

## THE NOISE OF AGRICULTURAL TRACTORS IN FIELD CONDITIONS

### Summary

The main source of agricultural tractor noise is engine. Therefore, the level of emitted by a tractor noise depends on the type of its engine. The paper presents the results of noise propagation comparative analysis of the following agricultural tractors: Ursus C 330 with a two-cylinder engine, Massey Ferguson 235 with a three-cylinder engine and Ursus U 1002 with a four-cylinder engine.

## HAŁAS CIĄGNIKÓW W WARUNKACH POLOWYCH

### Streszczenie

Głównym źródłem hałasu ciągnika rolniczego jest silnik, zatem poziom emitowanego hałasu przez ciągnik uzależniony jest od typu silnika. W pracy zawarto analizę porównawczą rozprzestrzeniania się hałasu emitowanego przez ciągniki: Ursus C 330 z silnikiem 2-cylindrowym, Massey Ferguson 235 wyposażony w silnik 3-cylindrowy i Ursus U 1002 wyposażony w silnik 4-cylindrowy. Pomiary wykonano podczas pracy ciągników na postoju. Podłożem podczas pomiarów była łąka.

### 1. Wstęp

Ciągnik rolniczy zawsze wyróżniał się dużym hałasem spośród innych pojazdów mechanicznych. Naturalnym środowiskiem pracy ciągnika są obszary mało zaludnione – tj. pola uprawne, łąki, sady owocowe, lasy – z tego powodu hałas ciągników rolniczych nie był dotąd zbyt uciążliwym czynnikiem. Wprawdzie dawna\* metodyka badań podstawowych ciągnika (PN-75/R-36109) obejmowała pomiary tzw. hałasu zewnętrznego, jednak nie był on przedmiotem większego zainteresowania, zarówno producentów ciągników, jak i ich użytkowników. Zasadniczy postęp w zakresie redukcji hałasu w minionych latach, dotyczył stanowiska pracy kierowcy i został osiągnięty głównie przez zastosowanie tzw. kabin integrowanych (Witte 1982). Paradoksalnie więc, na osłanianym kabiną stanowisku pracy kierowcy hałas jest mniejszy, niż w odległości 7,5 m od ciągnika (Pessina, Guerretti 2000, Talamo 1982, Solecki 1995, 2002, Stańczyk 1997), jak określa to metodyka badań podstawowych.

Konieczność zmniejszenia hałasu zewnętrznego ciągników wynika z jednej strony z szerszego niż dotychczas zastosowania ich w transporcie po drogach publicznych, z drugiej strony ze wzrostu proekologicznych poglądów w społeczeństwie, trudnych do pogodzenia z występowaniem nadmiernego hałasu w miejscach pracy, zamieszkania i wypoczynku człowieka.

\* - Obecnie (2005 r.) obowiązujące przepisy pomiaru hałasu zewnętrznego ciągnika zawarte są w normie PN-ISO 7216: 1996. Zarówno dawna, jak i obecnie obowiązująca metodyka badań hałasu zewnętrznego są takie same.

### 2. Cel i zakres pracy

Celem badań było porównanie poziomu natężenia rozprzestrzeniającego się hałasu emitowanego przez różne typy ciągników, znajdujących się w tych samych warunkach polowych.

Źródłami dźwięku były kolejno ciągniki: C 330\* z silnikiem 2-cylindrowym, MF 235 silnikiem 3-cylindrowym i U 1002 silnikiem 4-cylindrowy. Podstawowe charakterystyki techniczne tych ciągników zawarto w tab. 1.

Tab. 1. Charakterystyki techniczne ciągników  
Table 1. Tractor technical characteristics

Typ ciągnika	Ilość cylindrów	Moc silnika <sup>1</sup>	Pojemność skokowa silnika	Rok produkcji
	-	kW	cm <sup>3</sup>	-
C 330	2	22,6	1960	1978
MF 235	3	28,0	2058	1980
U 1002	4	74,6	4562	1981

<sup>1</sup> - dla obrotów nominalnych 2200 min<sup>-1</sup>

Pomiary dokonywano na łące przy wysokości roślin 0,06 m.

