

AKADEMIA TECHNICZNO - ROLNICZA
IM. JANA I JĘDRZEJA ŚNIADECKICH
W B Y D G O S Z C Z Y

ZESZYTY NAUKOWE

Nr 47

MECHANIKA

(17)

REFERATY WYGŁOSZONE NA ZEBRANIU NAUKOWYM
SEKCJI PODSTAW EKSPLOATACJI MASZYN
KOMITETU BUDOWY MASZYN PAN

BYDGOSZCZ, 6—7 PAŹDZIERNIKA 1977

B Y D G O S Z C Z - 1977



AKADEMIA TECHNICZNO-ROLNICZA
IM. JANA I JĘDRZEJA ŚNIADECKICH
W B Y D G O S Z C Z Y

ZESZYTY NAUKOWE

Nr 47

MECHANIKA

(17)

REFERATY WYGŁOSZONE NA ZEBRANIU NAUKOWYM
SEKCJI PODSTAW EKSPLOATACJI MASZYN
KOMITETU BUDOWY MASZYN PAN

BYDGOSZCZ, 6—7 PAŹDZIERNIKA 1977



B Y D G O S Z C Z - 1977

REDAKTOR NACZELNY

Zbigniew Kikiewicz

REDAKTOR NAUKOWY

Andrzej Jazdon

REDAKTOR TECHNICZNY

Ewa Błażejewicz

Wydano za zgodą Rektora
Akademii Techniczno-Rolniczej
w Bydgoszczy

WYDAWNICTWO UCZELNIANE AKADEMII TECHNICZNO-ROLNICZEJ
W BYDGOSZCZY

Nr uwz P. 4534/77

ZP UMK, zam. 732, nakł. 200 egz., obj. 6,3 ark. aut., B-5, cena zł 10,—

D. 43/77

Spis treści

Strona

1. Jazdon A., Szala J., Wojciechowicz B.: Programowane badania niezawodności i trwałości obiektów technicznych	7
2. Jazdon A.: Wybrane zagadnienia programowanych badań niezawodności pojazdów jednośladowych	19
3. Schmidt J.: Hydromechaniczne symulowanie oporów trakcyjnych pojazdu jednośladowego	51
4. Schmidt J., Lewandowski A.: Laboratoryjne odtwarzanie ruchu pojazdu jednośladowego toczącego się po nierównościach terenowych	71
5. Rakowski M., Pietraszek M.: Programowane sterowanie stanowiskiem odwzorowującym zadane warunki eksploatacji pojazdów	85
6. Flizikowski J., Woliński A.: Wpływ nierówności na wierzchni na obciążenia wybranych elementów motocykla WSK typ M06B3	107
7. Jazdon A., Urbanowicz J.: Metody zbierania i przetwarzania danych w eksploatacyjnych badaniach niezawodności pojazdów jednośladowych	121
8. Jazdon A., Wośko Z.: Ocena niezawodności układów napędowych motorowerów i motocykli	143
9. Łoś N., Steinborn J.: Stanowisko do badania stateczności pojazdów jednośladowych.....	173
10. Flizikowski J., Woliński A.: Dynamiczna, bezhamulcowa metoda wyznaczania momentu obrotowego i mocy silników	181

Przedmowa

Artykuły zawarte w niniejszym zeszycie naukowym przygotowano na naukowe zebranie środowiskowe Sekcji Podstaw Eksploatacji Maszyn Polskiej Akademii Nauk na temat "Programowane badania niezawodności obiektów technicznych". Posiedzenie to zostało zorganizowane przy współudziale Instytutu Technologii i Eksploatacji Maszyn Akademii Techniczno-Rolniczej w Bydgoszczy.

Pragniemy poinformować uczestników zebrania, że odbywa się ono w okresie Jubileuszu 70-lecia urodzin oraz 50-lecia pracy naukowej Profesora Stefana Ziemby.

Referaty opracowano na podstawie wieloletnich badań niezawodności i trwałości obiektów technicznych, które prowadzono w Akademii Techniczno-Rolniczej w Bydgoszczy. Od początku tych badań Prof.dr hab.inż. Stefan Ziemia czł.rzecz. PAN udziela naszemu środowisku nieocenionej pomocy naukowej.

Szereg prac naukowych wykonano, bądź też jest wykonywanych pod kierownictwem naukowym Prof.dr.hab.inż. Bolesława Wojciechowicza - Rektora Politechniki Poznańskiej. Za trud włożony w ukie-runkowanie, prowadzenie oraz konsultację naszych prac jak też za zawsze życzliwe zainteresowanie i pomoc. Serdecznie Panom Profesorom dziękujemy.

Wydanie niniejszego zeszytu naukowego zbiega się także z 25-letnim okresem kształcenia inżynierów mechaników w Akademii Techniczno-Rolniczej w Bydgoszczy.

Doniosłe znaczenie problematyki badań niezawodności obiektów technicznych, a szczególnie podnoszenia efektywności tych badań, było powodem podjęcia tej tematyki na kolejnym zebraniu środowiskowym Sekcji Podstaw Eksploatacji Maszyn PAN.

Przedstawiona w referatach problematyka oparta na wynikach badań niezawodności pojazdów jednośladowych ma jednakże szersze znaczenie i w znacznym stopniu dotyczy większości obiektów technicznych.

Organizatorzy mają nadzieję, że wygłoszone referaty i komunikaty oraz dyskusja na ich temat przyczyni się do pogłębienia wiedzy w zakresie programowanych badań niezawodności obiektów technicznych.

Komitet Organizacyjny



Andrzej Jazdon

Józef Szala

Bolesław Wojciechowicz

PROGRAMOWANE BADANIA NIEZAWODNOŚCI I TRWAŁOŚCI OBIEKTÓW
TECHNICZNYCH

W artykule przedstawiono propozycję tez do dyskusji oraz próbę ogólnego sformułowania podstawowych problemów programowych badań niezawodności obiektów technicznych. Artykuł stanowi wprowadzenie do zagadnień, które przedstawiono w niniejszym zeszycie naukowym, dotyczących w większości programowanych badań niezawodności obiektów technicznych.

1. Wstęp

Duże znaczenie programowanych badań niezawodności było powodem podjęcia wymienionej problematyki na środowiskowym zebraniu Sekcji Podstaw Eksploatacji Maszyn Komitetu Budowy Maszyn Polskiej Akademii Nauk, zorganizowanym przy współudziale Akademii Techniczno-Rolniczej w Bydgoszczy.

W niniejszym artykule przedstawiono propozycje tez do dyskusji oraz próbę ogólnego sformułowania podstawowych zagadnień problematyki programowanych badań niezawodności obiektów technicznych. W pracy wykorzystano doświadczenia wieloletnich badań niezawodności i trwałości pojazdów jednośladowych, prowadzonych w Akademii Techniczno-Rolniczej w Bydgoszczy od roku 1969.

Wydaje się jednak, że niektóre z przedstawionych zagadnień mają ogólniejszy charakter i mogą dotyczyć innych grup obiektów technicznych.

Wybrane szczegółowe zagadnienia programowanych badań niezawodności przedstawione zostały w dalszych artykułach zamieszczonych w niniejszym zeszycie naukowym.

Wzrost zainteresowania problematyką niezawodności, będący wyrazem dążenia do poprawy jakości, jest powodem poszukiwania nowych metod badań niezawodności obiektów technicznych. Oprócz tradycyjnych już metod eksploatacyjnych badań niezawodności, opracowywane są metody umożliwiające szybką ocenę niezawodności obiektów technicznych. Jedną z metod umożliwiających skrócenie czasu badań jest metoda programowanych badań niezawodności.

Niezawodność jest, jak wiadomo, cechą eksploatacyjną obiektów technicznych, którą ocenić można ostatecznie dopiero na podstawie danych uzyskanych podczas eksploatacji.

Początkowo oceny niezawodności obiektów technicznych dokonywano na podstawie danych z eksploatacyjnych badań niezawodności.

ci. Przez eksploatacyjne badania niezawodności obiektów technicznych rozumie się badania, których przebieg nie zakłóca naturalnego procesu roboczego badanych obiektów.

Prowadzenie wymienionych badań polega na obserwacji zachowania się obiektu /z punktu widzenia niezawodności/ w toku procesu roboczego.

Eksploatacyjne badania niezawodności dostarczają szeregu podstawowych danych dotyczących warunków eksploatacji oraz występujących w tych warunkach uszkodzeń. W oparciu o te dane dokonuje się oceny niezawodności obiektów. Ocena ta wymaga spełnienia szeregu warunków, z których najistotniejsze to:

- statystycznie uzasadniona liczba obiektów badań,
- reprezentatywne dla populacji generalnej warunki badań,
- odpowiednio długi okres badań.

Gdy warunki te są spełnione, to wyniki uzyskane z eksploatacyjnych badań niezawodności stanowią podstawę do dokonania najbardziej obiektywnej oceny niezawodności. Podstawową wadą tych badań jest konieczność prowadzenia ich na większej liczbie wytwarzanych już obiektów technicznych. Zatem istnieją ograniczone możliwości dokonywania zmian cech konstrukcyjnych i sposobów wytwarzania obiektów technicznych bez znacznych nakładów. Wymieniona wada jest szczególnie istotna dla obiektów wytwarzanych masowo.

Długotrwałość eksploatacyjnych badań niezawodności seryjnie wytwarzanych obiektów przekraczały nieraz w praktyce okres produkcji danego typu maszyny lub urządzenia. Kolejną istotną wadą jest to, że dla większości realnych obiektów technicznych /o losowych warunkach eksploatacji/ nie jest możliwe w praktyce prowadzenie badań na większej liczbie obiektów w powtarzalnych warunkach, a tym samym otrzymywanie porównywalnych wyników.

Eksploatacyjne badania utrudniają ponadto wydzielenie dwóch grup losowych czynników mających wpływ na niezawodność - pierwszej związanej z losowością warunków eksploatacji i drugiej związanej z losowością własności badanych obiektów. Wreszcie eksploatacyjne badania niezawodności przeprowadzić można jedy - nie na całych obiektach, co niekiedy wpływa również na znaczny koszt tych badań.

Wymieniowe czynniki skłaniają do poszukiwania nowych metod badań, eliminujących przynajmniej niektóre z wad badań eksploatacyjnych. Podstawowe wymagania stawiane tym metodom dotyczą zatem:

- możliwości oceny niezawodności obiektów już na etapach projektowania i wytwarzania;
- skracania czasu badań i przez to ograniczenia ich kosztów;
- możliwości uzyskania powtarzalności warunków badań, a przez to uściślenia analizy wyników badań i ich interpretacji;

- możliwości przeprowadzania analizy wpływu warunków pracy i losowości własności badanych obiektów na ich niezawodność;
- możliwości przeprowadzania badań niezawodnościowych na zespołach i elementach.

Warunkom tym odpowiadają w dużym stopniu programowane badania niezawodności obiektów technicznych.

2. Ogólna charakterystyka programowanych badań niezawodności

Pod pojęciem "programowane badania niezawodności obiektów technicznych" rozumie się badania, w których losowe eksploatacyjne czynniki wymuszające modelowane są według z góry opracowanego programu.

W badaniach tych modelowaniu podlegać mogą zarówno czynniki związane z funkcjonowaniem obiektu technicznego /siły uogólnione, prędkości, przyspieszenia, obciążenia cieplne, procesy chemiczne itp. / jak i czynniki zewnętrzne związane z otoczeniem, w którym obiekt jest eksploatowany / temperatura, wilgotność, promieniowanie słoneczne itp./.

Programowane badania niezawodności obiektów technicznych pozwalają na przyspieszenie lub zwalnianie przebiegu czynników wymuszających.

Zasadniczym problemem programowanych badań niezawodności obiektów technicznych jest ustalenie relacji i związków przy - czynowych zachodzących pomiędzy zmianami cech badanego obiektu a przebiegiem czynników wymuszających.

Wyznaczaniem wymienionych relacji zajmują się nauki pod - stawowe. W prostych przypadkach relacje te opisane są zadawala - jąc w oparciu o prawa fizyczne i chemiczne. W szeregu przypad - ków dla potrzeb modelowania czynników wymuszających istnieją zadawalające opisy fenomenologiczne wspomnianych relacji / np. wpływ amplitudy zmian naprężeń na trwałość zmęczeniową/. Mode - lowanie eksploatacyjnych czynników wymuszających opierać się może także na naukowych hipotezach opisujących przebieg zjawisk fizyko - chemicznych.

Przykładem może być modelowanie eksploatacyjnych obciążeń w programowanych badaniach zmęczeniowych w oparciu o znajomość:

- wpływu sekwencji obciążeń na trwałość zmęczeniową;
- wpływu przeciążeń i niedociążeń na umocnienie lub osłabienie materiału;
- wpływu przerw w obciążeniach i częstotliwości obciążeń na trwałość zmęczeniową.

Brak tego rodzaju opisów uniemożliwia naukowo uzasadnione mode - lowanie eksploatacyjnych czynników wymuszających w programowa - nych badaniach niezawodności i trwałości obiektów technicznych. W takich przypadkach modelowanie tych czynników opiera się nie - kiedy na doświadczeniu zawodowym oraz intuicji.

W tym sposobie modelowania poszukuje się najczęściej analogii w doborze oddziaływań czynników wymuszających w programowanych badaniach do oddziaływań czynników eksploatacyjnych.

Szeroko rozpowszechnione badania poligonowe oraz badania na torach przeszkód kompletnych obiektów technicznych, a także niektóre badania stanowiskowe tych obiektów mogą być przykładem tego rodzaju modelowania.

W przypadku prostych obiektów technicznych i prostych wymuszeń, wyznaczenie relacji i związków przyczynowych pomiędzy zmianami cech obiektu a przebiegiem eksploatacyjnych czynników wymuszających jest na ogół możliwe do osiągnięcia.

W większości przypadków uszkodzenia złożonych obiektów technicznych /szczególnie mechanicznych/, występują jako wynik jednoczesnego działania szeregu czynników wymuszających /np. jednoczesne oddziaływanie obciążeń, zanieczyszczeń i korozji- do - prowadzić może do pęknięć zmęczeniowych lub do granicznego zużycia/. W takich przypadkach znajomość podstawowych opisów relacji i związków przyczynowych pomiędzy zmianami cech obiektu a przebiegiem czynników wymuszających jest niewystarczająca do prawidłowego prowadzenia programowanych badań niezawodności i trwałości obiektów technicznych.

Wydaje się jednakże celowe, aby na obecnym etapie poznania tych zagadnień, poszukiwać takich metod prowadzenia programowanych badań niezawodności i trwałości obiektów technicznych, które upraszczając w dopuszczalnych granicach losowe oddziały -

wanie eksploatacyjnych czynników gwarantowałyby otrzymywanie przydatnych wyników badań.

