

Janusz Dietrych

METODA BADAŃ KONSTRUKCYJNYCH NA TLE DOŚWIADCZEŃ AKUSTYCZNYCH

Streszczenie. Głośność przekładni jest interesującym przedmiotem badań z dwóch względów, względami tymi są:

- zagadnienia ergonomiczne i ekologiczne,
- zagadnienia konstrukcyjne.

Zagadnienia pierwszego rodzaju przekształcają się w problemy obniżenia głośności ze względu na bezpieczeństwo i higienę pracy. W tym przypadku rozwiązanie problemów konstrukcyjnych jest na ogół celem pośrednim. Referat ma na celu przedstawienie badań konstrukcyjnych opartych na badaniu wpływu cech konstrukcyjnych na głośność przekładni ze względu na optymalizację konstrukcji w świetle zasady optymalnego stanu obciążenia. W tym przypadku zagadnienia fizjologiczne nie są bezpośrednio brane pod uwagę, jednak w konsekwencji optymalizacji konstrukcji cele w tym zakresie są również osiąganе.

Głównym założeniem konstrukcyjnych badań metodami akustycznymi jest twierdzenie o związku między efektem akustycznym a nadwyżkami dynamicznymi układów mecano-dynamicznych.

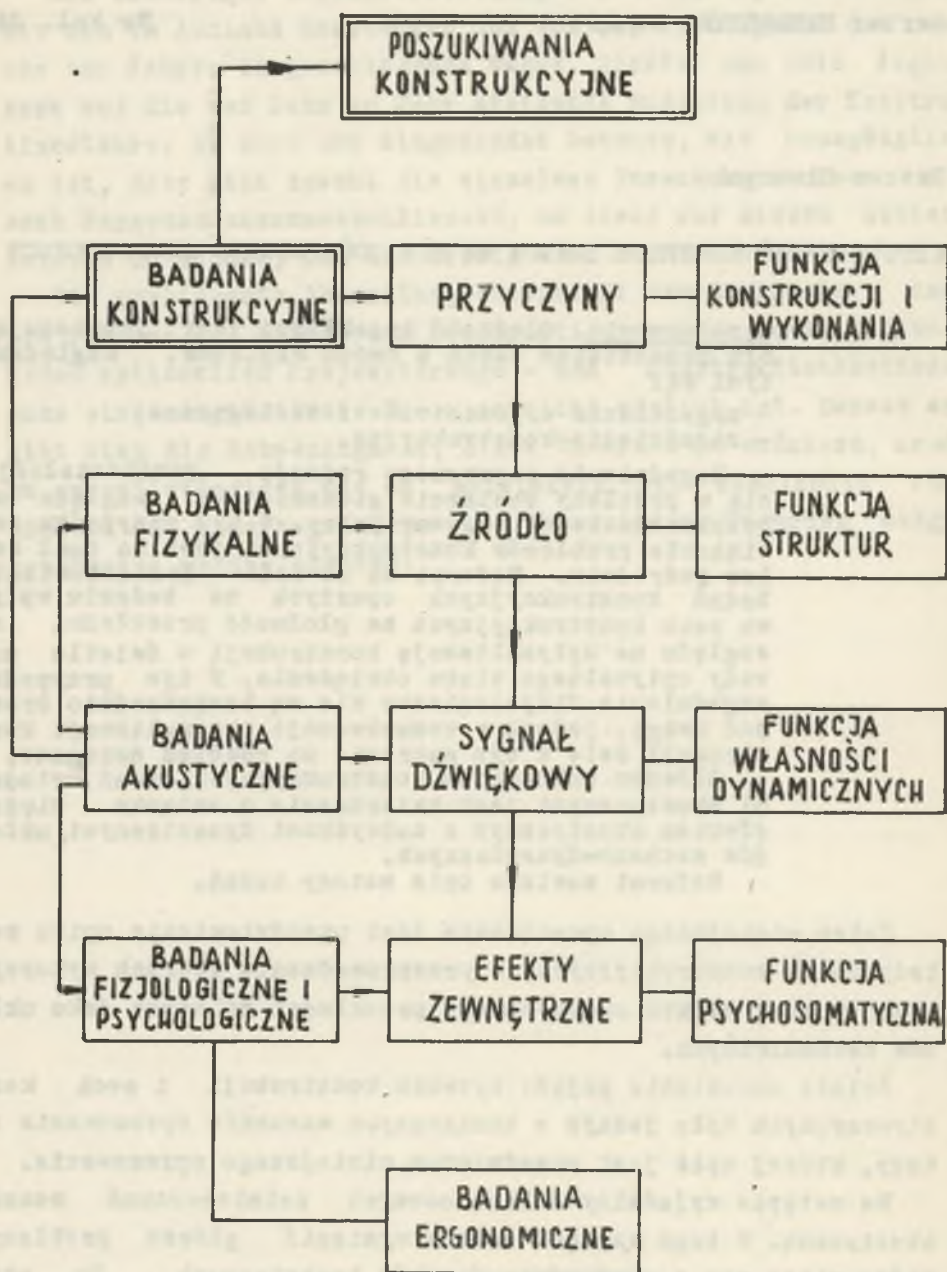
Referat zawiera opis metody badań.