Warunki meteorologiczne mające wpływ na badany poziom dźwięku były następujące:

- prędkość wiatru: 0,62 – 0,78 m/s,
- wilgotność powietrza: 80,5 – 85,9 %,
- temperatura powietrza: 19,4 – 20,5 °C,
- ciśnienie barometryczne: 740 – 742 mmHg.

\* - Każdy z 3 ciągników oznaczony jest w tym rozdziale tylko skrótowym symbolem, bez pełnej nazwy.

Poziom tła akustycznego dla tych roślin zawierał się pomiędzy 48,0-48,5 dB(A), a parametry określające warunki meteorologiczne podczas pomiaru tła akustycznego mieściły się wyżej wymienionych zakresach.

### 3. Metodyka badań

Pomiary poziomu dźwięku jak również poziomu tła akustycznego wykonano miernikiem poziomu dźwięku typu I-01, wyposażonym w filtry oktafowe i filtr korekcyjny (A). Miernik był zamocowany na statywie na wysokości 1,2 m od powierzchni ziemi. Pomiary wykonano z lewej strony ciągnika, prostopadłe do jego osi symetrii.

Pierwszy punkt pomiarowy wyznaczono w odległości 1 m od badanego ciągnika, drugi w odległości 4 m od osi symetrii ciągnika. Następne punkty pomiarowe wyznaczono co kolejne 4 m. Ostatni punkt pomiarowy stanowiła odległość graniczna wyróżniania się poziomu dźwięku z poziomu tła akustycznego. Z badań (Adamczyk Juliszewski 2001, 2001a, Adamczyk 2004) wynika, że nie jest konieczne wykonywanie pomiarów poziomu hałasu w innych kierunkach, gdyż różnice są nieistotne statystycznie.

Poziom tła akustycznego mierzono w losowo wybranych miejscach łąki i uśredniano. Prędkość wiatru, temperaturę powietrza i jego wilgotność mierzono zintegrowanym miernikiem mikroklimatu typ MM-01, a ciśnienie atmosferyczne – barometrem typ MKD.

Ciągniki ustawiano do pomiarów w tym samym miejscu łąki. Prędkość obrotowa silnika była w każdym przypadku stała i wynosiła 1700 min<sup>-1</sup>.

### 4. Wyniki badań rozprzestrzeniania się hałasu ciągników różnych typów w tym samym środowisku

Przedmiotem analizy były zmiany poziomu dźwięku emitowanego przez ciągnik rolnicze, a zmierzonego przy użyciu filtra korekcyjnego A. Najwyższe wartości współczynnika regresji R<sup>2</sup> rzędu 97-98 % uzyskano dla funkcji logarytmicznej obrazującej uzyskane w czasie badań polowych zmiany poziomu dźwięku, w dB(A), wraz ze wzrostem odległości od jego źródła. Oprócz obliczeń dla funkcji logarytmicznej wykonywano także obliczenia dla funkcji: liniowej, wielomianowej, potęgowej oraz wykładniczej.

Dla poszczególnych rozpatrywanych przypadków zmiany poziomu natężenia dźwięku opisują następujące funkcje: dla ciągnika C-330  $L_c [dB(A)] = - 8,61 \ln(x) + 91,055$ , dla ciągnika MF 235  $L_{MF} [dB(A)] = - 21,61 \ln(x) + 94,240$ , dla ciągnika C-330  $L_U [dB(A)] = - 9,26 \ln(x) + 100,980$ .

