosowanie projektowanego układu do istniejącego stanu rzeczy, co w konsekwencji przełożyło się na jego rozwiązania konstrukcyjne i gabaryty.

## Cel i zakres pracy

Celem opracowania była ocena drgań mechanicznych (wibracji) rejestrowanych na uchwytach pilarki Husqvarna 357XP w trzech reżimach pracy. Badania przeprowadzono na tej samej pilarce wyposażonej w oryginalny tłumik i zmodyfikowany układ rezonansowy w trzech wariantach (tłumik modyfikowany 1, 2 i 3). Na podstawie analizy wyników badań charakterystyki zewnętrznej silnika pilarki wyposażonej w tłumik oryginalny i tłumiki modyfikowane można stwierdzić, że wprowadzenie zmian konstrukcyjnych w układzie wydechowym wpływa istotnie na wzrost mocy i momentu obrotowego badanej pilarki.

Silnik pilarki jest projektowany z zachowaniem określonego przedziału tolerancji w zakresie wytrzymałości mechanicznej i termicznej poszczególnych jego podzespołów.

Współczesne pilarki są wyposażone w systemy antywibracyjne, które z założenia powinny w istotny sposób tłumić energię drgań przenoszoną na korpus maszyny, a za pośrednictwem uchwytów – na układ ręka-ramię operatora pilarki. Dobre tłumienie drgań zmniejsza obciążenie operatora podczas pracy.

Zmiany wprowadzone w układzie wydechowym silnika, choć w istotny sposób wpłynęły na parametry związane z wydajnością cięcia, mogły się przyczynić do zmiany

stopnia skuteczności systemu antywibracyjnego. Zastąpienie w pilarce tłumika seryjnie produkowanego innym układem wydechowym może prowadzić do zmian oryginalnych podzespołów pilarki. Powstaje zatem pytanie: jak dalece zmiana charakterystyki zewnętrznej silnika maszyny, poprzez ingerencję w konstrukcję tłumika, wpłynie na poziom i kierunek zmian drgań mechanicznych rejestrowanych na uchwytach pilarki?

## Przedmiot badań

Przedmiotem badań był pilarka spalinowa Husqvarna 357XP, wyposażona w oryginalny, jak i zmodyfikowany układ wydechowy (rys. 1). Pilarka ta posiada silnik jednocylindrowy, dwusuwowy, dwukanałowy z przepłukiwaniem zwrotnym. Cylinder „ślepy” (stanowiący całość z głowicą) jest wykonany ze stopu aluminium, gładź – pokryta nikasilem.



Rys. 1. Pilarka spalinowa Husqvarna 357XP ze zmodyfikowanymi układami wydechowymi (HAŃKOWSKI 2007)

Fig. 1. Husqvarna 357XP power saw with modified exhaust systems (HAŃKOWSKI 2007)

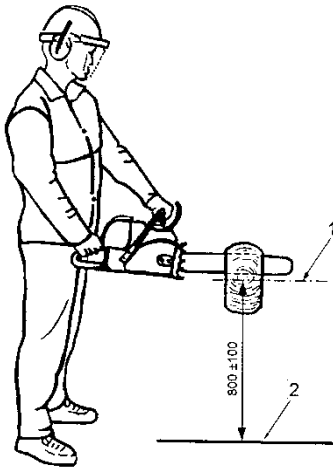
Według danych producenta pojemność skokowa cylindra wynosi  $56,5 \text{ cm}^3$ , średnica cylindra – 46,0 mm, skok tłoka – 34 mm, moc maksymalna silnika – 3,2 kW przy 9600 obr/min. Waga urządzenia bez zestawu tnącego wynosi 5,56 kg.

Wyniki wcześniejszych badań dotyczących prób zwiększenia mocy pilarki spalinowej Stihl 023 i Husqvarna 357XP przedstawiano na różnych konferencjach (WOJTKOWIAK i IN. 2007 c, 2008) i w pracach magisterskich (KOWSZYŃSKI 2005, HAŃKOWSKI 2007). Z kolei wyniki badań hałasu i drgań mechanicznych emitowanych przez pilarkę łańcuchową Stihl z rezonansowym układem wydechowym przedstawiono w publikacjach WOJTKOWIAKA i IN. (2007 a, 2007 b).