Celem niniejszego opracowania jest przedstawienie opisu metody badań konstrukcyjnych, w przeprowadzeniu których wykorzystano pomiar efektu akustycznego przekładni zębatych jako układów mechanicznych.

Ścisłe określenie pojęć: wytworu konstrukcji i cech konstrukcyjnych było jednym z koniecznych warunków opracowania metody, której opis jest przedmiotem niniejszego opracowania.

Na wstępie wyjaśnimy zakres naszych zainteresowań metodą akustyczną. Z tego względu należy wymienić główne problemy, które wiążą się z głośnością środków technicznych. Są nimi problemy:

- ergonomiczne i ekologiczne,
- fizyczne,
- konstrukcyjne.



Rys. 1. Logiczny model zagadnienia badań akustycznych

W niniejszym opracowaniu zajmujemy się konstrukcyjnymi problemami w ścisłym nawiązaniu do pierwszej zasady konstrukcji, którą jest zasada optymalnego stanu obciążenia.

Rys. 1 stanowi ilustrację logicznych podstaw metody badań.

Przedmiotem naszych zainteresowań w zakresie konstrukcyjnych badań doświadczalnych są przekładnie zębate jako znakomity przykład konstrukcyjnych problemów związanych z głośnością środka technicznego.

Analiza zjawiska akustycznego tego obiektu prowadzi do pewnego modelu, który odpowiada każdemu zjawisku akustycznemu. Porządkując elementy modelu według kolejności poznawania interesującego nas zjawiska wyróżniamy cztery elementy:

- efekt zewnętrzny, dzięki któremu spostrzegamy zjawisko,
- efekt akustyczny, który jest zbiorem dźwięków różnej głośności,
- źródło dźwięków,
- przyczyny występowania źródła dźwięków.

Przyczyną źródła dźwięków w naszym obiekcie jest funkcją konstrukcji i wykonania tego obiektu w sensie materialnym.

Źródło dźwięku jest funkcją struktur, które są wielkościami losowymi, a więc przypadkowymi. Zmienność tej funkcji powinna być ograniczona konstrukcją.

Szum jest funkcją dynamicznych własności układów i sposobu działania przekładni zębatych.

Efekt zewnętrzny jest funkcją psychosomatyczną, zależy bowiem od naszych cielesnych i psychicznych właściwości.

W budowie maszyn centralnym zagadnieniem badawczym są zwykle zjawiska dynamiczne i wytrzymałościowe. Często dążymy do oszacowania stanu obciążenia układu. Otóż przy badaniu przekładni natrafiamy na różne trudności przy badaniu obciążeń ząbienia. Często w istocie połączone to jest z koniecznościami wprowadzenia pewnych zmian do układu badanego. Z tego wynika, że w istocie przedmiotem badań staje się coś innego w stosunku do tego, co było założone.

W stosunku do ząbienia, które odgrywa istotną rolę w przekładni zębatej wydaje się możliwym przyjęcie aksjomatu, który

może być sformułowany w sposób następujący: im większe zmienne oddziaływanie dynamiczne, tym większy efekt akustyczny. Przyjmując aksjomat, można uznać za możliwe omińnięcie w wielu przypadkach bezpośredniego badania zmiennych obciążeń, szum bowiem jest tym, co stanowi informację o stanie obciążeń. Badania konstrukcyjne mają swą logiczną podstawę w twierdzeniu, że szum zależy od struktury układu, która uwarunkowana jest przede wszystkim konstrukcją, a następnie wytwórczym wykonaniem. Drugim czynnikiem wzrastającej głośności, a więc zmian szumu, jest wzrastające zużycie obiektu materialnego.