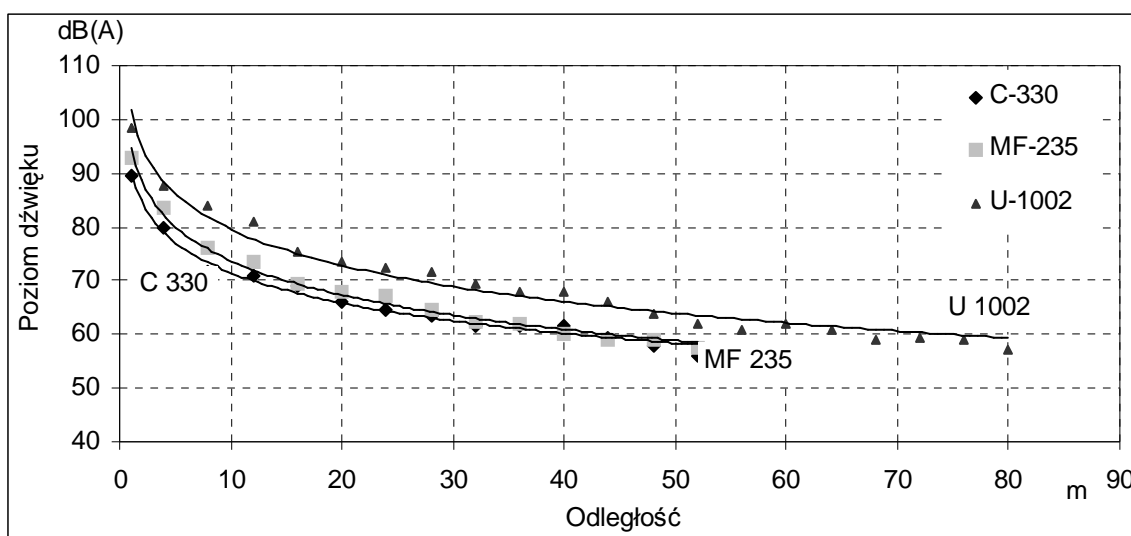
Poziom dźwięku badanych ciągników w pierwszym punkcie pomiarowym (1 m od ciągnika) był następujący: C 330 – 89,5 dB(A)  
MF 235 – 93,0 dB(A)  
U 1002 – 98,5 dB(A) (rys. 2).

Podobne różnice w wartości zmierzonego poziomu dźwięku uzyskano także w odległości 4m (drugi punkt pomiarowy). Stosunkowo niewielka różnica głośności ciągników C 330 i MF 235 w pobliżu źródła 3,5 dB(A), zaciera się jeszcze bardziej przy większych odległościach. W odległości powyżej 16 m (piąty punkt pomiarowy) poziom głośności tych dwóch ciągników był zbliżony. Rozróżnianie hałasu badanych ciągników w tym punkcie pomiarowym jest możliwe nie według kryterium głośności, lecz według charakterystycznego dla każdego z ciągników widma częstotliwościowego.

Poziom dźwięku emitowany przez ciągnik C 1002 jest większy niż emitowany przez pozostałe dwa ciągniki (C 330 i MF 235) i ta prawidłowość jest zachowana dla całej długości pomiarowej. Przebiegi wykresów zmian poziomu dźwięku wszystkich ciągników od 16 m (piąty punkt pomiarowy) są w przybliżeniu wzajemnie równoległe, tzn. bezwzględne zmiany poziomu dźwięku są praktycznie takie same.