3. Ogólne wytyczne do programowanych badań niezawodności

W związku z powyższym zachodzi pytanie, jakim warunkom powinny odpowiadać programowane badania niezawodności złożonych obiektów technicznych.

Stopień poznania wymienionych uprzednio relacji i związków przyczynowych ma zasadniczy wpływ na charakter programowanych badań niezawodności. W przypadku braku znajomości tych relacji dąży się w programowanych badaniach niezawodności do naśladowania eksploatacyjnych czynników wymuszających. Powyższe stwierdzenie oparte jest na szeregu przykładów zawartych w literaturze /programowane badania zmęczeniowe metodą zamkniętej taśmy, badania niezawodności i trwałości pojazdów mechanicznych na trasach zastępczych itp./.

Dalszym etapem rozwoju programowanych badań niezawodności jest odejście od bezpośredniego naśladowania eksploatacyjnych czynników wymuszających. Przykładem ilustrującym powyższe stwierdzenie mogą być badania zmęczeniowe przy obciążeniu pseudolosowym o charakterystykach statystycznych zbliżonych do charakterystyk statystycznych obciążeń eksploatacyjnych.

Drugim przykładem mogą być badania pojazdów mechanicznych i maszyn roboczych na torach prób i stanowiskach do badań całych pojazdów i maszyn z modelowaniem podstawowych eksploatacyjnych czynników wymuszających.

Poznanie relacji i związków przyczynowych występujących między zmianami cech obiektu technicznego a przebiegiem eksploatacyjnych czynników wymuszających umożliwia opracowanie programów badań niezawodności obiektów technicznych, w których wymuszenia mogą mieć odmienny charakter od wymuszeń eksploatacyjnych. Przykładem ilustrującym tego typu badania mogą być programowane badania zmęczeniowe, w których losowe przebiegi obciążeń eksploatacyjnych zastępuje się blokowymi obciążeniami o przebiegu sinusoidalnym.

Programowanie obciążeń w wymienionych badaniach zmęczeniowych oparte jest na znajomości relacji pomiędzy wpływem obciążeń losowych i programowanych na trwałość zmęczeniową obiektów technicznych.

Zasygnalizowane zagadnienia programowanych badań niezawodności obiektów technicznych umożliwiają podjęcie próby określenia ogólnych wytycznych dotyczących sposobu przeprowadzania omawianych badań.

Punktem wyjścia programowanych badań niezawodności jest zbieranie danych o eksploatacyjnych czynnikach wymuszających i ich opracowanie. Dane te uzyskuje się w eksploatacyjnych bada-

niach niezawodności obiektów technicznych oraz poprzez przeprowadzanie odrębnych badań i pomiarów, których celem jest wyznaczenie charakterystyk statystycznych eksploatacyjnych czynników wymuszających.

Kolejnym etapem jest opracowanie lub przyjęcie sposobu modelowania istotnych eksploatacyjnych czynników wymuszających. Przyjęcie sposobu modelowania tych czynników winno być oparte na znajomości relacji i związków przyczynowych pomiędzy zmianami cech obiektu a przebiegiem eksploatacyjnych czynników wymuszających.

Wybrane sposoby modelowania dominujących eksploatacyjnych czynników wymuszających i dane z eksploatacji obiektów technicznych stanowią podstawę opracowania programu.

Ostatecznym sprawdzianem prawidłowości opracowanego programu jest stopień zgodności przebiegów procesów uszkodzeń w eksploatacji i podczas programowanych badań niezawodności obiektów technicznych. Chodzi tu nie tylko o zgodność w sensie ilościowym, wyrażającą się podobieństwem w częstotliwości i kolejności uszkodzeń elementów obiektu, lecz także o zgodność jakościową czyli o zgodność postaci i przyczyn uszkodzeń tych elementów.

Na podstawie danych zawartych w dostępnej literaturze naukowej stwierdzić można, że w szerokim zakresie prowadzone są programowane badania zmęczeniowe. Wydaje się celowym podjęcie programowanych badań dla innych procesów niszczenia, szczegól-

nie dla naturalnego zużycia. Opracowanie metod programowanych badań dla różnych procesów niszczenia elementów maszyn, umożliwi opracowanie metod programowanych badań niezawodności dla złożonych obiektów technicznych.

Konieczność prowadzenia programowanych badań niezawodności i trwałości złożonych obiektów technicznych jest coraz bardziej istotna i nagła w związku z szybkim postępem technicznym, masowością wytwarzania oraz dążeniem do wytwarzania obiektów technicznych o optymalnej niezawodności i trwałości.

PROGRAMMING MACHINERY RELIABILITY AND DURABILITY TESTS

Summary

The need for shortening testing time of machinery reliability results in increased interest in programmed reliability tests. The article presents, by means of a discussion, general problems connected with programmed reliability testing. There have been formulated conditions necessary for a proper calibration of service factors and determined general directions concerning the way of carrying out programmed testing of machinery reliability.

ПРОГРАММИРОВАНИЕ ИСПЫТАНИЙ НАДЕЖНОСТИ И ПРОЧНОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

Резюме

Стремление к сокращению времени испытаний дающих возможность оценить надежность и прочность технических объектов является причиной увеличения заинтересованности программированными испытаниями надежности.

В статье представлены спорные общие проблемы связанные с проблематикой программированных испытаний надежности. Были определены условия обязательные для правильного моделирования условий работы, а также определены общие указания относительно способа проведения программированных испытаний надежности технических объектов.

Andrzej Jazdon

WYBRANE ZAGADNIENIA PROGRAMOWANYCH BADAŃ
NIEZAWODNOŚCI POJAZDÓW JEDNOŚLADOWYCH

Prowadzenie eksploatacyjnych badań niezawodności pojazdów jednośladowych jest długotrwałe, uciążliwe, a niekiedy także niebezpieczne. Celowym staje się więc poszukiwanie nowych metod badań nie obciążonych tymi wadami, a dających pożądane wyniki.

W artykule przedstawiono próbę opracowania metody programowych badań niezawodności pojazdów jednośladowych. Opracowane założenia metodyczne sprawdzono doświadczalnie. Uzyskane wyniki pozwalają przypuszczać, że przedstawione kierunki programowanych badań niezawodności pojazdów jednośladowych są słuszne.

1. Wstęp

Ze względu na losowy rozkład własności materiałów oraz losowy rozkład eksploatacyjnych czynników wymuszających, a także złożony przebieg procesów zużyciowych zachodzących w obiektach podczas ich eksploatacji, zaprojektowanie i wykonanie obiektów technicznych o wymaganej z góry, niekiedy bardzo wysokiej nie-

zawodności, jest w praktyce trudne do zrealizowania. Do budowania takich obiektów projektantom nie wystarcza już na ogół posiadana wiedza i nagromadzone doświadczenie. Winni oni swoje rozwiązania konstrukcyjne i technologiczne sprawdzać na bieżąco w toku procesu projektowania oraz uruchamiania produkcji. W tym celu należy prowadzić badania niezawodności prototypów oraz obiektów z serii informacyjnej. W zależności od rodzaju obiektów, ich zastosowania oraz warunków pracy, badania te mogą mieć różną postać /eksploatacyjne, poligonowe, stanowiskowe, modelowe, symulacyjne/.

Dla oceny niezawodności pojazdów jednośladowych, na etapach ich projektowania i uruchamiania produkcji, zaproponowano prowadzenie stanowiskowych, programowych badań niezawodności. Wybrane zagadnienia tych badań przedstawiono w niniejszym artykule.

2. Propozycja metody badań

Przy opracowywaniu metody przyspieszonych badań niezawodności złożonych obiektów technicznych należy zadać pytanie, czy przy obecnym stopniu poznania zakresu zmienności losowych eksploatacyjnych czynników wymuszających, a także znajomości związków przyczynowych i korelacji pomiędzy zmiennością tych czynników a zmiennością stanów fizycznych obiektów, celowe jest budowanie skomplikowanych i drogiej stanowisk badawczych, na których odtwarzane będą losowe przebiegi eksploatacyjnych czynników wymuszających? Odtwarzanie takie przy zastosowaniu nowoczesnych urządzeń elektronicznych oraz układów serwo - hydraulicz-

nych jest już obecnie możliwe [2,3,10]. Pamiętać jednak należy, że nawet bardzo skomplikowane stanowisko badawcze odtwarzać będzie tylko pewien, wytypowany jako reprezentatywny, fragment rzeczywistości.

Wydaje się natomiast, że celowe i pilne jest poszukiwanie takich metod przyspieszonych badań niezawodności, które upraszczając rzeczywiste warunki eksploatacji, gwarantowałyby jednocześnie uzyskiwanie przydatnych dla praktyki przemysłowej wyników badań. Podejście takie uzasadnione jest tym, że w większości przypadków podstawowym celem badań przyspieszonych jest szybkie dokonywanie porównawczej oceny niezawodności kolejnych propozycji konstruktorów i technologów. W badaniach tych chodzi przede wszystkim o szybkie uzyskanie odpowiedzi, o ile badane rozwiązanie jest lepsze czy gorsze od innych i jakie winny być kierunki postępowania konstruktorów i technologów zmierzające do udoskonalenia obiektu.

Kierując się powyższymi przesłankami zaproponowano, aby przyspieszone badania niezawodności pojazdów jednośladowych prowadzić jako programowane badania stanowiskowe, w toku których modelowane będą na stanowisku badawczym tylko dominujące eksploatacyjne czynniki wymuszające.

3. Ogólne założenia programowanych badań niezawodności pojazdów jednośladowych

Podstawowe założenie dotyczyło zasad modelowania eksploatacyjnych czynników wymuszających na stanowisku badawczym. Przyjęto, że losowa w eksploatacji zmienności czynników wymuszających zostanie uproszczona do tego stopnia, aby między zmiennoś-

cią czynników wymuszających w eksploatacji a zmiennością tych czynników na stanowisku zachodziło podobieństwo o charakterze jakościowym. Rozumiano przez to, że na pojazd w badaniach stanowiskowych powinny oddziaływać jakościowo te same czynniki wymuszające co podczas eksploatacji. Mogą natomiast wystąpić różnice w wartościach częstości bezwzględnych występowania czynników, czy też w kolejności ich występowania.

Założono, że w programowanych stanowiskowych badaniach niezawodności pojazdów jednośladowych uzyska się porównywalne z badaniami eksploatacyjnymi wyniki, jeżeli spełnione zostaną następujące warunki:

- a/ podczas badań stanowiskowych funkcjonować będą wszystkie zespoły i elementy pojazdu;
- b/ na stanowisku badawczym będą modelowane, według przedstawionych powyżej zasad, podstawowe eksploatacyjne czynniki wymuszające;
- c/ zostaną zachowane te same co w badaniach eksploatacyjnych zasady odnawiania pojazdów oraz wykonywania obsługi.

Dla wykonania postawionego zadania należało:

- ocenić wpływ eksploatacyjnych czynników wymuszających na występowanie uszkodzeń pojazdów;
- wytypować /w wyniku przeprowadzonej powyżej oceny oraz studiów literatury/ dominujące eksploatacyjne czynniki wymuszające, które należy modelować na stanowisku badawczym;
- dokonać ilościowej oceny tych czynników;
- opracować zasady i programy ich modelowania w toku badań stanowiskowych;

- opracować projekt stanowiska badawczego, które umożliwi modelowanie dominujących czynników wymuszających według opracowanych uprzednio zasad;
- sprawdzić doświadczalnie opracowaną metodę badań.

O tym, czy opracowana metoda programowanych badań stanowiskowych jest poprawna i czy na pojazd w tych badaniach oddziaływać będą jakościowo te same czynniki wymuszające co podczas eksploatacji, przekonać się można porównując uszkodzenia pojazdu w eksploatacji z uszkodzeniami, które wystąpiły podczas badań programowanych. Jakościowo uszkodzenia te nie powinny się różnić. Znaczy to, że w porównywanych badaniach wystąpić powinny uszkodzenia tych samych elementów, a ponadto postacie uszkodzeń i przyczyny ich występowania też powinny być takie same.

Założono natomiast, że ilościowe podobieństwo występujących uszkodzeń będzie wystarczające wówczas gdy:

- a/ wartości liczbowe wskaźników niezawodności wyznaczone w oparciu o dane z badań eksploatacyjnych i programowanych nie będą w sensie statystycznym różnić się w sposób istotny;
- b/ wystąpi podobieństwo postaci rozkładu dwóch empirycznych funkcji, wyznaczonych dla rozpatrywanych zmiennych losowych;
- c/ częstości względne uszkodzeń zespołów pojazdu, a także elementów stanowiących jego słabe ogniwa, różnić się będą w sposób statystycznie nieistotny.

4. Wytypowanie oraz ocena dominujących eksploatacyjnych czynników wymuszających oddziałujących na pojazdy jednośladowe podczas eksploatacji

Pojazdy mechaniczne eksploatowane są w szczególnie zmiennych warunkach. Użytkowanie ich odbywa się na drogach o różnorodnych nawierzchniach, w zmieniających się warunkach klimatycznych oraz przy ulegających ciągłym zmianom parametrach jazdy.

Wytypowania dominujących eksploatacyjnych czynników wymuszających dokonano na drodze analizy postaci i przyczyn uszkodzeń pojazdów zarejestrowanych w toku wieloletnich eksploatacyjnych badań niezawodności rowerów, motorowerów i motocykli [7,8,18]. Wyniki własne wzbogacono o dane literaturowe [4,9,12, 13 i 14].

Do podstawowych czynników wymuszających oddziałujących na pojazdy podczas eksploatacji zaliczono;

- a/ zewnętrzne obciążenia pojazdu,
- b/ wartości i charakter nierówności nawierzchni dróg,
- c/ prędkość jazdy pojazdu po poszczególnych nawierzchniach.

Wymienione powyżej czynniki decydują o wartości obciążeń dynamicznych oddziałujących na elementy pojazdu podczas użytkowania.

Do drugiej grupy zaliczono tzw. czynniki zewnętrzne, które oddziałują na pojazd w sposób ciągły, niezależnie od tego czy jest on użytkowany, przechowywany, czy też naprawiany.

Jako podstawowe w tej grupie wyróżniono:

- a/ temperaturę powietrza,
- b/ promieniowanie słoneczne,
- c/ wilgotność powietrza,
- d/ zanieczyszczenie i aktywność chemiczną atmosfery.

Wymienione zewnętrzne czynniki wymuszające wpływają na:

- intensywność korozyjnego i ciernego zużycia elementów pojazdu;
- obciążenia cieplne silnika oraz ogumienie;
- starzenie elementów wykonanych z gumy, skóry, tworzyw sztucznych;
- jakość napraw wykonywanych w warunkach użytkowania pojazdu.