Analiza szumu powinna umożliwić badanie wpływu konstrukcji i jej zmian na właściwości dynamiczne układu. Optymalizacja konstrukcji pod względem stanu obciążenia wyraża się zmniejszeniem efektu akustycznego w tym zakresie, w którym efekt ten ma swe przyczyny w badanych cechach konstrukcyjnych.

Zabiegi konstruktora oparte na badaniach akustycznych mogą prowadzić do poprawy użyteczności przekładni zębatej dzięki optymalizacji stanu obciążenia zazębienia.

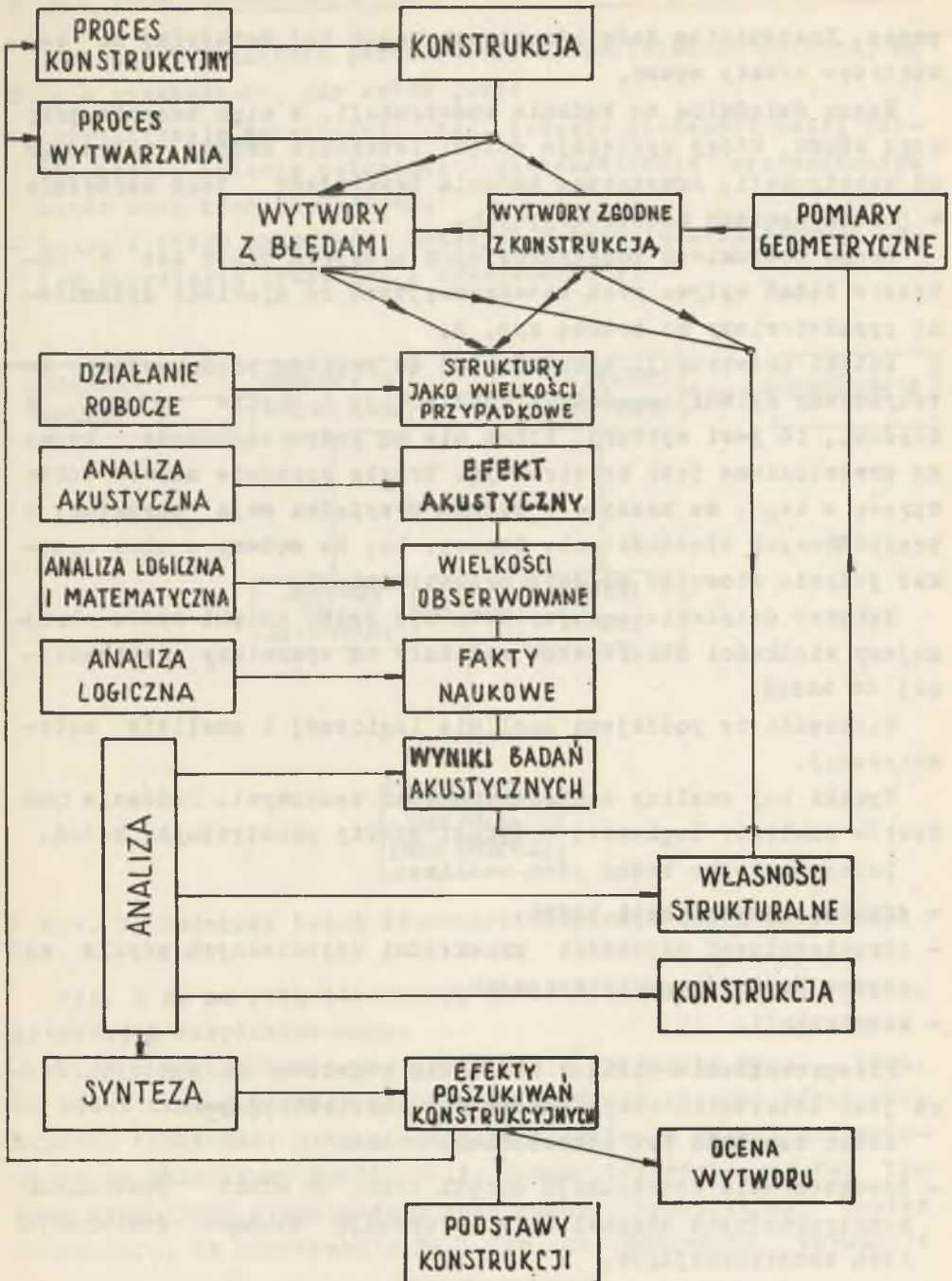
Tym, co stało się narzędziem pomiarowym w omawianych badaniach, jest odpowiednio udoskonalona aparatura akustyczna, dzięki której istnieją coraz większe możliwości wykorzystania szumu jako nośnika informacji o własnościach konstrukcyjnych i właściwościach dynamicznych badanych maszyn.