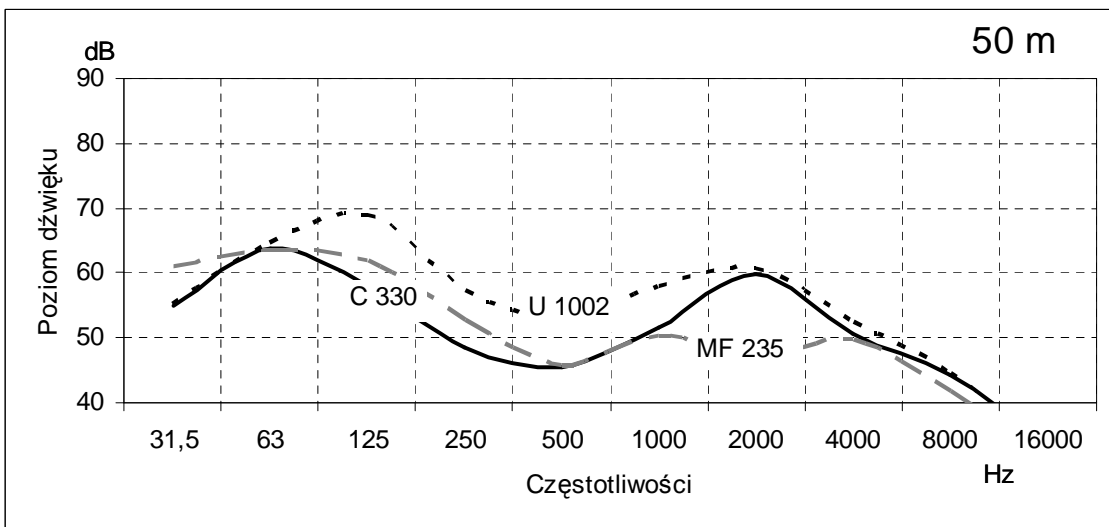
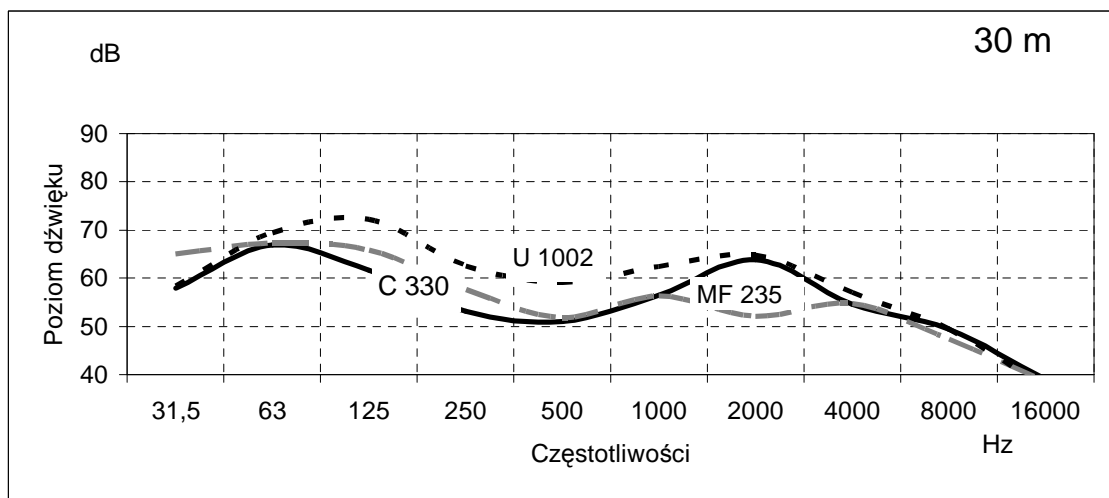
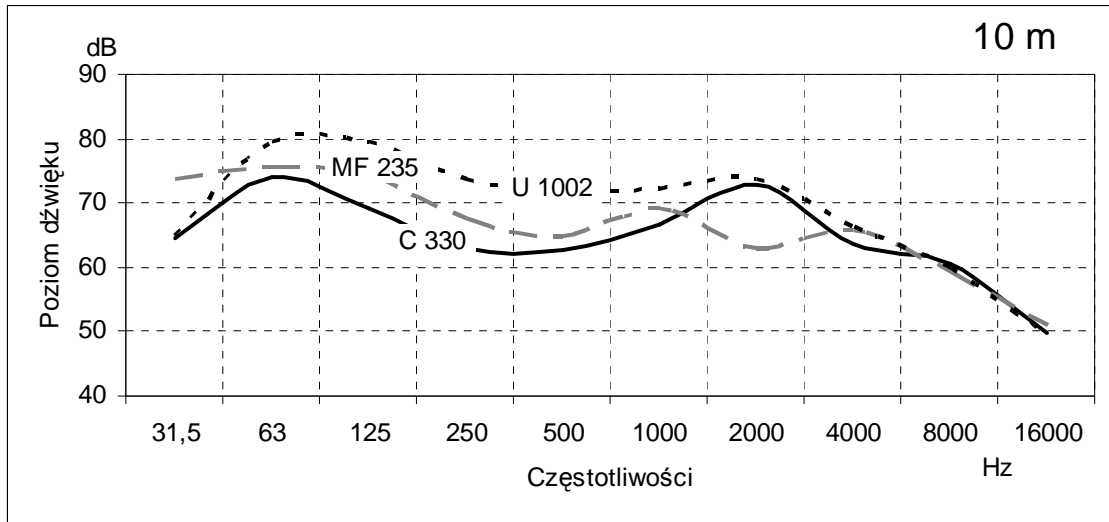
Reasumując: „głośny” ciągnik pozostaje nadal głośny, nawet w dużej odległości; „cichy” ciągnik będzie także „cichy” w dużej odległości.