## Metodyka

Badania drgań mechanicznych pilarki wykonano podczas jej pracy w warunkach, w których była ona trzymana w rękach operatora w typowych trybach pracy silnika (rys. 2):

- podczas pracy bez obciążenia – pilarka pracuje na biegu jałowym, przy nieruchomej pile łańcuchowej, ze stałą liczbą obrotów silnika – „luz”;
- podczas operacji przerzynki kłody sosnowej przymocowanej do ławy (uniwersalny wózek do mocowania kłody) – pilarka pracuje przy pełnym otwarciu przepustnicy z zachowaniem stałej liczby obrotów odpowiadającej maksymalnemu momentowi, z dokładnością do 3,5 obr/s – „pełne obciążenie” (oś kłody na wysokości  $800 \pm 1000$  mm nad poziomem podłoża),
- podczas pracy pilarki przy obrotach silnika odpowiadających 133% mocy maksymalnej – „rozbieganie”.



Rys. 2. Pozycja operatora podczas pomiaru drgań na uchwytach podtrzymującym i sterującym (operacja przerzynki): 1 – oś poprzeczna przerzynanej próbki, 2 – poziom, na którym stoi operator  
 Fig. 2. Position of the operator during measurements of vibrations on front and rear handles (crosscutting operation): 1 – transverse axis of crosscut sample, 2 – level at which the operator is standing

Pomiary przeprowadzono na uchwycie przednim (podtrzymującym) i tylnym (sterującym), w trzech wzajemnie prostopadłych kierunkach drgań: X, Y, Z.

Badania wykonano zgodnie z dokumentami odniesienia (normy zharmonizowane) przyrządami pomiarowymi klasy 1, za pomocą miernika poziomu dźwięku 2231B&K, zaprogramowanego na pomiary drgań o charakterze miejscowym i połączonego z pilarką modułem oceny wpływu drgań na człowieka typ 2522B&K. Zestaw aparatury połączono z czujnikiem drgań AP31, przymocowanym do adaptera umieszczonego na uchwycie pilarki (rys. 3), i przeprowadzono pomiary skutecznych wartości przyspieszenia drgań z przedziału dla drgań miejscowych, ważonych w dziedzinie częstotliwości.

Po otrzymaniu z pomiarów z każdego kierunku (X, Y, Z) wartości ważonych przyspieszenia drgań wyznaczono skorygowane przyspieszenie wypadkowe dla obu uchwytów, zgodnie z formułą (1):

$$a_{WASL} = \sqrt{a_{Wx}^2 + a_{Wy}^2 + a_{Wz}^2} \quad (1)$$



Rys. 3. Miejsce mocowania czujnika drgań  
Fig. 3. Location of vibration sensor attachment

## Wyniki

Wyniki badań parametrów wibracji na uchwytach pilarki Husqvarna 357XP w trzech reżimach pracy jej silnika przedstawiono w formie graficznej. Rysunki 4 i 5 przedstawiają skorygowane wartości przyspieszenia drgań rejestrowane na uchwytach sterującym i podtrzymującym, emitowanych przez pilarkę z tłumikiem oryginalnym i modyfikowanym w trzech wariantach: 1, 2 i 3.

O szkodliwym oddziaływaniu drgań na organizm człowieka pracującego pilarką spalinową decyduje energia drgań wnikażąca do organizmu poprzez układ ręka-ramię.