Poza wymienionymi podstawowymi czynnikami wymuszającymi, wyróżniono ponadto:

- a/ topografię terenu,
- b/ zagęszczenie ruchu,
- c/ porę dnia.

Topografia terenu charakteryzowana przez profil pionowy oraz ukształtowanie poziome dróg decyduje głównie o:

- oporach jazdy,
- ilości zadziałań mechanizmów sterowania,
- obciążeniach cieplnych silnika, sprzęgła, hamulców i ogumienia.

Zagęszczenie ruchu, zależne głównie od tego, czy użytkowanie pojazdów odbywa się po terenach zabudowanych czy nie zabudowanych wpływa przede wszystkim na:

- ilość zatrzymań, hamowań i przyspieszeń,
- prędkość jazdy,
- obciążenie cieplne układu napędowego,
- ilość i własność kurzu i błota.

Pora dnia warunkuje użytkowanie elementów oświetlenia pojazdu, wpływa na prędkość jazdy, a także obciążenie cieplne silnika i ogumienia.

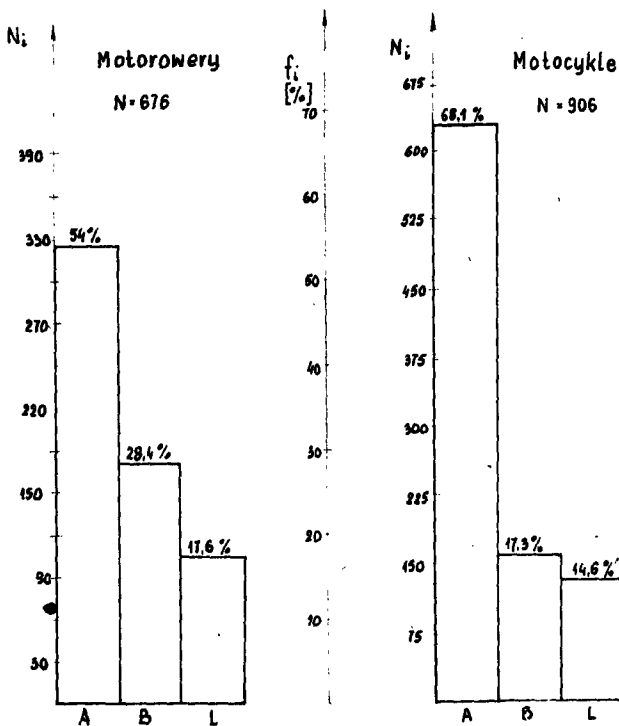
Do dokonania ilościowej oceny tych czynników przeprowadzono szereg badań i pomiarów, z których najistotniejsze to:

- a/ eksploatacyjne badania niezawodności rowerów, motorowerów i motocykli, w toku których rejestrowano dane dotyczące warunków eksploatacji pojazdów;
- b/ ankietowe badania warunków eksploatacji pojazdów jednośladowych. Badaniami tymi objęto około 2.000 użytkowników motorowerów i motocykli. Rozkład przestrzenny ankietowanych respondentów obejmował całą Polskę [5,6];
- c/ pomiary obciążeń występujących w elementach pojazdu w warunkach eksploatacyjnych;
- d/ pomiary uzupełniające, jak:
 - pomiary eksploatacyjne prędkości jazdy pojazdów jednośladowych, w różnych sytuacjach eksploatacyjnych,
 - badania częstości zadziałań mechanizmów sterowania pojazdem,

- pomiary przyspieszeń i opóźnień pojazdów itp.

Ponadto przy opracowywaniu charakterystyk czynników wymuszających oddziałujących na pojazdy podczas eksploatacji wykorzystano także dane zawarte w dostępnej literaturze [11, 13, 15, 16].

Na rysunkach 1 i 2 oraz w tabeli 1 przedstawiono charakterystyki niektórych eksploatacyjnych czynników wymuszających.

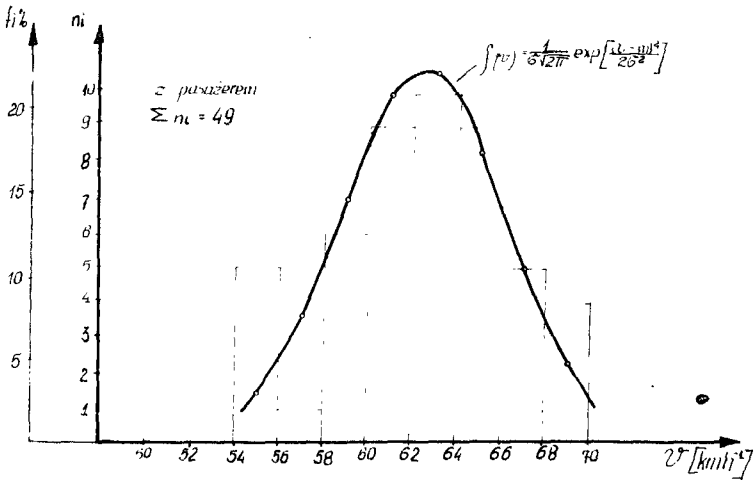
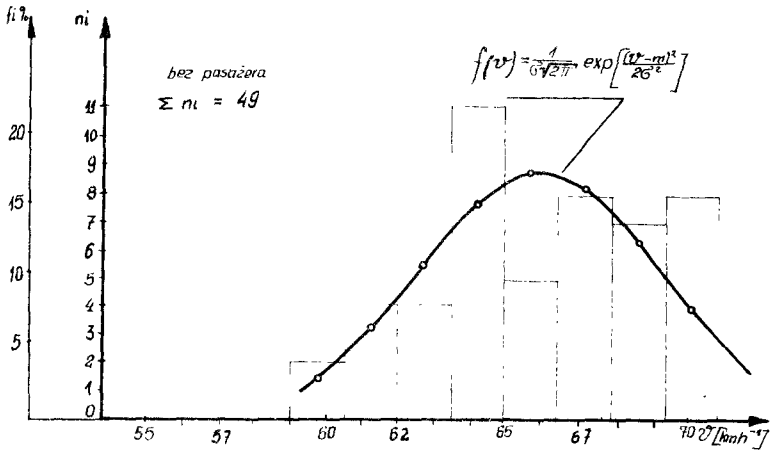


Rys.1. Udziały użytkowania motorowerów i motocykli po drogach o nawierzchniach:

A - twardych ulepszonych /bitumiczne, beton/

B - twardych nieulepszonych /bruk, szutrowe/

L - nieutwardzonych /polne, bezdroża/



v [km/h]	S	σ	a	e	$Kd < \ll < Kg$	$x_{0.01}^2$	$x_{0.05}^2$	m	G		
z pasażerem	62,42	3,69	0,059	0,270	2,36	81,383	63,474	0,67	9,49	62,42	3,69
bez pasażera	65,949	3,35	0,05	0,078	2,19	65,04	68,949	5,38	9,49	65,949	3,359

Rys. 2. Histogram oraz funkcja rozkładu prędkości eksploatacyjnej motocykli na drodze twardej ulepszonej

Srednia ilość włączeń mechanizmów sterowania motoroweru i motocykla

Warunki użytkowania Rodzaj mechanizmu	Srednia ilość włączeń mechanizmów sterowania na 100 km przebiegu pojazdów					
	Tereny zabudowane		Tereny niezabudowane		Srednio, z uwzględnieniem udziału użytkowania pojazdów po terenach zabudowanych i niezabudowanych	
	Motorowery	Motocykle	Motorowery	Motocykle	Motorowery	Motocykle
Sprzężo	302	548	149	310	189	385
Hamulec tylny	200	481	104	201	123	269
Hamulec przedni	99	134	42	53	53	91

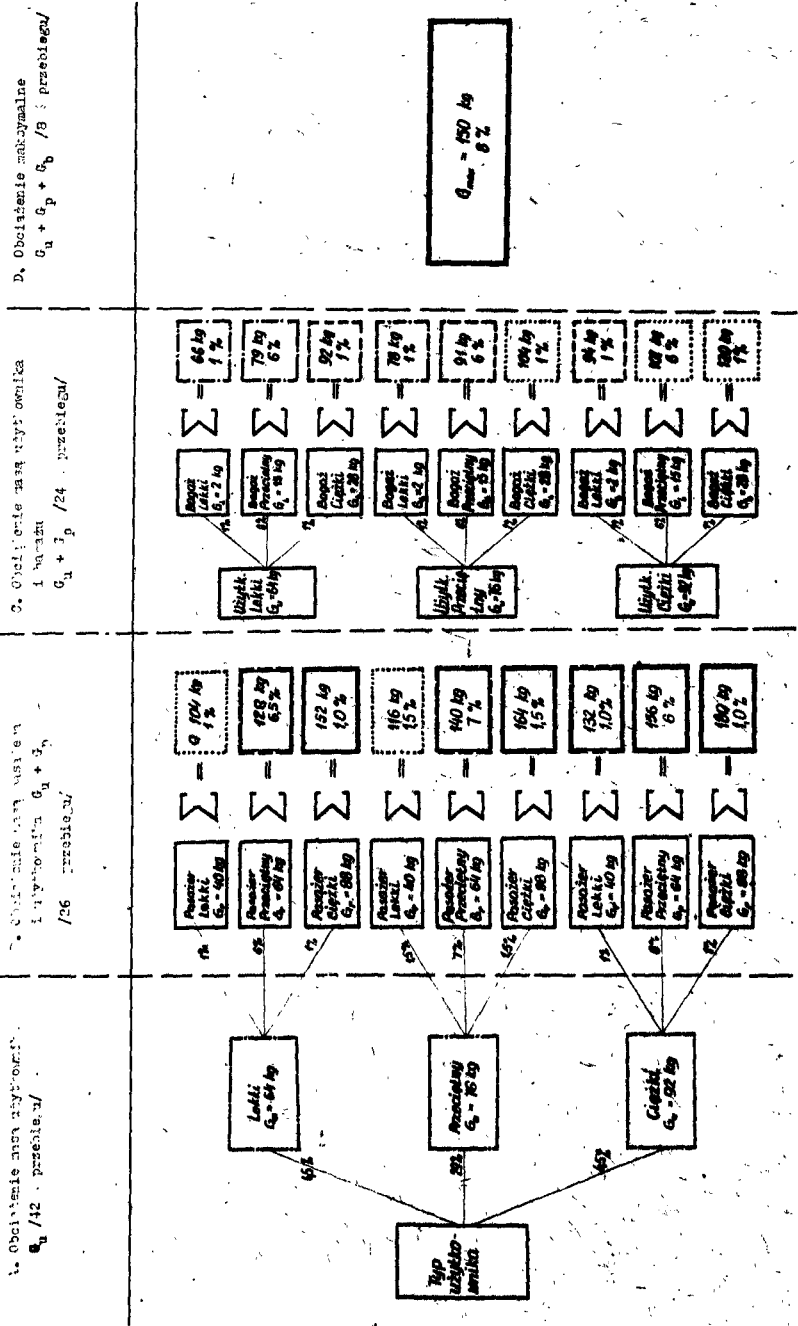
5. Przykłady modelowania niektórych eksploatacyjnych czynników wymuszających w programowanych badaniach niezawodności motorowerów i motocykli

Złożoność zagadnienia modelowania eksploatacyjnych czynników wymuszających na stanowiskach i poligonach badawczych sprawia, że przedstawione poniżej przykłady traktować należy jako próbę poszukiwań sposobów modelowania tych czynników dla potrzeb programowanych badań niezawodności konkretnej klasy obiektów technicznych, jaką stanowią pojazdy jednośladowe.

Chociaż elementy pojazdów mechanicznych ulegają najczęściej uszkodzeniom w wyniku łącznego oddziaływania szeregu czynników wymuszających, to zakłada się często, że czynnikiem decydującym o uszkodzeniach wielu elementów pojazdu są obciążenia zmienne. Stanowią one przypuszczalną przyczynę około 35% uszkodzeń rowerów, 27,2% uszkodzeń motorowerów i 33% ogólnej liczby uszkodzeń motocykli.

Ogólne obciążenia pojazdu podzielić można na:

- statyczne /masa pojazdu, obciążenie kierowcą, pasażerem, bagażem/;
- quasistatyczne /ukształtowanie terenu, opory powietrza/;
- okresowo zmienne powstające na skutek pedałowania, pracy silnika, niewyważenia kół itp.;
- losowo zmienne, zależne przede wszystkim od nierówności nawierzchni dróg, przeszkód terenowych, wykonywanych manewrów hamowania, przyspieszania, zmiany biegów itp.