Poruszając sprawę oceny działania maszyn na podstawie efektu akustycznego, należy podkreślić to, że w świetle przeprowadzonych badań i znanych badań obcych należy wyraźnie powiedzieć, że złudna wydaje się ocena przeprowadzana na podstawie rozpoznawania szumu przy pomocy ucha.

Udoskonalenia aparatury akustycznej umożliwiającej analizę szumu, jako zbioru różnych sygnałów, staje się jednym z podstawowych czynników rozwoju konstrukcyjnych badań zębatych. Celem wyróżnienia celu badań akustycznych skorzystam jeszcze raz z treści rys. 1.

Fizykalne badania mogą mieć na celu tylko sposób zachowania się źródła i to wyłącznie ze względu na poznanie tego źródła.

Fizjologiczne i psychologiczne badania zwykle wiążą się z poszukiwaniami ergonomicznymi, z higieną i bezpieczeństwem



Rys. 2. Badania konstrukcyjne z zastosowaniem badań akustycznych

pracy. Przedmiotem doświadczalnych badań tej dziedziny są zewnętrzne efekty szumu.

Naszą dziedziną są badania konstrukcji, a więc badania przyczyn szumu, który występuje dzięki istnieniu źródła zależnego od konstrukcji. Akustyczne badania traktujemy jako narzędzie w poszukiwaniach konstrukcyjnych.

Drogę poszukiwań konstrukcyjnych przyjętą przez nas w zakresie badań wpływu cech konstrukcyjnych na zjawiska dynamiczne przedstawiamy za pomocą rys. 2.

Dzięki konstrukcji wprowadzonej do procesu produkcyjnego otrzymujemy wytwory zgodnie z konstrukcją i zwykle wytwory z błędami, to jest wytwory, które nie są podporządkowane temu, co przewidziane jest konstrukcją. Trzeba wyraźnie zdawać sobie sprawę z tego, że maszyny w każdym przypadku mają struktury o przypadkowych własnościach. Oznacza to, że możemy o nich orzekać jedynie stosując pojęcia probabilistyki.

Robocze działanie maszyny wywołuje szum, dzięki czemu otrzymujemy wielkości obserwowane zależnie od aparatury zastosowanej do badań.

Wielkości te poddajemy analizie logicznej i analizie matematycznej.

Wyniki tej analizy nazywamy faktami naukowymi. Poddanie tych faktów analizie logicznej przynosi efekty akustycznych badań.

Dalszym etapem badań jest analiza:

- efektów akustycznych badań,
- strukturalnych własności przekładni uzyskiwanych zwykle za pomocą pomiarów geometrycznych,
- konstrukcji.

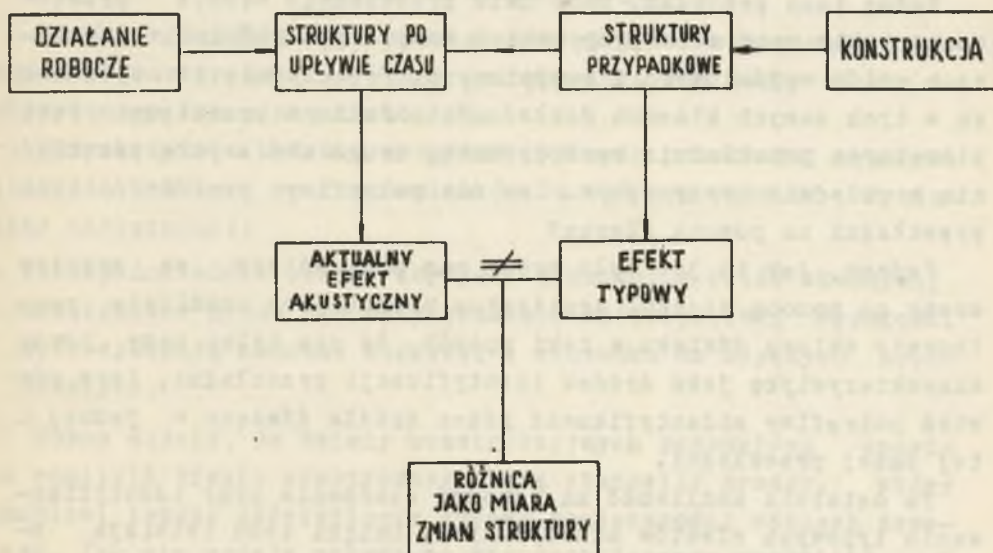
Przeprowadzenie analizy staje się podstawą do syntezy, która jest efektem końcowym poszukiwań konstrukcyjnych.