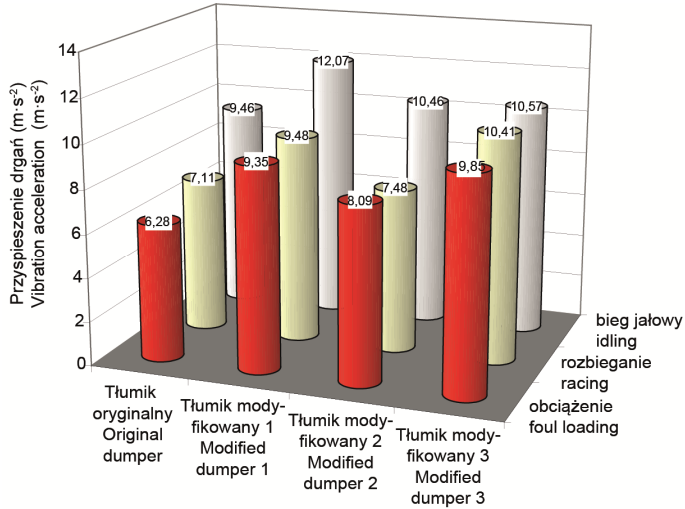
Zgodnie z PN-EN ISO 22867:2009 wielkość energii emitowanej przez pilarkę wyznaczono na podstawie formuły (2):

$$a_{hv.eq} = \left[ 1/3(a_{WASL}^2 + a_{WASFL}^2 + a_{WASR}^2) \right]^{1/2} \quad (2)$$

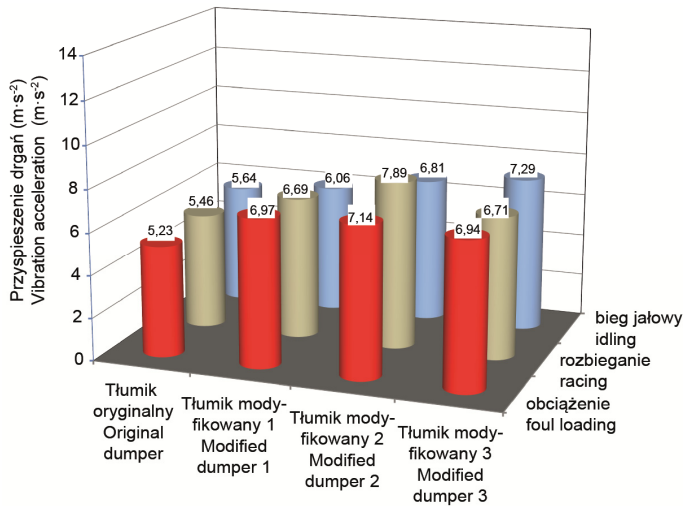
gdzie:

- $a_{WASL}$  – wartość ważona drgań na biegu jałowym,
- $a_{WASFL}$  – wartość ważona przy pełnym obciążeniu pilarki (przerzynka),
- $a_{WASR}$  – wartość ważona drgań przy pełnym otwarciu przepustnicy pilarki.

W tabeli 1 przedstawiono wpływ zastosowanego tłumika na kierunek i poziom zmian energii drgań przenoszonej na organizm operatora pilarki.



Rys. 4. Wpływ zastosowanego tłumika na parametry drgania rejestrowane na uchwycie sterującym pilarki Husqvarna 357XP w trzech wybranych reżimach pracy silnika: bieg jałowy, rozbieganie, obciążenie  
Fig. 4. Effect of the applied damper on vibration parameters recorded on the front handle of a Husqvarna 357XP chain saw in three engine operation regimes: idling, racing, foul loading



Rys. 5. Wpływ zastosowanego tłumika na parametry drgania rejestrowane na uchwycie podtrzymującym pilarki Husqvarna 357XP w trzech wybranych reżimach pracy silnika: bieg jałowy, rozbieganie, obciążenie  
Fig. 5. Effect of the applied damper on vibration parameters recorded on the rear handle of a Husqvarna 357XP chain saw in three engine operation regimes: idling, racing, foul loading

Tabela 1. Wpływ zastosowanego tłumika na parametry wibracji rejestrowane na uchwycie sterującym i uchwycie podtrzymującym pilarki Husqvarna 357XP w trzech wybranych reżimach pracy silnika ( $m \cdot s^{-2}$ )

Table 1. Effect of the applied damper on vibration parameters recorded on the front handle and rear handle of a Husqvarna 357XP chain saw in three engine operation regimes ( $m \cdot s^{-2}$ )

