

dr inż. ANDRZEJ WIECZOREK

dr inż. JACEK SPAŁEK

mgr inż. MACIEJ KWAŚNY

Politechnika Śląska

Wydział Górnictwa i Geologii, Instytut Mechanizacji Górnictwa

# Badania wpływu rodzaju oleju smarowego oraz prędkości obrotowej na emisję hałasu przekładni zębatych



Fot. Widok stanowiska badawczego

Photo. The test stand

W artykule przedstawiono wyniki badań doświadczalnych wpływu rodzaju i temperatury zastosowanego oleju oraz prędkości obrotowej na emisję hałasu powodowaną przez przekładnie zębate. W eksperymencie czynnym zostały określone poziomy ciśnienia akustycznego dla 4 rodzajów olejów przekładniowych i dla 3 wartości temperatury. Na ich podstawie stwierdzono poprawę właściwości akustycznych przekładni zębatych smarowanych olejami o większej lepkości i o niższej temperaturze.

## The role of lubrication and angular velocity in reducing the noise accompanying operation of gear transmissions

This paper presents the results of experimental research concerning the influence of the type and temperature of oil and rotational speed on noise generated by gear transmissions. Levels of sound pressure for four types of gear oil and for three values of temperature were determined in an active experiment. On the basis of those levels, an improvement in the acoustic properties of gear transmissions lubricated with the oils that have higher viscosity and lower temperature was observed.

## Wstęp

Obecne tendencje w konstruowaniu zespołów napędowych maszyn roboczych [1] powodują, że stanowiące ich integralny element przekładnie zębate są narażone na zwiększone oddziaływania mechaniczne i cieplne. Z tego względu stawiane są im zwiększone wymagania konstrukcyjno-materiałowe. Dotyczy to także płynów eksploatacyjnych, wśród których znaczącą część stanowią oleje smarowe [2]. Odpowiednia jakość oleju smarowego jest niezbędnym warunkiem uzyskania wysokiej trwałości i sprawności przekładni.

Z uwagi na istotny wzrost mocy silników instalowanych w napędach maszyn i urządzeń rośnie również prawdopodobieństwo przekroczenia dopuszczalnych wartości hałasu emitowanego przez przekładnie. W przypadku przekładni napędowych maszyn roboczych aspekt emisji wibroakustycznej związany z doborem danego środka smarowego najczęściej nie stanowi głównego kryterium. Spowodowane jest to m.in. brakiem dostatecznej wiedzy praktycznej w tym zakresie.

Zmniejszenie lepkości oleju na skutek np. wzrostu temperatury wiąże się z obniżeniem

właściwości tłumiących elastohydrodynamicznej warstwy oleju w ząbieniu i łożyskach, co w istotnym stopniu wpływa na hałas generowany przez przekładnie zębate [3, 4].

## Charakterystyka przeprowadzonych badań doświadczalnych

Eksperyment mający na celu określenie wpływu parametrów konstrukcyjnych i smarowania kół zębatych na emisję hałasu przeprowadzono

na stanowisku badawczym pracującym w tzw. układzie mocy zamkniętej (fot.) [5].

W tabeli 1. zestawiono parametry badanych kół zębatych.

Do pomiaru poziomu ciśnienia akustycznego zastosowano miernik poziomu dźwięku typu 2236 firmy Bruel&Kjaer, który umożliwił pomiar z dokładnością  $\pm 0,1$  dB. Pomiar poziomu ciśnienia akustycznego emisji przeprowadzono zgodnie z PN-EN ISO 11204 [6].

Tabela 1. Parametry badanych kół zębatych

Table 1. Parameters of the tested gears

PARAMETR		SYMBOL	ZĘBNIK	KOŁO
Liczba zębów	(-)	z	26	27
Moduł uzębienia	mm	m	4	
Kąt przyporu	stopień	$\alpha$	20	
Luz międzyzębny	mm	c	$0,25 \cdot m_n$	
Szerokość uzębienia	mm	b	10	
Średnica podziałowa	mm	d	104,00	108,00
Średnica wierzchołków	mm	$d_a$	108,00	112,00
Średnica stóp	mm	$d_f$	94,00	98,00
Promień zaokrąglenia stopy zęba	mm	$\rho$	$0,380 \cdot m_n$	
Klasa dokładności wykonania	(-)	-	7	
Rodzaj obróbki powierzchni zębów	(-)	-	nawęglanie	

Do smarowania kół zębatych zastosowano oleje: Renolin CLP 220, Renolin CLP 320 oraz LIQUI MOLY GL5 85W140. Pierwsze dwa to oleje stosowane w szczególności w przemyśle do smarowania wysoko obciążonych przekładni zębatych. Olej firmy LIQUI MOLY stosowany jest przede wszystkim w samochodach ciężarowych oraz maszynach budowlanych do smarowania mechanizmów różnicowych (tabela 2.).