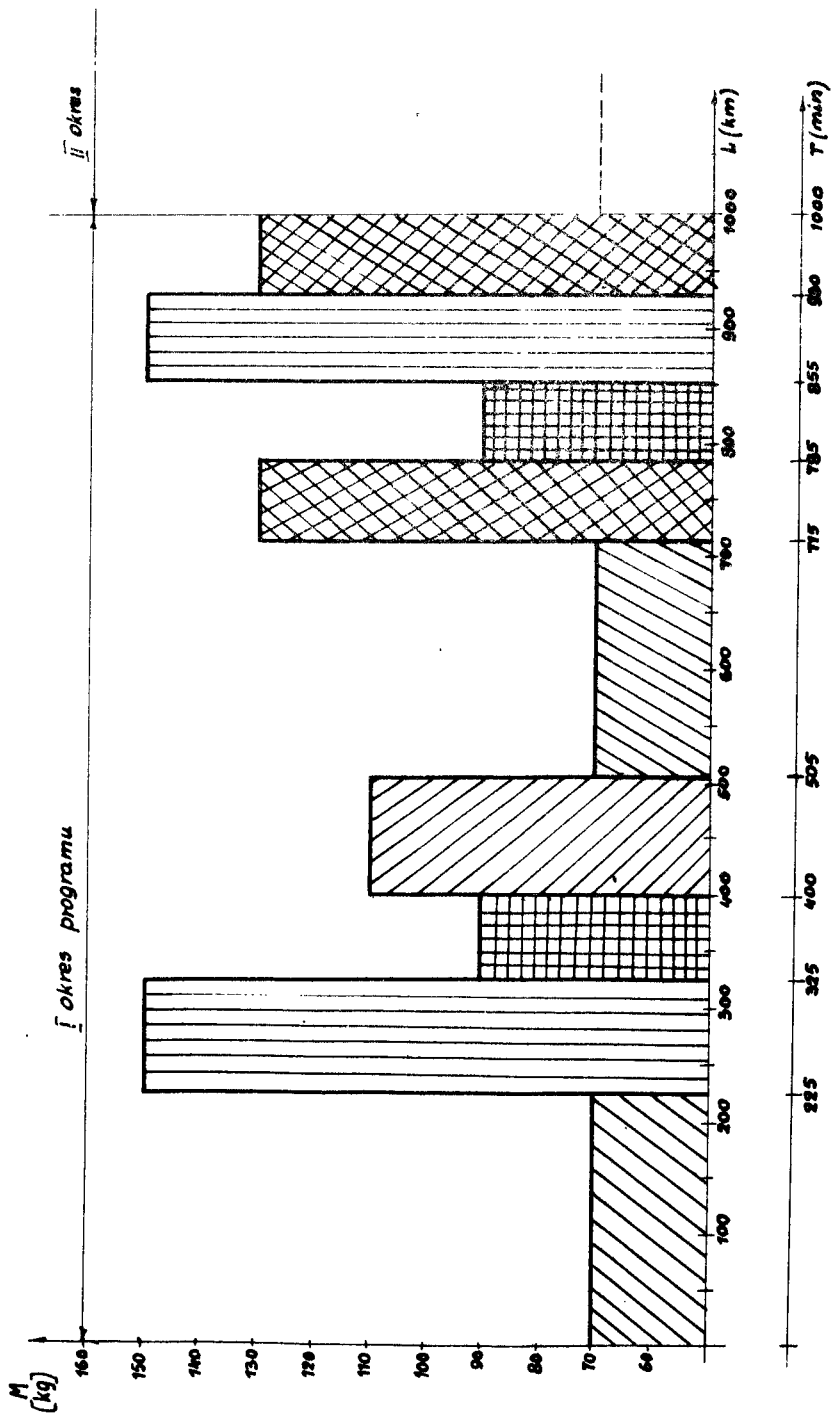


Rys. 3. Typowe sytuacje eksploatacyjne uwzględniające sposoby obciążania mostowicy



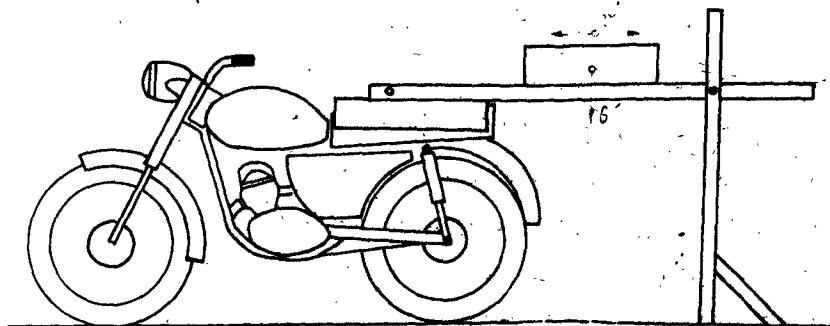
Rozpatrując wykresy obciążeń eksploatacyjnych na oscylogramach wyróżnić można wymienione grupy obciążeń jako składowe zarejestrowanego sumarycznego obciążenia [19].

Zasadnicze obciążenia pojazdów jednośladowych pochodzą od sił masowych. Zatem w toku programowanych, stanowiskowych badań niezawodności tych pojazdów starano się zwrócić szczególną uwagę na modelowanie obciążeń zewnętrznych zależnych od mas związanych z pojazdem, użytkownikiem, pasażerem oraz przewożonym bagażem, a także na modelowanie czynników mających wpływ na wartość i charakter przyspieszeń, którym poddane są wymienione masy. Program modelowania obciążeń zewnętrznych opracowano w oparciu o ocenę rozkładu mas użytkowników, pasażerów oraz przewożonego bagażu, a także ocenę udziału użytkownika pojazdów jednośladowych z pasażerem oraz bagażem w ogólnym ich przebiegu. W oparciu o te dane opracowana została charakterystyka typowych sytuacji eksploatacyjnych w zależności od sposobu obciążenia pojazdu /rys.3/. Z analizy tego rysunku wynika, że część sytuacji eksploatacyjnych, aczkolwiek jakościowo różna wywołuje zbliżone ilościowo oddziaływanie obciążenia zewnętrznego na pojazd. W celu uproszczenia programu modelowania obciążeń zewnętrznych podzielono cały zakres zmienności tych obciążeń na klasy /stopnie/. W klasach tych pogrupowano poszczególne sytuacje eksploatacyjne w zależności od wartości obciążenia zewnętrznego oraz obliczono sumaryczny procentowy udział oddziaływania danego obciążenia na pojazd. W oparciu o te dane oraz zalecenia dotyczące kształtowania blokowych programów obciążeń, opracowywanych dla potrzeb badań trwałości zmęczeniowej obiektów technicznych, opracowano program modelowania obciążeń zewnętrznych /rys.4/. Opracowując przedstawiony program uwzględniono także



Rys. 4. Program modelowania obciążeń zewnętrznych

praktyczny aspekt badań, co wyraża się ograniczeniem liczby stopni obciążeń w programie /5 stopni/ oraz ograniczeniem częstości zmiany tych obciążeń. Pominięto także oddziaływanie obciążeń poniżej 70 kg. Aby przybliżyć sposób oddziaływania obciążenia zewnętrznego na pojazd podczas badań, tak zaprojektowano układ obciążenia, aby masa imitująca masę użytkownika i pasażera swobodnie spoczywała na siodle /rys.5/. Układ ten zapewnia bezstopniową i bardzo prostą regulację obciążenia zewnętrznego pojazdu.

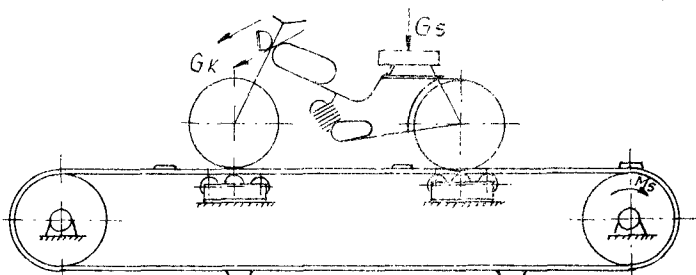


Rys.5. Schemat układu modelowania obciążeń zewnętrznych

Modelowanie nierówności nawierzchni dróg napotyka w programowanych badaniach niezawodności pojazdów i maszyn roboczych na poważne trudności. Przebieg nierówności nawierzchni dróg, na które najeżdżają kolejno koła pojazdu przedstawia pewną realizację procesu losowego. Ocena nierówności nawierzchni dróg z punktu widzenia teorii procesów losowych przedstawiona została w pracy Kobiela [11].

Dla potrzeb programowanych badań niezawodności pojazdów jednośladowych opracowano dwa różne sposoby modelowania nierówności nawierzchni.

Do badań motorowerów zaprojektowano stanowisko, którego schemat przedstawiono na rys. 6. Zmianę wartości zmiennych na-



Rys.6. Schemat stanowiska do badań niezawodności motorowerów

przeżeń w elementach motoroweru wywoływano w sposób zdeterminowany, dobierając dla każdej z trzech rozpatrywanych nawierzchni dróg układ przeszkód na taśmie stanowiska. W poszczególnych układach zmienne były rozstawy przeszkód oraz ich ilości i wysokość. Celem dobrania układów przeszkód, które reprezentowały w badaniach stanowiskowych oddziaływanie nierówności poszczególnych nawierzchni dróg, porównywano ze sobą przebiegi naprężeń zarejestrowane w wytypowanych miejscach pojazdu podczas eksploatacji oraz na stanowisku badawczym. Przy typowaniu układów przeszkód nie dążono do zapewnienia geometrycznego podobieństwa rzeczywistych przebiegów naprężeń uzyskanych z pomiarów przeprowadzonych w warunkach eksploatacyjnych oraz na stanowisku badawczym. Wyboru tego dokonano natomiast na podstawie porównania zastępczych widm naprężeń oraz charakterystyk liczbowych wyznaczonych w oparciu o dane z pomiarów eksploatacyjnych oraz stanowiskowych. Przedstawione na rysunku 7 zastępcze widma naprężeń obrazują graficzną interpretację powiązań między wartością amplitud naprężeń σ_{a1} , a absolutną częstością ich występowania w rozpatrywanych elementach pojazdu.

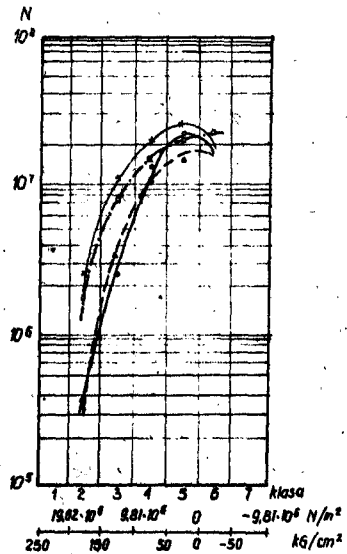
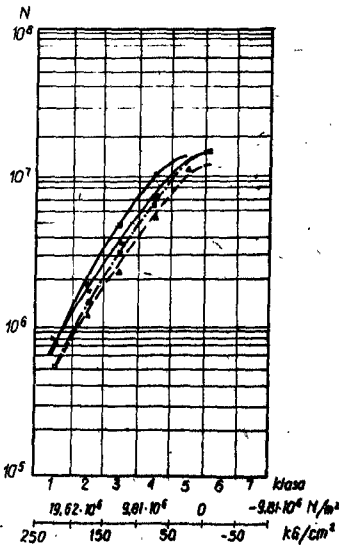
Nawierzchnia twarda - nieulepszona

Punkt pomiarowy T3

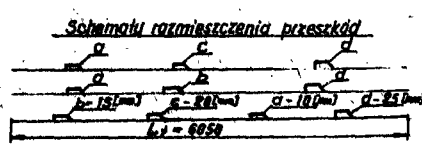
Rodzaj pomiaru układ przeskód	Napięcie średnie klasy G_r [$\frac{kg}{cm^2}$]				
	225,0	175,0	125,0	75,0	25,0
	Liczebności absolutne kumulow. ΣN_i				
Eksploatacyjny	7,20 $\times 10^5$	1,84 $\times 10^6$	4,80 $\times 10^6$	1,07 $\times 10^7$	1,36 $\times 10^7$
Stanowiskowy Nr 21 10-20-25	5,10 $\times 10^5$	1,19 $\times 10^6$	2,21 $\times 10^6$	5,27 $\times 10^6$	1,18 $\times 10^7$
Stanowiskowy Nr 22 10-15-25	5,1 $\times 10^5$	1,36 $\times 10^6$	3,06 $\times 10^6$	6,25 $\times 10^6$	1,44 $\times 10^7$
Stanowiskowy Nr 31 15-20-10-25	7,3 $\times 10^5$	1,69 $\times 10^6$	3,55 $\times 10^6$	7,07 $\times 10^6$	1,33 $\times 10^7$
$\varphi_{Ti} = \frac{N_{Si}}{N_{ei}}$	Nr 21 0,71	0,85	0,46	0,49	0,87
	Nr 22 0,71	0,74	0,64	0,59	1,06
	Nr 31 0,98	0,93	0,74	0,66	0,98

Punkt pomiarowy T13

Rodzaj pomiaru układ przeskód	Napięcie średnie klasy G_r [$\frac{kg}{cm^2}$]				
	175,0	125,0	75,0	25,0	-25,0
	Liczebności absolutne kumulow. ΣN_i				
Eksploatacyjny	3,76 $\times 10^6$	2,66 $\times 10^6$	1,42 $\times 10^7$	2,25 $\times 10^7$	1,87 $\times 10^7$
Stanowiskowy Nr 21 10-20-25	3,40 $\times 10^5$	3,57 $\times 10^6$	1,00 $\times 10^7$	1,51 $\times 10^7$	1,80 $\times 10^7$
Stanowiskowy Nr 22 10-15-25	1,70 $\times 10^6$	7,65 $\times 10^6$	1,56 $\times 10^7$	2,16 $\times 10^7$	2,28 $\times 10^7$
Stanowiskowy Nr 31 15-20-10-25	2,72 $\times 10^6$	1,21 $\times 10^7$	2,12 $\times 10^7$	2,67 $\times 10^7$	1,80 $\times 10^7$
$\varphi_{Ti} = \frac{N_{Si}}{N_{ei}}$	Nr 21 0,91	1,34	0,71	0,67	0,97
	Nr 22 1,50	2,87	1,10	0,96	1,22
	Nr 31 7,28	4,55	1,50	1,18	0,96



- pomiar eksploatac.
- ▲- pomiar stan. Nr 21
- pomiar stan. Nr 22
- ◆- pomiar stan. Nr 31

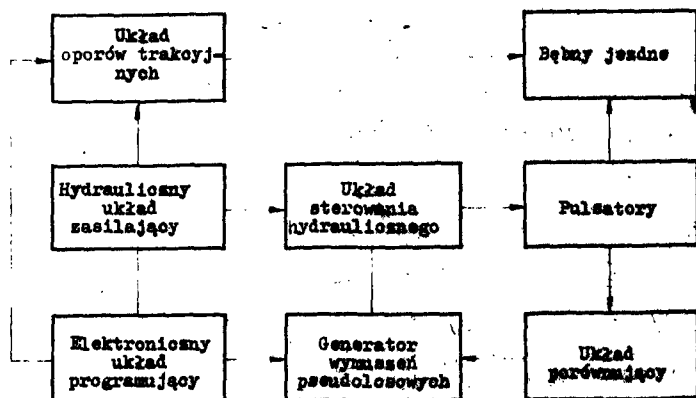


Rys.7. Widma naprężeń z badań eksploatacyjnych motorowerów

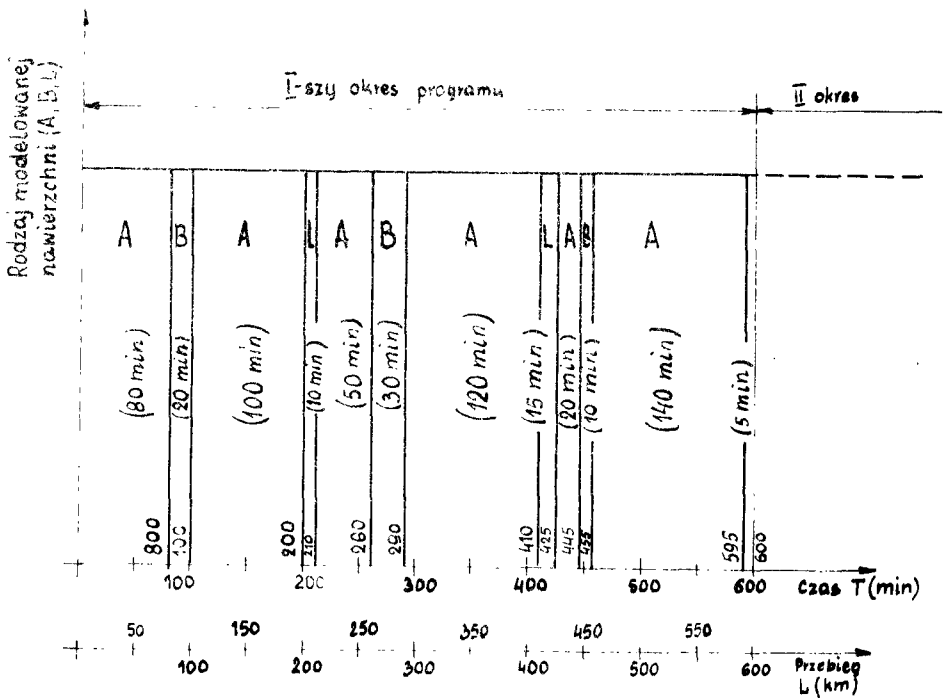


Szczegółowe informacje na temat przedstawionego zagadnienia zawarte są w pracy [5].