Zachowanie ciszy w środowisku rolniczym, jest więc możliwe przez zmniejszenie hałasu zewnętrznego ciągników. Jak już wskazano wcześniej postęp ergonomiczny w zakresie ochrony człowieka przed hałasem zmierzał do ochrony tylko kierowcy, podczas gdy otoczenie (środowisko) narażone było na hałas znacznie większy niż w miejscu pracy kierowcy. Uzyskane wyniki wskazują, że hałas ciągnika w dB(A) na polach uprawnych wyróżnia się z tła



Rys. 1. Aproksymowane i zmierzone zmiany poziomu dźwięku ciągników Ursus C 330, Massey Ferguson 235 i Ursus U 1002 na łące ze wzrostem odległości od źródła. Tło akustyczne: 48 – 48,5 dB(A)

Fig. 1. The Ursus C 330, Massey Ferguson 235 and Ursus U 1002 approximation and measurement of sound level on a meadow with a growing distance from the source. Acoustic background 48 – 48,5 dB(A)



Rys. 2. Poziom dźwięku ciągników: C 330, MF 235, C 1002 w odległości 10 m, 30 m i 50 m  
 Fig. 2. Tractor's noise level for the types: C 330, MF 235, C 1002 at the distances of 10 m, 30 m and 50 m

## 4.2. Analiza oktawaowa zmian poziomu dźwięku ciągników różnych typów w tym samym środowisku

Analizie zostaną poddane widma oktawaowe hałasu emitowanego przez ciągniki.

Przebieg widma zależy od ilości cylindrów i obrotów silnika, które w rozważanym przypadku są stałe i wynoszą  $1700 \text{ min}^{-1}$ . Dominującą częstotliwość w widmie akustycznym silnika spalinowego oblicza się z zależności (Puzyna, 1974):

$$f_w = \frac{n \cdot i}{k \cdot 60} \text{ Hz} \quad (1)$$

gdzie:

$n$  – obroty wału korbowego silnika ( $\text{min}^{-1}$ ),

$i$  – liczba cylindrów,

$k$  – współczynnik liczby obrotów silnika na jeden suw pracy ( $k = 1$  dla silnika dwusuwowego,  $k = 2$  dla silnika czterosuwowego).

Dla badanych ciągników dominujące częstotliwości w ich widmach akustycznych przyjmują następujące wartości (tab. 2).

Tab. 2. Dominujące częstotliwości pracy silników ciągnikowych

Table 2. Tractors' engines dominant noise frequencies

Ciągnik	Częstotliwość dominująca (Hz):
C 330	28,3
MF 235	42,5
U 1002	56,7

Porównanie zmian przebiegu widm oktawaowych hałasu ciągników (rys. 2), w wybranych odległościach – 10m, 30 m, 50 m – wykazuje występowanie wyraźnych różnic poziomu dźwięku dla poszczególnych ciągników.

W widmie oktawaowym hałasu badanych ciągników występują charakterystyczne wzrosty (ekstrema górne) poziomu dźwięku w zakresie pasm oktawaowych o wartościach środkowych 63 Hz i 125 Hz. Dla dwóch ciągników, mianowicie C 330 i C 1002, występuje także drugie ekstremum poziomu dźwięku dla pasma oktawaowego o wartości środkowej 2000 Hz.