Tłumik Damper	Wibracja na uchwycie sterującym Vibration on the front handle			Wibracja na uchwycie podtrzymującym Vibration on the rear handle		
	Bieg – Nominal engine speed					
	jałowy idling	rozbieganie racing	obciążenie foul load	jałowy idling	rozbieganie racing	obciążenie foul load
Oryginalny Original	9,46	7,11	6,28	5,64	5,46	5,23
Modyfikowany 1 Modified 1	12,07	9,48	9,35	6,06	6,69	6,97
Modyfikowany 2 Modified 2	10,46	7,48	8,09	6,81	7,89	7,14
Modyfikowany 3 Modified 3	10,57	10,41	9,85	7,29	6,71	6,94
	Wielkość energii drgań przenoszonych na organizm człowieka z poszczególnych uchwytów poprzez rękę i ramię Vibration energy load transmitted onto the human organism from successive handles via hand and arm					
Oryginalny Original	7,73			5,44		
Modyfikowany 1 Modified 1	10,37			6,58		
Modyfikowany 2 Modified 2	8,77			7,29		
Modyfikowany 3 Modified 3	10,28			6,98		

## Dyskusja

Na podstawie otrzymanych wyników można stwierdzić, że średnia ważona wartość przyspieszenia drgań zarówno na uchwycie sterującym jak i podtrzymującym pilarki istotnie się różni w przypadku zastosowania wydechowego, modyfikowanego układu rezonansowego od średniej ważonej wartości drgań pilarki z tłumikiem oryginalnym, w trzech wariantach pracy silnika. Zastosowanie rezonansowego układu w systemie wydechowym pilarki prowadzi do zwiększenia drgań mechanicznych wytwarzanych przez urządzenie (PISZCZ 2003).

Z punktu widzenia bezpieczeństwa pracy interesują nas parametry niszczącej energii drgań wnoszonej do organizmu, wyznaczonej w parametrze przyspieszenia według formuły (2). Wyniki przedstawiono w tabeli 1.

W odniesieniu do miejscowych drgań mechanicznych Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 29 listopada 2002 roku w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy (ROZPORZĄDZENIE... 2002) zezwala na dopuszczalną wartość sumy wektorowej przyspieszeń równej  $2,8 \text{ m/s}^2$ .

Pilarka jest urządzeniem używanym przez cały ośmiogodzinny dzień pracy. Na podstawie opracowanych wyników przedstawionych na rysunku 5 można stwierdzić, iż norma została przekroczona zarówno w przypadku pilarki z tłumikiem oryginalnym, jak i z układem wydechowym modyfikowanym w trzech wariantach. Odnosząc uzyskane wartości drgań do operacyjnego czasu pracy pilarka, można skonstatować, iż bezpieczny czas pracy ze względu na drgania pilarki Husqvarna 357XP z oryginalnym tłumikiem wynosi 62 min, tłumikiem modyfikowanym 1 – 35 min, z tłumikiem modyfikowanym 2 – 49 min i z tłumikiem modyfikowanym 3 – 36 min.

Można zauważyć, że drgania pilarki z rezonansowym tłumikiem na uchwycie podtrzymującym są większe od drgań pilarki z oryginalnym tłumikiem średnio o 28%. Taka tendencja występuje również na uchwycie sterującym. Drgania są większe średnio o 27%. Należy zwrócić uwagę na istotnie większą różnicę drgań między pilarką oryginalną a pilarką z tłumikami modyfikowanymi 1 i 3 niż między pilarką oryginalną a pilarką z tłumikiem modyfikowanym 2.

## Wnioski

1. Średnia ważona wartość przyspieszenia drgań rejestrowana na uchwycie sterującym i podtrzymującym pilarki w przypadku zastosowania rezonansowego układu wydechowego istotnie się różni w porównaniu z tłumikiem oryginalnym w trzech wariantach pracy silnika.

2. Zastosowanie w systemie wydechowym układu modyfikowanego prowadzi do zwiększenia drgań mechanicznych emitowanych przez pilarkę.