Dla potrzeb programowanych, stanowiskowych badań niezawodności motocykli opracowano inny sposób modelowania nierówności nawierzchni. Polega on na tym, że nierówności nawierzchni modelowane są za pośrednictwem pionowych ruchów bębnow jezdnych, po których toczą się koła motocykla. Wartość amplitudy oraz częstość drgań bębna sterowana jest za pośrednictwem generatora wymuszeń pseudolosowych. Generator ten wytwarza przebieg zmiennego w czasie napięcia, którego opis statystyczny jest taki sam jak opis statystyczny nierówności drogi [17]. W zależności od rodzaju modelowanej nawierzchni układ ten wytwarza przebieg o określonym widmie częstotliwościowym jak i o ściśle określonej maksymalnej amplitudzie. Schemat blokowy układu modelowania oddziaływań nierówności nawierzchni dróg, który opracowano dla potrzeb programowanych badań niezawodności motocykli przedstawiono na rysunku 8. Natomiast na rysunku 9 przedstawiono prog-



Rys.8. Schemat blokowy układu modelowania nierówności nawierzchni dróg i oporów jazdy stanowiska do programowanych badań niezawodności motocykli

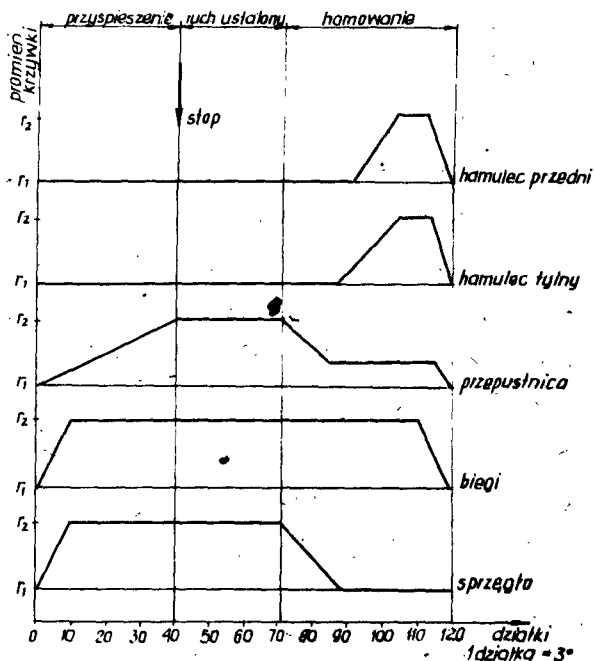


Rys.9. Program modelowania nierówności nawierzchni

ram modelowania nierówności nawierzchni dróg. Program ten opracowano w oparciu o znajomość rozkładu dziennych przebiegów motocykli po drogach o poszczególnych nawierzchniach.

Program modelowania czynnościami sterowania pojazdem opracowano w oparciu o wyniki częstości zdarzeń poszczególnych mechanizmów motoroweru i motocykla w warunkach naturalnej eksploatacji / tabl.1/. Odtworzenie manewrów sterowania pojazdem w toku badań programowych odbywa się przy pomocy zaprojektowanego układu sterowania. W stanowisku badawczym motorowerów zastosowano układ dźwigniowo - krzywkowy, który okresowo /co 75 sekund/ uruchamiany jest silnikiem elektrycznym sterowanym za pośrednictwem przekaźnika czasowego [5]. W przypadku stanowiska do ba-

dań niezawodności motocykli zaprojektowano układ, w którym poszczególne mechanizmy pojazdu uruchamiane są za pośrednictwem silników skokowych sterowanych przełącznikami czasowymi [17]. Program czynnościowy sterowania mechanizmami motoroweru przedstawiono na rysunku 10.



Rys.10. Program czynnościowy sterowania mechanizmami motoroweru

6. Ocena uzyskanych rezultatów

W poprzednim rozdziale przedstawiono przykłady modelowania kilku eksploatacyjnych czynników wymuszających. Ogólnie w programowanych badaniach niezawodności motorowerów modelowano: obciążenia zewnętrzne, nierówności nawierzchni dróg, czynności ste-

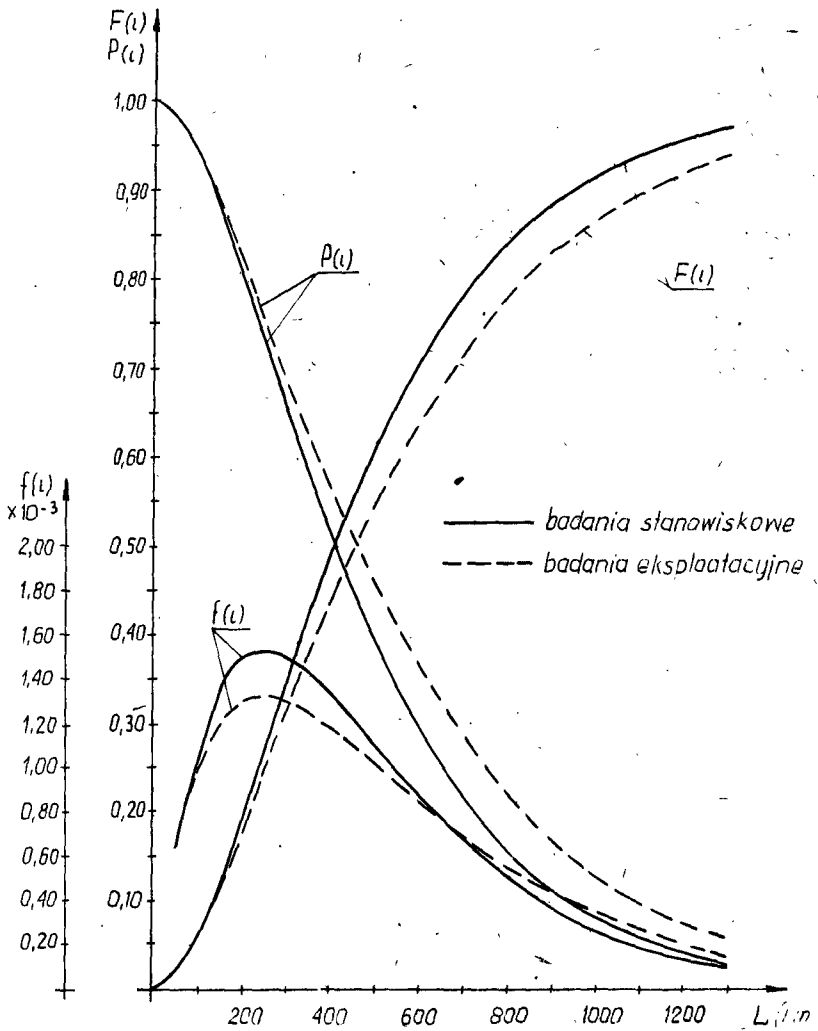
rowania pojazdem, czynności sterowania oświetleniem pojazdu oraz w ograniczonym zakresie opory jazdy, prędkość jazdy oraz warunki klimatyczne. W programowych badaniach niezawodności motocykli udoskonalono sposoby modelowania obciążeń zewnętrznych, nierówności nawierzchni oraz sterowania mechanizmami pojazdu, a także opracowano nowe zasady modelowania warunków klimatycznych, oporów jazdy oraz sterowaniem oświetleniem pojazdu.

W obydwu omawianych rodzajach badań silnik badanego pojazdu jest jednostką napędzającą układ jezdny stanowiska. Przeniesienie napędu odbywa się w ten sam sposób, jak to ma miejsce podczas eksploatacji. Ponadto w toku badań wszystkie zasadnicze zespoły i elementy pojazdu uczestniczą w badaniach, a warunki ich pracy są zbliżone do rzeczywistych. Przeglądy oraz naprawy pojazdów przeprowadzane są według tych samych zasad, które obowiązywały w toku badań eksploatacyjnych.

Ocena uzyskanych rezultatów przedstawiona zostanie w oparciu o porównanie wyników eksploatacyjnych i programowanych badań niezawodności motorowerów, gdyż w chwili opracowywania artykułu nie dysponowano jeszcze wynikami ze stanowiskowych, programowych badań niezawodności motocykli.

Przedstawione poniżej wyniki opracowano w oparciu o dane uzyskane z eksploatacyjnych badań niezawodności 11 motorowerów oraz z programowanych, stanowiskowych badań 5 motorowerów. Badane pojazdy w obydwu rodzajach badań osiągnęły przebieg w granicach 10.000 km.

Na podstawie przeprowadzonego wnioskowania statystycznego stwierdzono, że rozkład empiryczny zmiennej losowej L /przebieg między uszkodzeniami/ przybliżyć można rozkładem gamma /rys.11/.



Rys.11. Przebiegi funkcji gęstości $f(t)$, dystrybuanty $F(t)$ oraz prawdopodobieństwa poprawnej pracy pojazdu między kolejnymi uszkodzeniami $P(t)$

W celu upewnienia się co do jednorodności danych, pochodzących z badań eksploatacyjnych oraz programowanych wykorzystano także nieparametryczne metody estymacji jednorodności danych statystycznych, stosując prosty w użyciu, lecz jednocześnie o dużej mocy test Wilcoxon - Manna - Whitneya. I w tym przypadku uzyskano pozytywny rezultat /tabl.2/. Istotne natomiast różnice otrzymano odnośnie wyników charakteryzujących zmienną T /tech-

Tablica 2

Tabulogram wyników dotyczących weryfikacji hipotezy o jednorodności danych statystycznych

TEST WILCOXONA-MANNA-WHITNEYA.

HO: OBIE PROBY SĄ JEDNORODNE DZ. TRYBUNANTY

PROBA 1: Badanie stenowickowe

PROBA 2: Badania eksploatacyjne

ZOBSERWOWANA WARTOŚĆ STATYSTYKI $U = 3637$

Z OBSERWOWANE WARTOŚĆ STATYSTYKI $v = 1.090$

WARTOŚĆ WYZNACZONA Z TABLIC
(NA POZIOMIE ISTOTNOŚCI $\alpha = 0.05$) = 1.960

NIE MA PODSTAW DO ODRZUCENIA HIPOTEZY

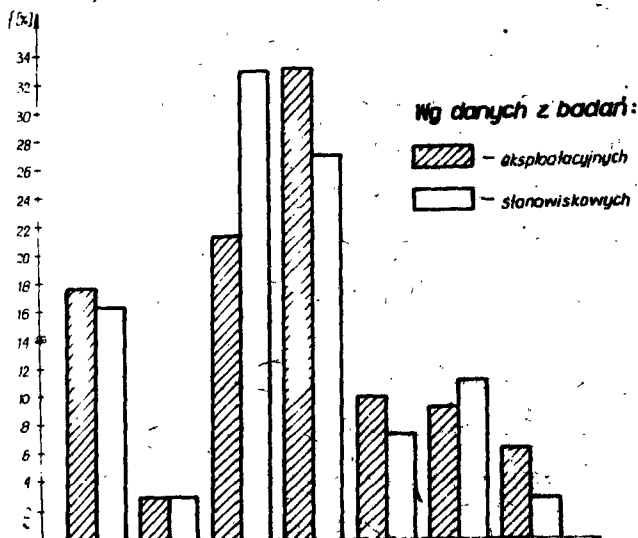
niczny czas odnowy/. Spodziewano się jednak takich rezultatów, gdyż warunki przeprowadzania odnow pojazdów podczas badań programowych były znacznie dogodniejsze niż podczas eksploatacji.

Na rysunku 12 przedstawiono porównanie częstości uszkodzeń poszczególnych zespołów pojazdu. Sprawdzenie zgodności struktury uszkodzeń zespołów w porównywanych badaniach przeprowadzono przy wykorzystaniu "testu dla dwóch wskaźników struktury". Test

Tablica 3

Wyniki charakteryzujące techniczny czas odnowy motoroweru

Etap badań Charakteryzowana wielkość	Jedn. miary	Badania eksploatacyjne	Badania stanowiskowe
Ilość danych	—	159	76
Wartość średnia \bar{x}	godz.	0,829	0,493
Średnie odchylenie kwadratowe S	godz.	0,688	0,357
Współczynnik zmienności U	—	0,830	0,724
Przedział ufności	godz.	0,752 $< \mu <$ 0,953	0,409 $< \mu <$ 0,602
Typ rozkładu	—	wykładniczy	wykładniczy
Estymator parametry rozkładu	$\frac{1}{\text{godz.}}$	$\lambda^1 = 1,207$	$\lambda^1 = 2,027$



Nazwa zespołu	Napędowy		Nośny		Jezdny		Instalacja elektryczna		Sterowanie		Zasilanie / podświetlenie		Osprzęt	
	n	f(%)	n	f(%)	n	f(%)	n	f(%)	n	f(%)	n	f(%)	n	f(%)
Badania eksploatacyjne	186	17,6	31	2,9	225	21,2	350	32,9	105	9,9	98	9,2	69	6,3
Badania stanowiskowe	77	16,3	12	2,9	147	32,8	119	26,8	32	7,3	49	11,1	12	2,8

Rys.12. Diagram częstości uszkodzeń zespołów motoroweru

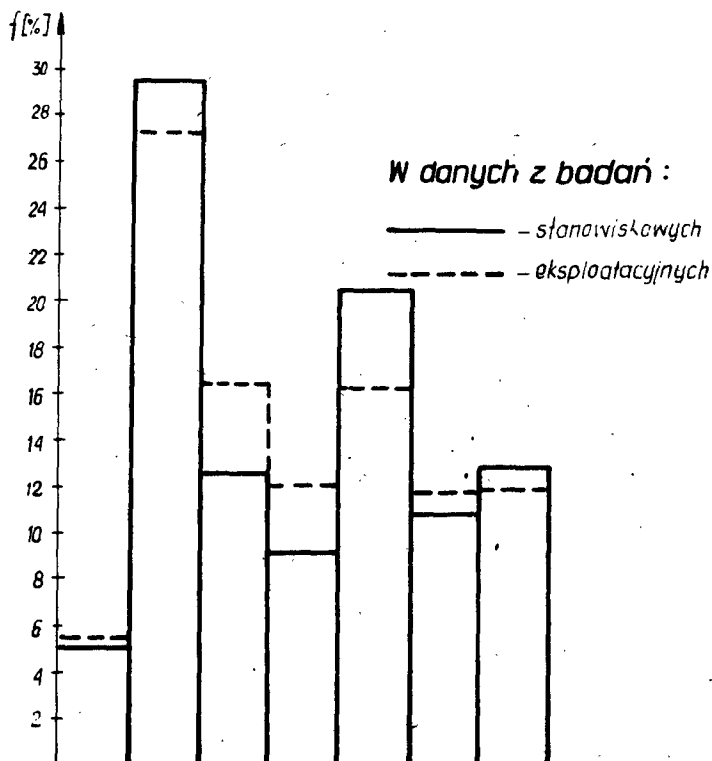
ten przedstawiony jest m.in. w pracy J. Grucala [1].