W widmie oktawaowym ciągnika MF 235, oprócz górnego ekstremum poziomu dźwięku dla pasm oktawaowych o wartościach środkowych 63 Hz i 125 Hz, występują jeszcze dwa inne, podobne ekstrema dla pasm oktawaowych o wartościach środkowych: 1000 i 4000 Hz.

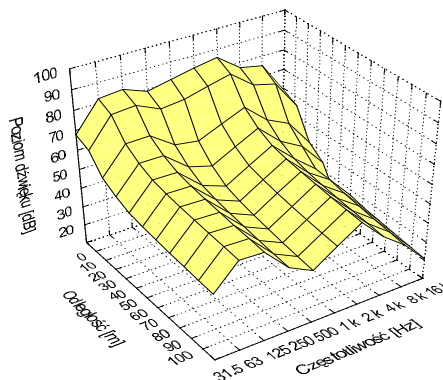
W odległości 30 m i 50 m, zgodnie z teoretycznym przewidywaniem (wzór 1), daje się także zaobserwować przesunięcie największych wartości poziomu dźwięku. Dominujące częstotliwości hałasu ciągników rosną więc w następującej kolejności: C 330, MF 235, C1002. W takim też następstwie występują kolejne ekstrema poziomu dźwięku wyżej wymienionych ciągników dla pasm oktawaowych o wartościach środkowych 63 Hz i 125 Hz.

We wszystkich, niezależnie od odległości od ciągnika, rozpatrywanych przypadkach występuje charakterystyczne obniżenie poziomu dźwięku (ekstremum dolne) dla pasma oktawaowego o wartości środkowej 500 Hz. Dla ciągnika

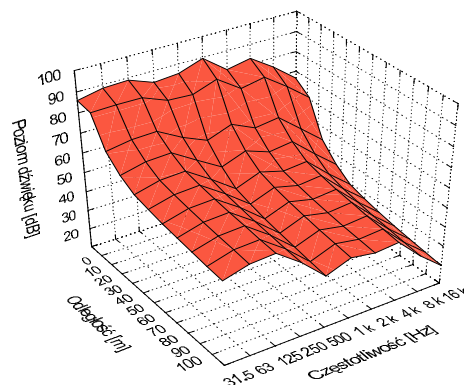
MF 235 obniżenie poziomu dźwięku występuje także dla pasma oktawaowego o wartości środkowej 2000 Hz.

Rys. 4 a, b, c przedstawia trójwymiarowy obraz zmian poziomu dźwięku badanych ciągników, tj. obraz prezentujący te zmiany zarówno w odniesieniu do pasm oktawaowych jak i zmian odległości od źródła dźwięku.

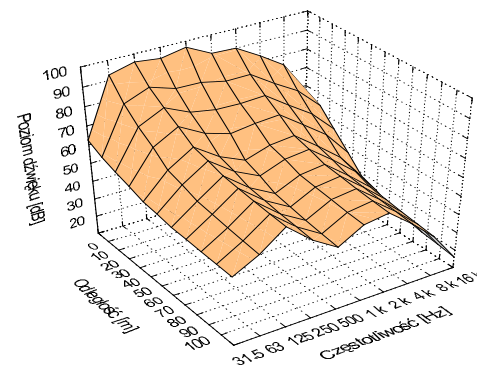
a) C 330



b) MF 235



c) U 1002



Rys. 3. Zmiany poziomu dźwięku ciągników C 330, MF 235, C 1002 dla pasm oktawaowych w funkcji odległości Fig. 3. The C 330, MF 235, C 1002 tractor types sound level modification for octave bands in distance function

Wykresy te mają charakter poglądowy, gdyż wskazują jedynie ogólny przebieg zmian poziomu dźwięku. Można bowiem na ich podstawie tylko wskazać charakterystyczne pasma oktawaowe w rozchodzącym się hałasie, bez wyodrębnienia konkretnych wartości, co wymagałoby zastosowania aparatury z filtrami o bramce węższej niż oktawa.