Efekt ten może być wykorzystany celem:

- udoskonalenia konstrukcji dzięki temu, że efekt poszukiwań konstrukcyjnych stanowi nową informację służącą dobieraniu cech konstrukcyjnych,
- udoskonalenia procesu produkcyjnego,
- oceny przekładni jako ukończonego wytworu produkcji,
- formułowania podstaw konstrukcji badanych obiektów.

W naszych badaniach potwierdziliśmy użyteczność opisanej metody w przypadkach, gdy celem jest:

- optymalizacja konstrukcji, tzn. badanie celowości danej konstrukcji i badanie celowości systematycznie wprowadzanych zmian cech konstrukcyjnych,
- badanie stanu przekładni zębatych w trakcie eksploatacji celem określenia trwałości i niezawodności.



Rys. 3. Podstawy badań własności eksploatowanych przekładni

Rys. 3 ma na celu ilustrację założeń metody badań stanu przekładni eksploatowanych.

Otóż badania akustyczne umożliwiają uzyskanie opisu tego, co można nazwać typowym efektem akustycznym. Typowy efekt akustyczny traktujemy jako szczególną właściwość przekładni wykonanej wg określonej konstrukcji. Możemy twierdzić, że ten typowy efekt jest właściwością konstrukcji, wykazaliśmy bowiem poprzednio, że konstrukcja jest tym, co pośrednio warunkuje

głośność przekładni. Efekt ten można zidentyfikować i przypisać konstrukcji badanego obiektu.

Celem dobitnego zilustrowania tej tezy zwróćmy uwagę na następującą alternatywę. Jesteśmy w pomieszczeniu, o którym wiemy, że są w nim przekładnie pasowe i przekładnie zębate. Mamy zamknięte oczy i jesteśmy doprowadzeni do jednej przekładni. Czy mamy wątpliwości, że korzystając w tym przypadku tylko z ucha, rozpoznamy, czy jest to przekładnia zębata czy też pasowa.

Weźmy inny przykład. Mamy dwie przekładnie zębate przenoszące takie same moce przy takich samych prędkościach obrotowych wałów wejściowych i wyjściowych. Przekładnie te wykonane są w tych samych klasach dokładności. Jedna z przekładni jest planetarną przekładnią bezłożyskową, druga zaś zwykłą przekładnią w układzie tradycyjnym. Czy nie potrafimy rozróżnić tych przekładni za pomocą słuchu?

Jednak, jak to już było przez nas podkreślone, są granice oceny za pomocą słuchu. Analizator harmoniczny umożliwia rozłożenie zbioru dźwięku w taki sposób, że nie tylko mamy pewną charakterystykę jako środek identyfikacji przekładni, lecz również potrafimy zidentyfikować różne źródła dźwięku w jednej i tej samej przekładni.

Ta ostatnia możliwość ma ogromne znaczenie przy identyfikowaniu typowych efektów akustycznych. Dzięki temu istnieją ogromne możliwości badania stanu struktur eksploatowanych maszyn. Nasze dotychczasowe badania wykazały, że bez otwierania przekładni można orzekać o stopniu zużycia zazębienia czy nawet zagrożenia ruchu.

Działanie robocze (rys. 3) jest przyczyną struktur, które po pewnym czasie pracy wyraźnie różnią się od struktur jako bezpośredniej funkcji konstrukcji.