3. Szkodliwa energia drgań, wyznaczona w parametrze przyspieszenia, wnoszona do organizmu operatora pilarki zarówno z oryginalnym tłumikiem, jak i modyfikowanym układem rezonansowym w trzech jego wariantach, przekracza dozwoloną dzienną ekspozycję na wibrację miejscową:  $2,8 \text{ m/s}^2$  (zgodnie z ROZPORZĄDZENIEM... 2002).

4. Drgania pilarki z rezonansowym, modyfikowanym układem wydechowym są większe od drgań pilarki z oryginalnym tłumikiem średnio o 28% na uchwycie podtrzymującym i o 27% na uchwycie sterującym.

5. Bezpieczny ciągły czas pracy pilarki z oryginalnym tłumikiem wynosi 62 min.

6. Bezpieczny ciągły czas pracy pilarki z tłumikiem modyfikowanym 1 wynosi 35 min, z tłumikiem modyfikowanym 2 – 49 min i z tłumikiem modyfikowanym 3 – 36 min.

7. Odpowiednia organizacja pracy może znacznie wydłużyć czas pracy pilarką w ciągu dnia roboczego.

8. W celu zapobiegania szkodliwemu wpływowi drgań mechanicznych na zdrowie i bezpieczeństwo pracowników DYREKTYWA 2002/44/WE... (2002) ustanawia w przypadku drgań miejscowych wartość graniczną dziennej ekspozycji odniesionej do 8 h na poziomie  $5 \text{ m/s}^2$ .



9. Dyrektywa określająca minimalne wymagania w zakresie ochrony pracowników przed drganiami mechanicznymi pozostawia państwowemu członkowskemu UE wybór między utrzymaniem w mocy istniejących przepisów a przyjęciem przepisów bardziej korzystnych z punktu widzenia ochrony pracowników.

## Literatura

- DYREKTYWA 2002/44/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 25 czerwca 2002 r. w sprawie minimalnych wymagań w zakresie ochrony zdrowia i bezpieczeństwa dotyczących narażenia pracowników na ryzyko spowodowane czynnikami fizycznymi (wibracji) (szesnasta dyrektywa szczegółowa w rozumieniu art. 16 ust. 1 dyrektywy 89/391/EWG). 2002. Dz.U. L 177: 1-12.
- HAŃKOWSKI K., 2007. Wykorzystanie rezonansu spalin w układzie wydechowym pilarki spalinowej Husqvarna 357 XP w celu zwiększenia efektywności mocy. Maszynopis. Katedra Techniki Leśnej AR, Poznań.
- KOWSZYŃSKI T., 2005. Podwyższenie efektywności pilarki spalinowej w wyniku zastosowania rezonansowego układu wydechowego. Maszynopis. Katedra Techniki Leśnej AR, Poznań.
- PISZCZ B., 2003. Określenie średnich i granicznych czasów użytkowania typowych pilarek łańcuchowych stosowanych w leśnictwie oraz wyznaczenie higienicznych bezpiecznych czasów pracy tymi pilarkami w funkcji ścinki przeliczeniowej. Wytyczne technologiczne pracy pilarką w aspekcie ograniczenia szkodliwego oddziaływania drgań mechanicznych. Pr. Inst. Bad. Leśn. 234.
- PN-91/N-01352 Drgania. Zasady wykonywania pomiarów na stanowiskach pracy. 1991. PKN, Warszawa.
- PN-91/N-01353 Drgania. Dopuszczalne wartości przyspieszenia drgań oddziaływujących na organizm człowieka przez kończyny górne i metody oceny narażenia. 1991. PKN, Warszawa.
- PN-EN ISO 22867:2009. Maszyny leśne. Procedura badania maszyn ręcznych napędzanych silnikiem spalinowym. Drgania na uchwytach. 2009. PKN, Warszawa.
- ROZPORZĄDZENIE Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 29 listopada 2002 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy. 2002. Dz. U. 217, poz. 1833.
- WOJTKOWIAK R., KAWALEC H., PISZCZ B., 2008. Możliwości zwiększenia efektywności pilarki spalinowej w wyniku zastosowania rezonansowego układu wydechowego. W: *Tendencje i problemy techniki leśnej w warunkach leśnictwa wielofunkcyjnego*. Red. H. Różański, K. Jabłoński. Katedra Techniki Leśnej UP, Poznań: 17-26.
- WOJTKOWIAK R., KOWSZYŃSKI T., PISZCZ B., 2007 c. Próba zwiększenia efektywności pilarki spalinowej w wyniku zastosowania rezonansowego układu wydechowego. W: *Użytkowanie maszyn leśnych badania naukowe i dydaktyka*. Red. J. Walczyk. Pr. Kom. Nauk Roln. Leśn. Wet. 9 (Użytkowanie maszyn rolniczych i leśnych): 293-304.
- WOJTKOWIAK R., PISZCZ B., RZECZNIK Z., KOWSZYŃSKI T., GLAZAR K., 2007 a. Drgania mechaniczne emitowane przez pilarkę łańcuchową z rezonansowym układem wydechowym. W: *Prace z zakresu nauk rolniczych i leśnych*. Red. D.F. Gieffing, W. Grzywiński. Wyd. PTPN, Poznań: 249-256.
- WOJTKOWIAK R., PISZCZ B., RZECZNIK Z., KOWSZYŃSKI T., GLAZAR K., 2007 b. Hałas emitowany przez pilarkę łańcuchową z rezonansowym układem wydechowym. W: *Prace z zakresu nauk rolniczych i leśnych*. Red. D.F. Gieffing, W. Grzywiński. Wyd. PTPN, Poznań: 257-264.