Tabela 2. Zestawienie lepkości kinematycznej w temperaturze 40 °C olejów zastosowanych w badaniach emisji hałasu przekładni [5, 7]

Table 2. Comparison of kinematic viscosity at 40°C of the lubricants used in these tests [5, 7]

RENOLIN CLP 220	RENOLIN CLP 320	LIQUI MOLY GL5 85W140
220	320	415

### Wyniki badań doświadczalnych

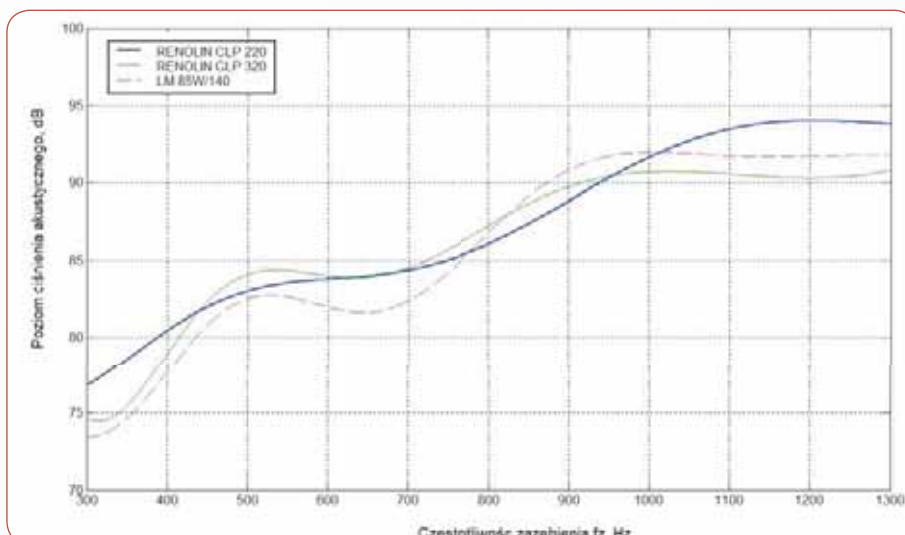
W ramach eksperymentu czynnego, pomiary poziomu ciśnienia akustycznego emisji przeprowadzono dla wymienionych olejów: Renolin CLP 220, Renolin CLP 320, LIQUI MOLY GL5 85W140 oraz trzech wartości momentu statycznego obciążającego współpracujące koła zębate, tj. 10 Nm, 30 Nm, 50 Nm.

Na rysunku 1. przedstawiono przebiegi poziomu ciśnienia akustycznego emisji w funkcji częstotliwości ząbkowania\* [8] uzyskane dla badanych olejów przy obciążeniu kół momentem skręcającym  $M_s = 10$  Nm. Jak wynika z tego rysunku, przy smarowaniu kół zębatych olejem Renolin CLP 220 począwszy od częstotliwości ząbkowania 1000 Hz następuje przyrost poziomu ciśnienia akustycznego emisji hałasu (w porównaniu z emisją hałasu kół smarowanych pozostałymi olejami). Poniżej częstotliwości ząbkowania 450 Hz, w przypadku kół smarowanych tym olejem występuje także zwiększona emisja hałasu. Analizując cały zakres rozpatrywanej częstotliwości ząbkowania (300-1300 Hz) można stwierdzić, że najniższymi wartościami poziomu ciśnienia akustycznego emisji w zakresie częstotliwości od 300 do blisko 800 Hz charakteryzują się koła smarowane olejem LIQUI MOLY GL5 85W140, a więc olejem o najwyższej lepkości nominalnej.

Na rysunku 2. zostały przedstawione poziomy ciśnienia akustycznego emisji zmierzone dla badanych olejów przy obciążeniu  $M_s = 30$  Nm. Podobnie jak w przypadku obciążenia  $M_s = 10$  Nm, niższe wartości poziomu ciśnienia akustycznego emisji uzyskano w zakresie częstotliwości ząbkowania 300-450 Hz i 1100-1300 Hz dla smarowania olejami Renolin CLP 320 i LIQUI MOLY GL5 85W140.