Aktualny akustyczny efekt w miarę upływu czasu, a szczególnie w miarę zmian zachodzących w eksploatowanym układzie, różni się od tego, co zidentyfikowane zostało jako efekt typowy. Dzięki temu zaobserwowane różnice między efektem aktualnym a efektem typowym możemy przyjmować jako miarę zmian struktury.

Nawiązując do naszego konkretnego przedmiotu badań należy podkreślić, że proces zazębienia w przekładni zębatej jest pro-

osem stochastycznym. Wielkość obciążeń i wielkość efektu akustycznego są wielkościami losowymi. Podstawą opracowania logicznego i matematycznego tych wielkości jest statystyka matematyczna.

Z tym wiąże się wykorzystanie następujących pojęć:

- średniej arytmetycznej ciśnienia akustycznego,
- średniej geometrycznej ciśnienia akustycznego,
- odchylenia standardowego ciśnienia akustycznego,
- funkcji korelacji ciśnienia akustycznego.

Zdzisław Jaskóła zaproponował w swej pracy stosowanie wielkości charakteryzującej miarę występowania dominanty efektu akustycznego, tak zwaną liczbę K.

Dotychczasowe badania zazębień typowych przekładni zębatych stanowią podstawę szeregu wniosków, z których obecnie wymienimy następujące:

- należy dokładnie zbadać korzyści stosowania zębów skośnych,
- zastosowane przez nas zęby proste o zróżnicowanej wysokości zęba wykazują znaczne korzyści w stosunku do zwykłych zębów prostych.

Można sądzić, że metody konstrukcyjnych poszukiwań oparte na analizie efektu akustycznego będą stanowiły środek, który umożliwi lepsze naświetlenie sprawy skuteczności różnych zazębień. Jak się wydaje sprawa ta nie jest jeszcze zamknięta. W obecnych czasach obok zazębienia ewolwentowego bierze się pod uwagę zazębienia cykloidalne, Wildhabera - Nowikowa i inne. Można sądzić, że zazębienie ewolwentowe wytrzyma różne konfrontacje wtedy, gdy konstrukcja przekładni rozpatrywana jest w świetle zasad konstrukcji i racji istnienia wytworu, a więc racji celowości technicznej, racji ekonomicznej i racji technologiczności wytworów. Trzeba jednak postawić pytanie, czy wszystkie możliwości zazębienia ewolwentowego zostały wyczerpane? Być może, że badania akustyczne bardziej pomogą w dalszych poszukiwaniach, niż to było możliwe przy stosowaniu dawniej znanych środków pomiarowych.

Rozwijając badania konstrukcyjne przekładni zębatych przeprowadziliśmy badania maszyn eksploatowanych w cementowni. Badania takie mają następujące praktyczne uzasadnienia:

- badanie przekładni przeznaczonych do przenoszenia większych mocy w warunkach laboratoryjnych wymagałoby ogromnych nakładów,
- systematyczne badanie zużycia przekładni może być prowadzone jedynie w warunkach przemysłowych, szczególnie w odniesieniu do przekładni wielkiej mocy,
- interesującym problemem jest sprawa skuteczności stosowania analizatora harmonicznego (spektrometru tercjowo-oktawowego) w warunkach, gdy badany szum jest obciążony zakłóceniami o-toczenia.

W jednym przypadku badań przekładni w cementowniach przedmiotem obserwacji były cztery przekładnie pracujące w jednej hali.

Celem badań było wykrycie związku między efektem akustycznym a stopniem zużycia zębów. Sprzyjającą okolicznością był fakt, że czas pracy tych przekładni był różny. Mieliśmy okazję zbadać przekładni po stosunkowo krótkim okresie czasu pracy (2.000 godzin) oraz po znacznie dłuższym (60.000 godzin). Wykazaliśmy dostateczny duży związek między informacjami uzyskanymi z pomiarów a objawami zużycia zębów.

Przeprowadziliśmy badania po wyłączeniu napędów młynów sąsiednich i przy pełnym ruchu wszystkich młynów. Okazało się, że można pewne informacje o dużym znaczeniu dla eksploatacji uzyskać również w warunkach pełnego ruchu.