Stwierdzono, że istotne różnice w częstości uszkodzeń wystąpiły jedynie dla zespołu jezdnego oraz instalacji elektrycznej pojazdu. Porównano także częstość uszkodzeń poszczególnych elementów. Z przyjętych do analizy 28 elementów, które ulegały najczęstszemu uszkodzeniu, 22 elementy /co stanowi 78,8%/ ulegało uszkodzeniom tak w badaniach eksploatacyjnych jak i programowanych, przy czym częstości uszkodzeń wielu elementów są podobne. Zbliżoną trwałość osiąga w obu rodzajach badań 63% elementów.

W podobny sposób przeprowadzono analizę postaci i przyczyn uszkodzeń, a także sposobów ich usuwania. Na rysunkach 13 i 14 przedstawiono porównanie udziałów bezpośrednich przyczyn uszkodzeń oraz sposobów ich usuwania. Porównanie uzyskanych wyników, zamieszczone w pracy [5] wskazuje, że w programowanych badaniach niezawodności motorowerów zachowana została struktura postaci, przyczyn i następstw uszkodzeń, a także sposobów ich usuwania, charakterystyczna dla uszkodzeń występujących podczas eksploatacji.

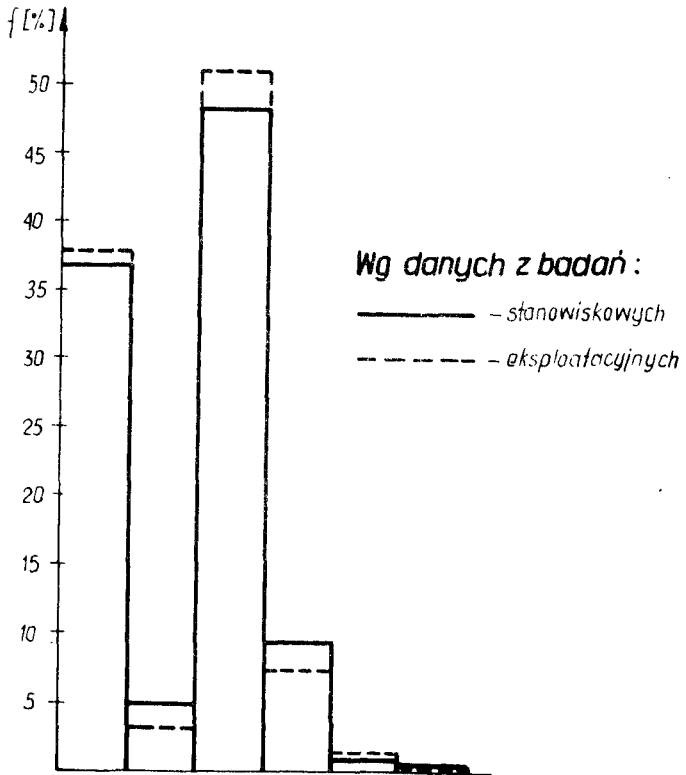
Występujące w porównywanych badaniach podobieństwa i różnice wskaźników niezawodności, a także podobieństwa w zakresie struktury uszkodzeń potwierdzają także wyznaczone wskaźniki kosztów eksploatacji. Jednostkowy koszt odnowy w obu rodzajach badań był prawie identyczny.

Stwierdzone różnice, głównie w częstości uszkodzeń jak i trwałości elementów, a także niektórych postaci i przyczyn uszkodzeń są w większości przypadków uzasadnione. I tak np. przyjęty system chłodzenia badanych pojazdów na stanowisku był właściwy dla silnika, lecz nie wystarczający dla układu jezdnego.



Rodzaj badań	-	Bezpośrednie przyczyny uszkodzeń							Σ
		Obciąż. ciężarowe	Obciąż. zmienne	zużycie	łuszc. pitting	Obciąż. Ciepłotu	Zjawiska chemicz.	Inne	
stanowiskowe	n_i	28	181	77	56	126	66	79	613
	f_i [%]	4,5	29,5	12,5	9,1	20,5	10,8	12,9	100
eksploatacyjne	n_i	74	431	260	190	254	187	188	1584
	f_i [%]	4,7	27,2	16,4	12	16,2	11,7	11,9	100

Rys. 13. Diagram bezpośrednich przyczyn uszkodzeń elementów motoroweru



Rodzaj badań	-	Rodzaj odnowy						Σ
		Wymiana elementów	Spawanie klejenie	Regulacja czyszczenia	Dokreślenie	Brok naprawy	Inne	
Eksploatacyjne	ni	396	32	543	79	13	1	1064
	f _i [%]	37,2	3,0	51,0	7,5	1,2	0,1	100
Stanowiskowe	ni	164	24	215	41	3	1	448
	f _i [%]	36,5	5,4	48	9,2	0,7	0,2	100

Rys. 14. Diagramy sposobów usuwania uszkodzeń

Spowodowało to natychmiastowy wzrost uszkodzeń ogumienia pojazdów. Stwierdzone różnice wskazują kierunki doskonalenia metody programowanych stanowiskowych badań pojazdów jednośladowych.

7. Zakończenie

W artykule przedstawiono próbę opracowania metody programowanych badań niezawodności pojazdów jednośladowych. Opracowane założenia metodyczne sprawdzono w toku stanowiskowych badań niezawodności motorowerów. Stwierdzono, że modelowanie podczas badań programowych tylko podstawowych eksploatacyjnych czynników wymuszających oraz zastąpienie losowych przebiegów tych czynników przebiegami zdeterminowanymi realizowanymi na stanowisku badawczym, nie wpłynęło w zasadniczy sposób na zmianę struktury uszkodzeń pojazdów. Opracowane warunki badań stanowiskowych zapewniają uzyskanie danych potrzebnych do dokonania przybliżonej oceny niezawodności pojazdów. Ocena taka wystarcza jednak do sprawdzenia podstawowych efektów wynikających ze zmian konstrukcyjnych i technologicznych, wprowadzonych w kolejnych typach i odmianach pojazdów.

Pewne rozbieżności, jakie wystąpiły między wynikami badań eksploatacyjnych i programowanych wynikają głównie z niepełnych informacji o zespole czynników wymuszających oddziałujących na pojazdy w eksploatacji, a także z niedoskonałości pewnych rozwiązań konstrukcyjnych prototypowego stanowiska badawczego.

Uzyskane rezultaty z przeprowadzonych badań pozwalają sądzić, że przedstawione kierunki programowanych badań niezawodności pojazdów jednośladowych są właściwe. Zaproponowana metoda

programowych badań pozwala na dokonywanie w krótkim czasie przybliżonej oceny niezawodności pojazdów. Ponadto badania te eliminują niebezpieczną i uciążliwą pracę użytkowników badających pojazdy w eksploatacji. Z uwagi na możliwość dokładnego odtworzenia na stanowisku badawczym opracowanego programu badań, szczególnie badania programowane nadawać się będą do przeprowadzenia porównawczej oceny niezawodności pojazdów.

Jednakże dla doskonalenia zaproponowanych metod należy rozwiązać i pogłębić znajomość wielu jeszcze zagadnień, takich jak np :

- uściślenie oceny charakterystyk warunków eksploatacji pojazdów
- udoskonalenie sposobów modelowania tych warunków na stanowisku badawczym.

Zagadnienia te rozwiązywane są aktualnie w toku prowadzonych badań niezawodności motocykli.

Literatura

1. Greń J.: Modele i zadania statystyki matematycznej. PWN Warszawa 1970.
2. Jacoby G.: Das Problem der Schwingfestigkeit im Kraftfahrzeugbau. Schenck 1972.
3. Jacoby G.: Neuzeitliche Prüfverfahren und Prüfmaschinen, Rein Stahl Technik. 1972. Nr 10, s.20-30.
4. Janecki J., Gołąbek S.: Zużycie części zespołów pojazdów samochodowych. WKiŁ Warszawa 1971.
5. Jazdon A.: Metody badań niezawodności pojazdów jednośladowych na przykładzie badań motorowerów. Praca doktorska. Politechnika Poznańska 1975.
6. Jazdon A.: Modelowanie eksploatacyjnych czynników wymuszających w programowanych badaniach niezawodności motocykli. ATR, Bydgoszcz 1976. /Praca wykonana na zlecenie Wytwórni Sprzętu Komunikacyjnego w Świdniku/.
7. Jazdon A.: Sprawozdanie z eksploatacyjnych badań niezawodności motorowerów "Komar - 2". WSiInż. Bydgoszcz, listopad 1971 /Praca nr GP 65/70 PREDOM - ROMET/.
8. Jazdon A., Wośko Z.: Sprawozdanie z eksploatacyjnych badań niezawodności motocykli. ATR Bydgoszcz 1976 /Praca nr BZ 27/74 wykonana na zlecenie Wytwórni Sprzętu Komunikacyjnego w Świdniku/.
9. Jermołow L.S., Krażkow W.M., Czerkun W.E.: Osnovy nedieżnosti sielskochozajajstwienniej tiechniki. Izd. Kołos. Moskwa 1974.

10. Karwas M., Cichy M.: O potrzebie wprowadzenia nowych metod badania silnika i innych zespołów samochodu. Technika motoryzacyjna. Nr 9/1972, s.257-261.
11. Kobielałak T.: Probabilistyczne charakterystyki dróg jako opis wymuszeń działających na pojazd. Praca doktorska. Politechnika Wrocławska. Wrocław 1971.
12. Kugiel R.W.: O niezawodności i długowieczności traktorów. Traktory i Sielchozmaszyny. Nr 7/1964.
13. Kugiel R.W.: Trwałość samochodów. WKiŁ Warszawa 1965.
14. Lenkiewicz W.: Badania nad trwałością elementów i zespołów samochodów eksploatowanych w różnych warunkach terenowych. Zagadnienia Tarcia, Zużycia i Smarowania. Zeszyt 2 PWN. Warszawa 1967.
15. Okołowicz W.: Zachmurzenie Polski. Wydawnictwo Geologiczne Warszawa 1962.
16. Olechnowicz-Borowska B.: Częstość dni z opadem w Polsce. PWN. Warszawa 1970.
17. Rakowski M., Pietraszek M.: Układ elektroniczny realizujący programowane sterowanie stanowiskiem. ZN nr 45 ATR Bydgoszcz 1977.
18. Szala J.: Sprawozdanie z eksploatacyjnych badań rowerów typu 1264 "Delta" przeprowadzonych w latach 1970-1972. WSI. Bydgoszcz, 1 972 /Praca nr GP-65/70 wykonana na zlecenie Zakładów Rowerowych PREDOM-ROMET/.
19. Szala J.: Zagadnienie aproksymacji zmian obciążeń o charakterze losowym w programowanych badaniach trwałości zmęczeniowej. ATR. Zeszyt Naukowy nr 26. Bydgoszcz 1975.

SELECTED PROBLEMS OF THE PROGRAMMED TESTS OF BICYCLE
RELIABILITY

Summary

The conducting of service tests of bicycle reliability is a long-term and difficult activity- sometimes dangerous. It seems good to look for new research methods without these shortcomings but providing with useful results.

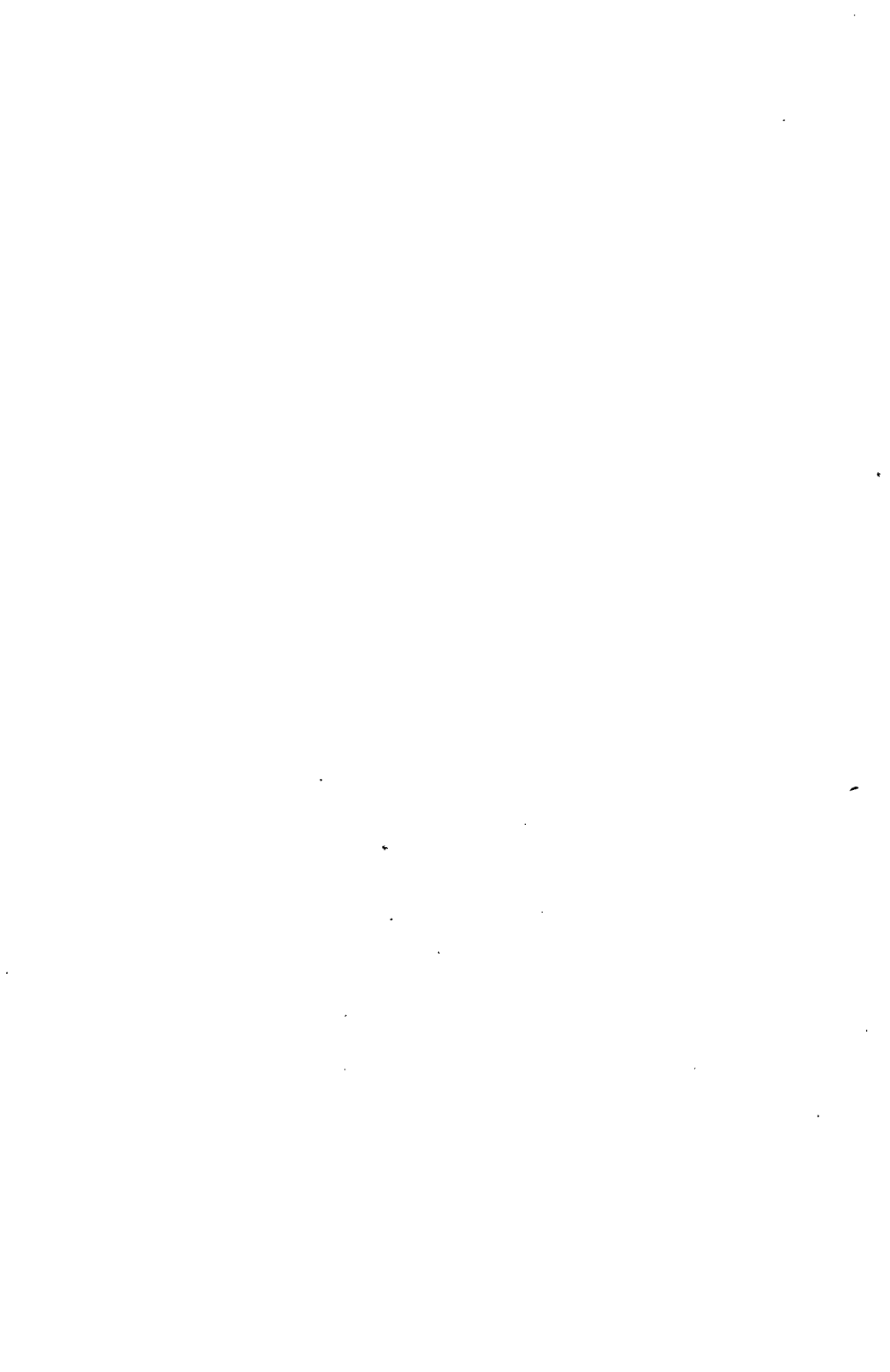
The article presents an attempt at working out a method of the programmed reliability tests of bicycles. The worked out methodical assumptions have been experimentally verified. The obtained results allow the supposition that the presented directions of the programmed reliability tests of bicycles are just.

ИЗБРАННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПРОГРАММНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
НАДЕЖНОСТИ ОДНОСЛЕДНЫХ СРЕДСТВ ПЕРЕДВИЖЕНИЯ

Резюме

Проведение эксплуатационных исследований надежности односледных средств передвижения очень продолжительное, а иногда и опасное. И поэтому целесообразными становятся поиски новых методов исследований не обремененных этими недостатками, а дающих положительные результаты.

В статье представлена попытка разработки метода программных исследований надежности односледных средств передвижения. Проведена опытная проверка разработанных методических предпосылок. Полученные результаты дают возможность предполагать, что представленные направления программных исследований односледных средств передвижения являются правильными.



Janusz Schmidt

HYDROMECHANICZNE SYMULOWANIE OPORÓW TRAKCYJNYCH
POJAZDU JEDNOŚLADOWEGO

W artykule przedstawiono różne warunki trakcyjne występujące podczas normalnej eksploatacji motocykla. Rozpatrzone warunki odtworzenia zmiennych obciążeń powstających wskutek oporów trakcyjnych. W oparciu o złożony program badań opisany został zaprojektowany hydromechaniczny układ symulowania oporów trakcyjnych. Układ ten wchodzi w skład stanowiska badawczego przeznaczonego do programowania badań niezawodności i trwałości motocykli. Odtwarzanie oporów trakcyjnych zrealizowano za pomocą obwodu hydraulicznego zawierającego specjalny dźwirik regulacyjny połączony z elektronicznym układem automatycznego sterowania i regulacji.

1. Wstęp

Jedną z nowoczesnych metod przyspieszonych badań niezawodności i trwałości pojazdów jednośladowych jest metoda programowanych badań stanowiskowych. W tym celu konieczne jest posiadanie specjalnego stanowiska badawczego, które winno umożliwiać



symulowanie następujących czynników wymuszających, spotykanych podczas normalnej eksploatacji pojazdu:

- a/ zmiennych drgań wywołanych nierównościami dróg;
- b/ zmiennych obciążeń powstających w wyniku zmienności oporów trakcyjnych;
- c/ manewrów sterowania pojazdu w zakresie zmiany biegów, włączania i wyłączania sprzęgła, przyspieszania lub hamowania pojazdem;
- d/ warunków klimatycznych uwarunkowanych temperaturą i wilgotnością powietrza otaczającego;
- e/ obciążeń cieplnych silnika i układu napędowego;
- f/ włączania i wyłączania elementów instalacji elektrycznej pojazdu.

Ze względu na złożoność kompleksowego opracowania stanowiska badawczego, w niniejszym artykule ograniczono się do omówienia oporów trakcyjnych spotykanych podczas normalnej eksploatacji motocykla i przedstawiono rozwiązanie hydromechanicznego symulowania tych oporów.

Zagadnienie symulowania zmiennych obciążeń wywołanych nierównościami dróg opisane zostało w pracy [1]. Problemy związane z czynnikami wymienionymi w punktach c, d, e, f, omówiono w pracy [2]. Należy podkreślić, że opracowanie stanowiska do programowanych badań pojazdów jednośladowych wraz z metodyką pomiarów jest przedmiotem zgłoszenia patentowego [3].

2. Opory trakcyjne pojazdu jednośladowego

Opory trakcyjne składają się z sił oporów ruchu, które oddziałując na pojazd będący w ruchu są skierowane równoległe do kierunku ruchu. Jeżeli pominiemy opór skrętu, który występuje tylko sporadycznie w bardzo krótkich okresach pracy pojazdu i trudno go odwzorować w warunkach laboratoryjnych, to sumę oporów ruchu motocykla poruszającego się po płaskiej drodze można przedstawić w postaci wyrażenia

$$W = W_t + W_p + W_b \quad (1)$$

gdzie:

W_t - opór toczenia,

W_p - opór powietrza

W_b - opór bezwładności.

We wszelkich warunkach ruchu pojazdu zachodzi zawsze równowaga między siłą napędową P_k , a sumą sił oporów ruchu

$$P_k = W_t + W_p + W_b \quad (1a)$$

Przy założeniu, że wartość współczynnika oporu toczenia f_t jest stała i niezależna od prędkości, pierwszy składnik wyrażenia (1a) zależy tylko od rodzaju nawierzchni drogi, drugi składnik jest funkcją prędkości, a trzeci składnik jest funkcją przyspieszenia pojazdu. Równanie powyższe możemy wówczas przedstawić w postaci:

$$P_k = G \cdot f_t + A v^2 + B \frac{dv}{dt} \quad (2)$$

gdzie:

G - ciężar pojazdu,

f_t - współczynnik oporu toczenia,

v - prędkość,

A - wskaźnik oporu powietrza, $A = 0,005 \cdot C \cdot F$

B - wskaźnik oporu bezwładności; $B = \dots \cdot G/g$

- współczynnik mas wirujących,

g - przyspieszenie ziemskie.

Wielkość obliczeniowej siły napędowej przy spełnieniu warunku zachowania należytej przyczepności tylnego koła motocykla można wyrazić zależnością

$$P_k = G_t (\varphi + f_t) \quad (3)$$

gdzie:

G_t - ruchowa normalna reakcja nawierzchni działająca na koło napędowe,

- współczynnik przyczepności.

Wykorzystując zależności 2 i 3, ogólne równanie sił zewnętrznych działających na motocykl napiszemy w postaci różniczkowej

$$G_t (\varphi + f_t) - G \cdot f_t - A v^2 - B \frac{dv}{dt} = 0 \quad (4)$$

Uwzględniając współczynnik ruchowego obciążenia tylnej osi pojazdu λ_r , który jest stosunkiem występującego w czasie ruchu pojazdu obciążenia normalnego G_t do całkowitego ciężaru motocykla

$$G_t = \lambda_r \cdot G$$

można przekształcić równanie (4) i otrzymujemy

$$C [\lambda_r (\varphi + f_t) - f_t] - A v^2 - B \frac{dv}{dt} = 0 \quad (4a)$$

W warunkach ruchu ustalonego $v = \text{const}$ i ostatni składnik równania (4a) jest równy zero

$$G [\lambda_r (\varphi + f_t) - f_t] - A v^2 = 0 \quad (4b)$$

W przypadku hamowania motocykla zamiast siły napędowej P_k wystąpi działanie siły hamującej P_h , która ma zwrot przeciwny

$$P_h = G_t (\varphi - f_t) \quad (5)$$

Ze względu na istnienie w pojeździe dwóch niezależnych hamulców mechanicznych, celowym wydaje się wprowadzenie zredukowanej sumarycznej siły hamowania pojazdu jednośladowego

$$C_t = \sum_1^i \frac{M_{hi}}{r_d} = \sum_1^i \frac{k_i \cdot P}{r_d} \quad (6)$$

gdzie:

M_{hi} - zredukowany moment hamowania,

r_d - promień dynamiczny koła pojazdu,

k_i - współczynnik proporcjonalności,

P - siła hamowania, z którą szczęki są dociskane do bębna hamulcowego.

Ogólne równanie różniczkowe bilansu sił działających podczas hamowania pojazdu jednośladowego można wyrazić w postaci

$$A v^2 + B \frac{dv}{dt} + C_t + G \cdot f_t = 0 \quad (7)$$

Powyższa zależność jest równaniem nieliniowym, którego rozwiązanie w postaci ogólnej jest niemożliwe, a liczbowe rozwiązanie jest złożone i możliwe przy przyjęciu szeregu założeń upraszczających [5].

3. Warunki odtworzenia oporów trakcyjnych pojazdu

Zasadnicze prace projektowe stanowiska badawczego poprzedzone zostały szeregiem badań ankietowych i eksploatacyjnych motocykli produkcji krajowej. Po wnikliwej analizie wyników badań opracowano założenia konstrukcyjne oraz programy modelowania: obciążenia zewnętrznego, oporów trakcyjnych, rodzaju nawierzchni, warunków klimatycznych itp. [2].

Założono, że układ symulujący opory trakcyjne pojazdu jednośladowego powinien umożliwiać realizację według zadanego programu sześciu sytuacji uzyskanych na podstawie danych statystycznych z przebiegów eksploatacyjnych. Program modelowania zewnętrznego obciążenia motocykla przedstawiono w tabeli 1.

W trakcie realizowania programowanych badań stanowiskowych nie przewiduje się planowego zatrzymania pracy silnika spalowego oraz ruchu motocykla przy włączonym I biegu. Program modelowania czynnościami sterowania motocyklem opiera się na następującym cyklu programowym: ruch ustalony w ciągu czasu T_1 , a następnie w czasie T_2 - hamowanie przy użyciu przedniego hamulca, hamowanie przy użyciu tylnego hamulca, rozłączenie sprzęgła, zmiana biegu z II na III, włączenie sprzęgła, przyspieszanie, zmiana biegu z III na II.

Tabela 1

Program modelowania zewnętrznego obciążenia motocykla

CYKL PRACY - 100 %					
Jazda z użytkownikiem A %		Jazda z użytkownikiem i bagażem B %		Jazda z użytkownikiem i pasażerem C %	
Obciążenie		Obciążenie		Obciążenie	
średnie	maksymalne	średnie	maksymalne	średnie	maksymalne
A ₁ %	A ₂ %	B ₁ %	B ₂ %	C ₁ %	C ₂ %
t ₁	t ₂	t ₃	t ₄	t ₅	t ₆

Uwagi : $A + B + C = 100 \%$

$$A_1 + A_2 = A$$

$$B_1 + B_2 = B$$

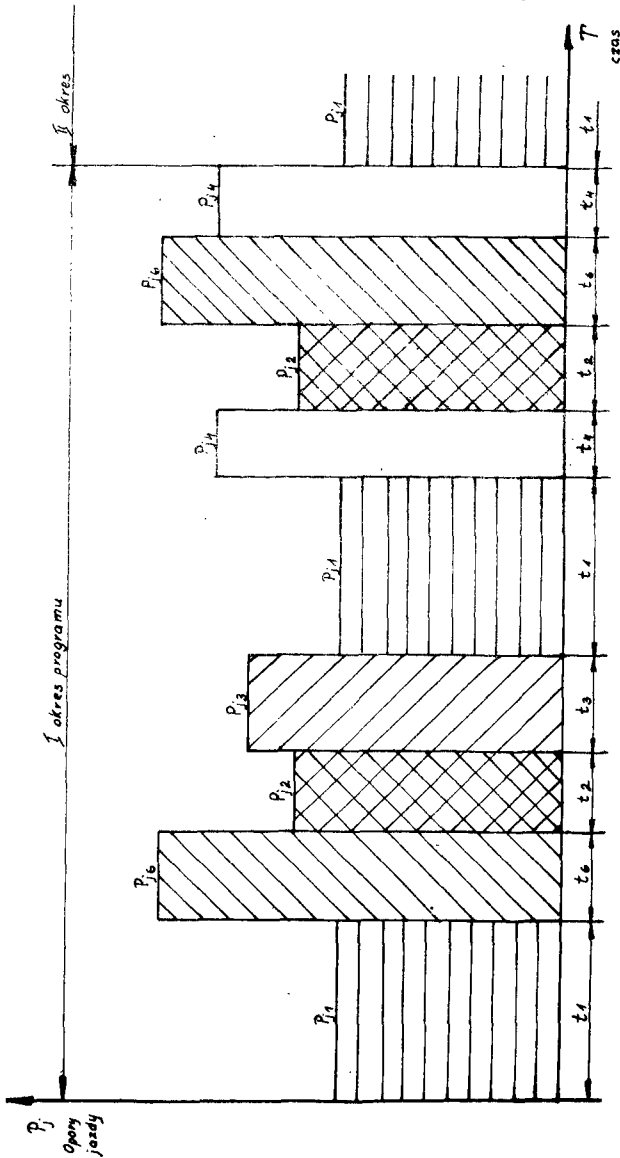
$$C_1 + C_2 = C$$

Z powyższego programu wynika, że zmiany prędkości ruchu motocykla będą realizowane rosnąco od prędkości V_1 do V_2 na II biegu i od prędkości V_2 do V_3 na III biegu, jak również malejąco w tych samych zakresach prędkości.

Przedział zmiany prędkości na przykład dla motocykla WSK-125, w zakresie danego biegu waha się w granicach około 20km/h. Bez obawy popełnienia większego błędu można dla takiego zakresu prędkości założyć liniowy przebieg zmiany oporu powietrza W_p , zamiast rzeczywistego przebiegu występującego w drugiej potędze. Tym sposobem uzyskuje się duże uproszczenie równań (4a), (4b) i (7), co ułatwia praktyczną realizację różnych warunków trakcyj-

nych na stanowisku badawczym.

Graficzny przebieg czasowego programu modelowania oporów trakcyjnych P_j oparty na powyższych założeniach przedstawia rysunek 1. Należy zauważyć, że w programie tym pominięty został



Rys.1. Graficzny przebieg realizacji czasowego programu modelowania oporów trakcyjnych P_j .

czas t_5 przewidziany w tabeli 1, ponieważ w badaniach eksploatacyjnych i ankietowych ujawniono znikomy udział obciążenia C_1 . Przekąźnikowy układ czasowy zastosowany przy stanowisku badawczym zawiera 6 przekąźników i umożliwia dość szerokie zmiany całego lub części programu, a zatem program t_5 należy traktować jako rezerwowo do ewentualnego dalszego wykorzystania.