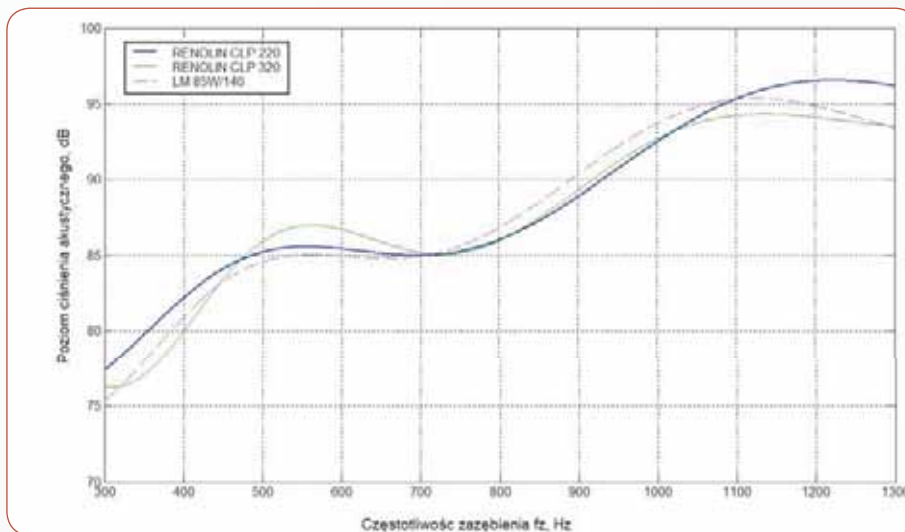
Również na rysunku 3., na którym zamieszczono przebiegi poziomu ciśnienia

\* Częstotliwość ząbkowania zdefiniowana jest jako iloczyn liczby zębów i prędkości obrotowej zębika [8]



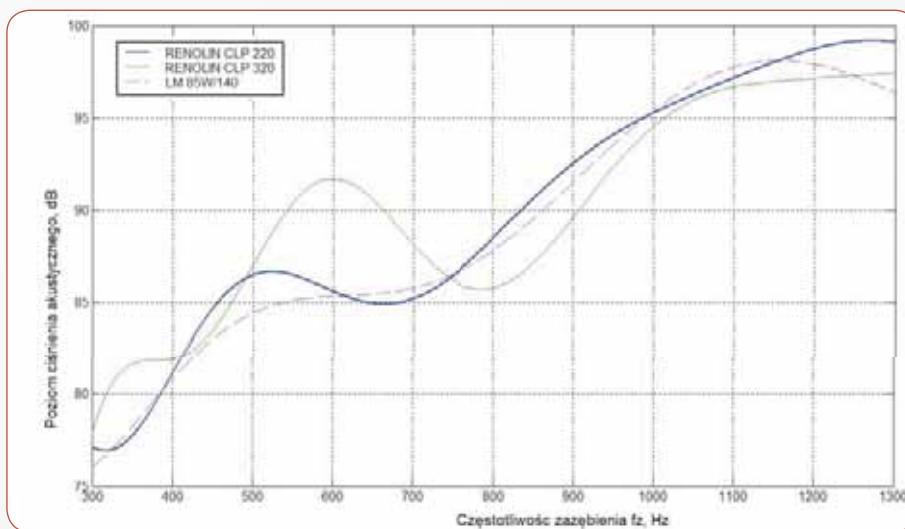
Rys. 1. Poziom ciśnienia akustycznego emisji hałasu przekładni przy obciążeniu  $M_s = 10$  Nm w zależności od rodzaju badanego oleju

Fig. 1. Values of the sound pressure level of the transmission at  $M_s = 10$  Nm, depending on the type of tested oil



Rys. 2. Poziom ciśnienia akustycznego emisji hałasu przekładni przy obciążeniu  $M_s = 30$  Nm w zależności od rodzaju badanego oleju

Fig. 2. Values of the sound pressure level of the transmission at  $M_s = 30$  Nm, depending on the type of tested oil



Rys. 3. Poziom ciśnienia akustycznego emisji hałasu przekładni przy obciążeniu  $M_s = 50$  Nm w zależności od rodzaju badanego oleju

Fig. 3. Values of the sound pressure level of the transmission at  $M_s = 50$  Nm, depending on the type of tested oil



akustycznego uzyskane dla badanych olejów przy obciążeniu kół momentem  $M_s = 50 \text{ Nm}$ , można zauważyć dla określonych częstotliwości zazębienia zmniejszoną emisję hałasu przy smarowaniu olejami o wyższej lepkości nominalnej.