LITERATURA

- [1] Dietrych J. - Przegląd aktualnych problemów badania przekładni zębatych. Katedra Ogólnych Podstaw Konstrukcji Maszyn - Politechnika Śląska, Gliwice Z. 7, 1963.
- [2] Dietrych J., - Chomczyk W., Dziedzic S., Małecki L. - Badanie przekładni zębatych dużych mocy. KOPKM - Politechnika Śląska, Gliwice Z. 10, 1964.

- [3] Dietrych J., Banet Z., Dziedzi S., Jaskóła S., Makomaski M. - Konstrukcja przekładni zębatych - Badania własne. KOPKM - Politechnika Śląska Gliwice, z. 23, 1967.
- [4] Dietrych J., Jaskóła Z., Makomaski M. - Ocena stanu przekładni zębatych metodami akustycznymi na tle badań w Cementowni "Warszawa". KOPKM - Politechnika Śląska, Gliwice z. 27, 1969.
- [5] Jaskóła Z. - Wielkości akustyczne podstawą stosunku niektórych cech konstrukcyjnych. KOPKM - Politechnika Śląska, Gliwice, Z. 1963.
- [6] Jaskóła Z. - Analiza akustyczna wpływu cech konstrukcyjnych przekładni zębatych Katedra OPKM - Politechnika Śląska, Gliwice Z. 21, 1966.
- [7] Dietrych J. - Akustische Konstruktionsforschung auf dem Gebiet der Zahnradgetriebe. Budapest 1969 (Publikacje Konferencji Przekładni Zębatych).
- [8] Jaskóła Z. - Konstruktions merkmale als faktor des akustischen Effekts. Budapest 1969 (Publikacje Konferencji Przekładni Zębatych).
- [9] Makomaski M. - Niektóre metody opracowań wyników badań akustycznych w konstrukcyjnych badaniach przekładni zębatych. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, Gliwice, 1969 Energetyka

МЕТОД КОНСТРУКЦИОННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ НА ОСНОВЕ АКУСТИЧЕСКИХ СПЫТОВ

Резюме

Громкость передачи является интересным предметом исследований по двум причинам, этими причинами являются:

- эргономические и экологические вопросы,
- конструкционные вопросы.

Вопросы первого рода переходят в проблемы понижения громкости из-за безопасности и гигиены труда. В этом случае решение конструкционных проблем является в общем косвенной целью.

Целью доклада не является представление конструкционных исследований, основанных на исследовании влияния конструкционных

черт на громкость передачи из-за оптимализации конструкции на основе принципа оптимального состояния нагрузки. В этом случае физиологические вопросы непосредственно не принимались во внимание, однако вследствие оптимализации конструкции цели в этом пределе тоже достигаемые.

Главной предпосылкой конструкционных исследований акустическими методами является утверждение о связи между акустическим эффектом а динамическими излишками механодинамических систем.

Доклад содержит описание метода исследований.

EINE AKUSTISCHE UNTERSUCHUNGSMETHODE IN ANLEHNUNG AN AKUSTISCHE EXPERIMENTE

Z u s a m m e n f a s s u n g

Das Geräusch von Zahnradgetrieben ist der Gegenstand interessanter Untersuchungen, und zwar aus zweierlei Gründen. Diese sind:

- ergonomische und ökologische Probleme,
- Konstruktionsprobleme.

Die Probleme ersterer Art lassen sich in Probleme der Verminderung der Lautstärke umgestellten, was durch die Erhöhung der Arbeitssicherheit und Arbeitshygiene bedingt ist. In solchem Falle bleibt die Lösung von Konstruktionsproblemen im allgemeinen nur ein mittelbares Ziel.

Im Referat soll die Konstruktionsforschung in Anlehnung an Untersuchungen des Einflusses von Konstruktionseigenschaften auf die lautstärke des Getriebes dargestellt werden. Dies steht im Zusammenhang mit der Optimierung der Konstruktion angesichts des Grundsatzes eines optimalen Belastungszustandes. In einem solchen Falle zieht man physiologische Probleme nur mittelbar in Rührung; infolge der Konstruktionsoptimierung jedoch werden auch Ziele in diesem Bereich erreicht.

Die Hauptvoraussetzung der Konstruktionsforschung, die mit Hilfe akustischer Methoden arbeitet, ist die Behauptung, welche besagt, dass zwischen dem Geräusch und den dynamischen Überschüssen mechanisch-dynamischer Systeme ein direkter Zusammenhang bestehe.

Das Referat enthält eine Beschreibung der Forschungsmethoden.