## 5. Wnioski

1. Graficzne obrazy przebiegu wykresów zmian poziomu dźwięku w dB(A), w funkcji odległości od źródła dźwięku dla ciągników różnych typów jest w przybliżeniu równoległy. Oznacza to, że zmiany hałasu w funkcji odległości od ciągnika w odniesieniu do wartości początkowych (hałasu mierzonego przy ciągniku jako źródle) dla badanych ciągników są proporcjonalne.
2. Przebieg zmian poziomu dźwięku A można zobrazować funkcyjnym modelem matematycznym. Najwyższe wartości współczynnika regresji  $R^2$  rzędu 97-98% uzyskano przy zastosowaniu do aproksymacji funkcji logarytmicznej.
3. W widmie oktawowym hałasu emitowanego przez badane ciągniki wyznaczanym na polach roślin uprawnych dla danej odległości od ciągnika najbardziej obniżał się poziom dźwięku wysokich pasm oktawowych, tj. pasm o wartościach środkowych 16000 Hz, 8000 Hz, 4000 Hz. Dla tej samej zaś odległości od ciągnika najmniej obniżał się hałas dla pasm oktawowych o wartościach środkowych 63 Hz i 125 Hz.

## 7. Literatura

- [1] Adamczyk F., (2004) Rozprzestrzenianie się hałasu wybranych częstotliwości ciągników rolniczych w warunkach polowych. *J. Res. Appl. Agric. Eng.* nr 3.
- [2] Juliszewski T., Adamczyk F., (2001). Rozprzestrzenianie się hałasu ciągników rolniczych w środowisku ich pracy. *Inżynieria Rolnicza*, nr 1/2001.
- [3] Juliszewski T., Adamczyk F., (2001a). Noise of tractors in their work environment. *Proceedings of the XXIX Congress CIOSTA/CIGR V. Kraków 23-25 VI 01r, Wageningen Pels*, str. 331-334.
- [4] Pessina D., Guerretti M., (2000). Effectiveness of Hearing Protection Devices in the Hazard Reduction of Noise from Used Tractors. *Journal of Agricultural Engineering Research*. 75 s. 73-80.
- [5] Polska Norma. PN - 75/R36109 Ciągniki rolnicze. Program i metody badań.
- [6] Polska Norma. PN-ISO 7216: 1996. Akustyka. Ciągniki kołowe i samobieżne maszyny rolnicze i leśne. Poziom hałas zewnętrzny emitowany podczas jazdy.
- [7] Puzyna Cz., (1974). Zwalczanie hałasu w przemyśle. Zasady ogólne. WNT Warszawa.
- [8] Solecki L., (1995). Charakterystyka rzeczywistej ekspozycji na hałas operatorów ciągników i samojezdnych maszyn rolniczych. Rozprawa habilitacyjna. Instytut Medycyny Wsi w Lublinie.
- [9] Solecki L., (2002). Ergonomiczna ocena warunków pracy na stanowisku kierowcy ciągnika rolniczego oraz podstawy ich optymalizacji. Aktualny stan ergonomii w rolnictwie – potrzeby na przyszłość. Instytut Medycyny Wsi w Lublinie.
- [10] Stańczyk A. K., (1997). Ograniczenie poziomu dźwięku ciągnika Massey Ferguson 235 przez zastosowanie osłon akustycznych wokół silnika. Praca magisterska wykonana w Katedrze Eksploatacji Maszyn Rolniczych AR w Krakowie.
- [11] Talamo J. D. C., (1982). The perception of machinery indicators sounds. *Ergonomics*, vol. 25, no. 1, s. 41-51.
- [12] Witte E., (1982). Lärmentwicklung von Schlepperanbau-und-anhängegeräten bei praktischem Einsatz. *Grundlagen Landtechnik* Bd. 32, Nr 5.