Przeprowadzone badania wykazały ponadto (rys. 1.-3.), że wraz ze wzrostem obciążenia przekładni zwiększa się poziom ciśnienia akustycznego emisji w całym zakresie częstotliwości zazębienia.

### Podsumowanie

W opracowaniu przedstawiono zagadnienie wpływu na emisję hałasu rodzaju oleju smarowego, a także takich parametrów jak obciążenie oraz prędkość obrotowa (w niniejszym ujęciu przyjęto wielkość powiązaną z prędkością obrotową i geometrią kół zębatach – częstotliwość zazębienia) na poziom ciśnienia akustycznego, będącego miarą emitowanego

przez przekładnie hałasu. Należy w tym miejscu dodać, że w badaniach zastosowano oleje o stosunkowo dużej lepkości. Uzyskane wyniki (wartości) emitowanego hałasu mogą być więc inne dla preferowanych w wielu przypadkach (np. w skrzyni biegów) olejów o niższych klasach lepkości nominalnej.

Na podstawie uzyskanych wyników badań eksperymentalnych można sformułować następujące wnioski:

- ze wzrostem częstotliwości zazębienia (prędkości obrotowej) kół wzrasta poziom generowanego hałasu
- zwiększenie obciążenia przekładni powoduje również wzrost wartości emitowanego poziomu ciśnienia akustycznego
- zwiększenie lepkości oleju smarowego powoduje zauważalną poprawę własności akustycznych przekładni zębatach (zmniejszoną emisję hałasu) zwłaszcza dla wyższych wartości częstotliwości zazębienia i obciążenia.

### PIŚMIENNICTWO

- [1] J. Antoniuk *Tendencje rozwojowe w budowie napędów przenośników zgrzeblowych o dużej wydajności transportowej*. Projekt celowy T107C-036-96-C/2999-Zad.1.1. Politechnika Śląska, Instytut Mechanizacji Górnictwa, Gliwice 1998 (praca niepublikowana)
- [2] J. Spatek *Problemy inżynierii smarowania maszyn w górnictwie*. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2003
- [3] Z. Engel *Ochrona środowiska przed drganiem i hałasem*. PWN, Warszawa 2001
- [4] Cz. Puzyna *Hałas w przemyśle*. Instytut Wydawniczy CRZZ, Warszawa 1979
- [5] A. Wieczorek *Wpływ wysokości użebienia na międzyzębne siły dynamiczne w przekładniach*. Praca doktorska, Gliwice 2007
- [6] Norma PN-EN ISO 11204 Akustyka – Hałas emitowany przez maszyny i urządzenia – Pomiar poziomów ciśnienia akustycznego emisji na stanowiskach pracy i w innych określonych miejscach metodą wymagającą poprawek środowiskowych
- [7] K. Nadolny *Tribologia kół zębatach. Zagadnienia trwałości i niezawodności*. Biblioteka Problemów Eksploatacji. Poznań 1999
- [8] A. Wieczorek *Metody zmniejszania hałasu przekładni zębatach – zmiana wskaźnika zazębienia*. „Bezpieczeństwo Pracy” 11(446)2008, s. 9-11

# BLACK-OUT®



**Wysokiej jakości  
i skuteczności  
pasta BHP  
do mycia rąk  
na trudno  
usuwalne  
zabrudzenia**



- skutecznie zmywa smary, sadze, oleje techniczne, smoły, tłuszcze, farby, asfalty, ścierniwa
- polecamy do stosowania w przemyśle stoczniowym, metalurgicznym, farb i lakierów, maszynowym, w warsztatach samochodowych, mechanicznych, lakierniczych, do ogólnych prac domowych oraz na działce

Producent:



„FREGATA” S.A.

ul. Grunwaldzka 497  
80-309 Gdańsk  
tel. (058) 552 00 27 do 29  
www.fregata.gda.pl

Wylączny przedstawiciel handlowy:



ul. Grunwaldzka 497  
80-309 Gdańsk  
tel. (058) 554 18 12  
www.agro.gda.pl