## MECHANICAL VIBRATIONS EMITTED BY HUSQVARNA 357XP POWER SAW WITH RESONANCE EXHAUST SYSTEM

**Summary.** The paper presents a concept, known for many years and commonly applied in the automotive industry, to improve engine performance of the chain saw (higher maximum power rating and more advantageous torque parameters). The analyses were conducted on a Husqvarna 357XP power saw, equipped with a modified resonance exhaust system with variable dimensions. The system was designed at the Department of Forest Technology (Poznań University of Life Sciences) to the already existing power unit, with specific timing gear, size, shape and angle of cylinder ducts. The aim of the study was to assess mechanical vibrations, recorded at the handles of a Husqvarna 357XP chain saw, at three operation regimes of its engine. Analyses were conducted on the same chain saw equipped with an original vibration damper and a modified resonance system in its three variants and it may be stated that the introduction of design changes in the exhaust system has a significant effect on an increase in the power and torque of the tested chain saw. On the basis of recorded results it may be stated that the acceleration of vibrations both on the rear and front handles of the chain saw significantly differs in case of the application of the modified exhaust system in comparison to the original vibration damper. The application of the resonance system in the chain saw exhaust system leads to increased mechanical vibrations produced by the machine. However, it needs to be observed that the volume of the admissible standard is exceeded both for the chainsaw with the original damper and that with the used exhaust system. Vibrations of the chain saw with a resonance damper on the front handle are higher than those of the chain saw with the original damper on average by 28%, while on the rear handle it is by 27%. We need to stress the significantly higher difference when applying in the chain saw modified damper variants 1 and 3 in comparison with the original design.

**Key words:** power chain saw, resonance exhaust system, vibrations, measurements of vibrations in operation regimes

*Adres do korespondencji – Corresponding address:*

*Roman Wojtkowiak, Katedra Techniki Leśnej, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, ul. Wojska Polskiego 71 C, 60-625 Poznań, Poland, e-mail: rowojtko@up.poznan.pl*

*Zaakceptowano do druku – Accepted for print:*  
22.05.2012

*Do cytowania – For citation:*

*Wojtkowiak R., Piszcz B., Zembrowski K., 2012. Drgania mechaniczne emitowane przez pilarkę spalinową Husqvarna 357XP z rezonansowym układem wydechowym. *Nauka Przyr. Technol.* 6, 3, #61.*