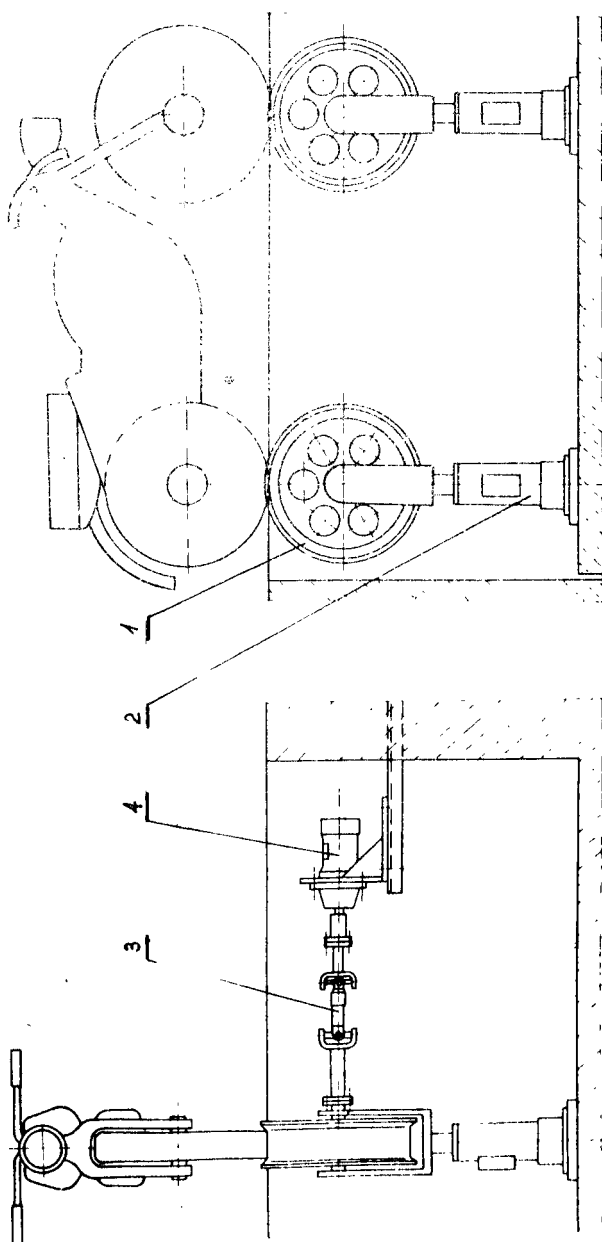
4. Układ symulowania oporów trakcyjnych

Zaprojektowany układ przewidziany został do realizacji następujących zadań:

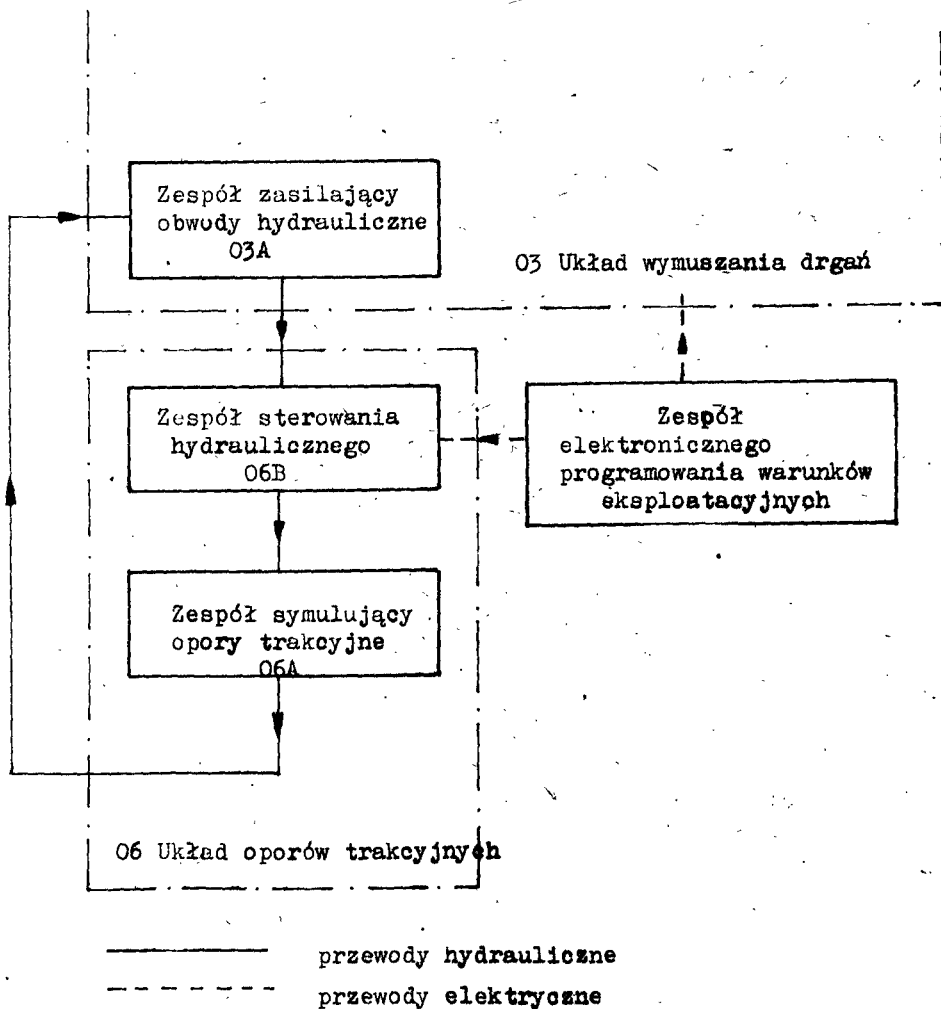
- hydromechaniczny rozruch silnika motocyklowego przed rozpoczęciem badań;
- doprowadzenie określonego momentu obrotowego M_p do koła przedniego motocykla;
- hamowanie koła tylnego w sposób odwzorowujący opory jazdy po określonej nawierzchni i obciążeniu zwnętrznym według założonego pojazdu jednośladowego na stanowisku badawczym.

Przyjęto rozwiązanie /rys.2/, w którym koła badanego motocykla znajdują się na dwóch profilowanych bębnach 1 zamocowanych na tłoczyskach siłowników hydraulicznych układu wymuszania drgań 1, a każdy bęben jest połączony za pomocą wałów przegubowych z przynależną jednostką hydrostatyczną. Na rysunku 3 przedstawiony jest schemat blokowy układu.

Bęben znajdujący się pod przednim kołem pojazdu wprowadzony jest w ruch obrotowy przez silnik hydrostatyczny, a bęben pod kołem tylnym jest hamowany przez jednostkę hydrostatyczną



Rys.2. Schemat układu symulowania oporów ruchu pojazdu jednośladowego: 1-bęben, 2-światownik hydrauliczny, 3-wał przegubowy, 4-jednostka hydrostatyczna.



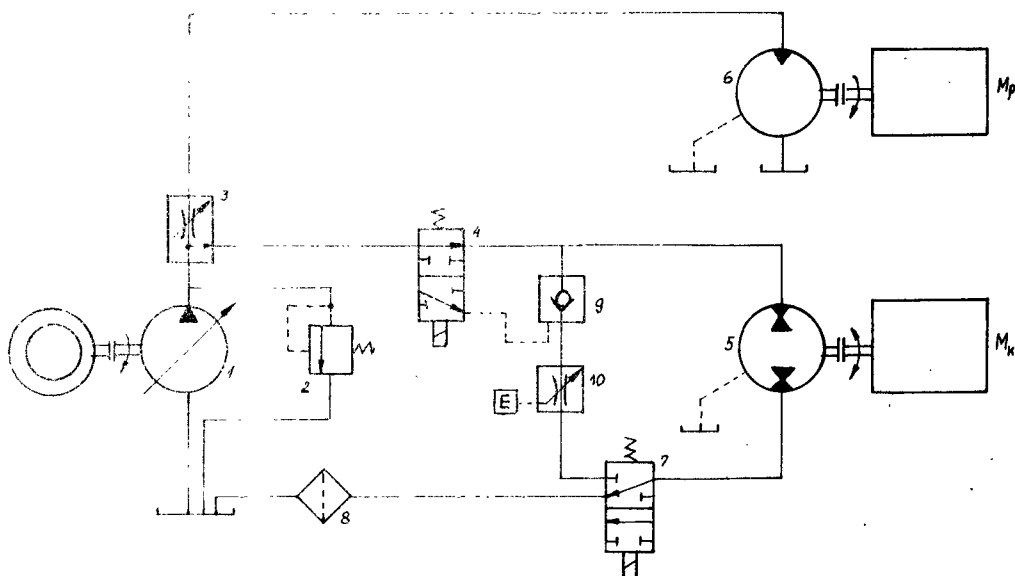
Rys.3. Schemat blokowy układu symulującego opory trakcyjne pojazdu.

pracującą głównie w charakterze pompy.

Przed rozpoczęciem badań stanowiskowych obie jednostki hydrostatyczne pracują w charakterze silników hydraulicznych, z których jeden /pod tylnym kołem/ powoduje przekazywanie napędu

poprzez bęben i układ napędowy motocykla na wał korbowy silnika spalinowego. W ten sposób realizowany jest rozruch motocykla. Po ustaleniu równowagi cieplnej silnika spalinowego oraz warunków pracy stanowiska badawczego można uruchomić obwody sterownicze, które będą powodowały okresowe hamowanie tylnego koła motocykla, co wywoła pojawienie się odpowiednich reakcji przekazywanych na węzły ramy pojazdu.

Schemat układu hydraulicznego umożliwiającego opisany rozruch i hamowanie bębna przedstawiony jest na rysunku 4. Ze



Rys.4. Uproszczony schemat układu hydraulicznego: 1-pompa wyporowa, 2-zawór przelewowy, 3-regulator przepływu, 4,7-rozdzielacz suwakowy, 5-jednostka hydrostatyczna, 6- silnik hydrostatyczny, 8-filtr, 9-zawór zwrotny sterowany, 10-dławik regulacyjny.

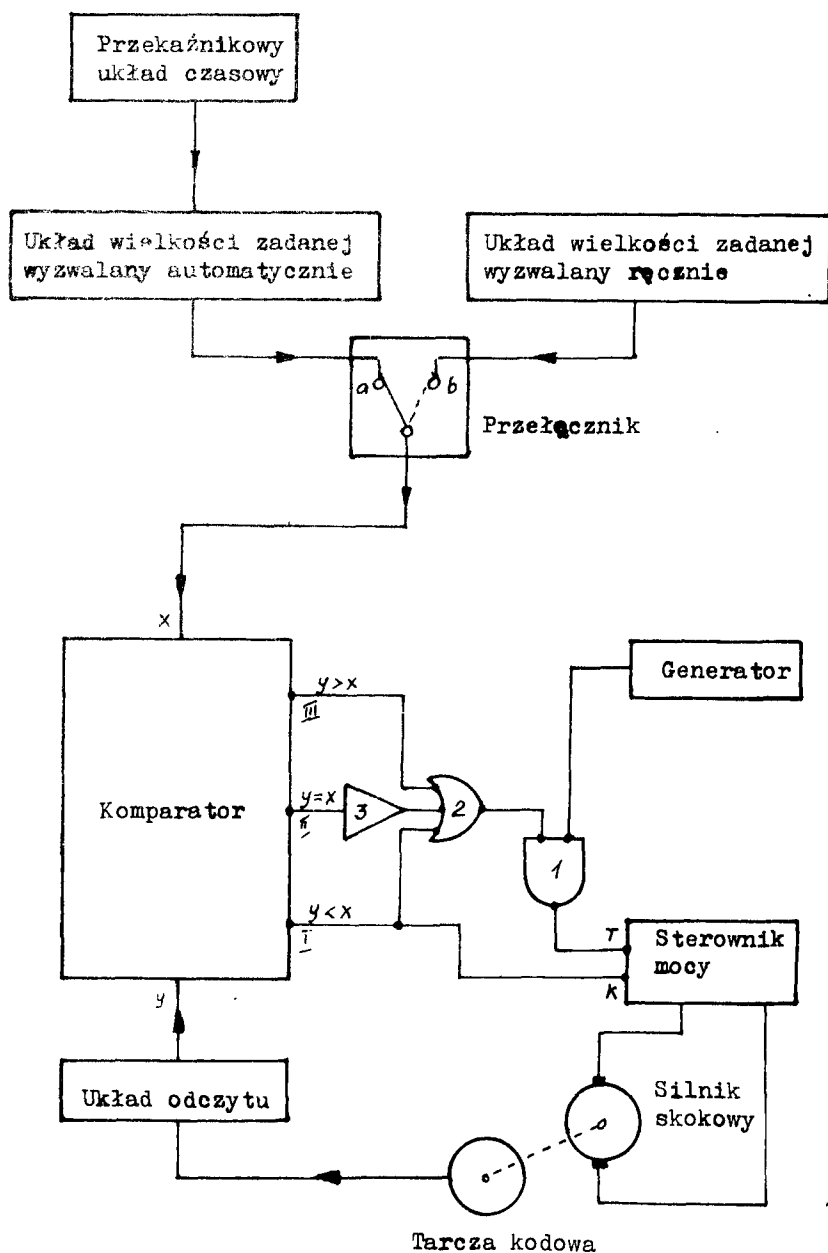
względu na przejrzystość schematu pominięto na nim szereg elementów i przewodów, które utrudniłyby zrozumienie jego przez

niefachowców, jest to zatem schemat uproszczony.

Pompa osiowo-tłoczkowa o zmiennej wydajności 1 napędzana jest za pomocą silnika elektrycznego. Wielkość dopuszczalnego ciśnienia panującego w układzie hydraulicznym ustala zawór przelewowy 2. Regulator przepływu 3 rozdziela wydatek pompy na strumień o stałym wydatku płynący do silnika hydrostatycznego 6, który napędza bęben pod przednim kołem pojazdu oraz strumień oleju dopływający do jednostki hydrostatycznej 5. Rozdzielacz suwakowy 4 sterowany elektromagnetycznie umożliwia dopływ cieczy roboczej z pompy do silnika hydraulicznego 5, bądź skierowanie jej do zaworu zwrotnego sterowanego hydraulicznie 9. Podobny rozdzielacz suwakowy 7 umożliwia powrót oleju poprzez filtr 8 do zbiornika lub zamknięcie obwodu hydraulicznego poprzez przepływ oleju przez dławik regulacyjny 10. W ostatnim przypadku silnik hydrostatyczny zaczyna pracować w charakterze pompy, która wytwarza moment oporowy M_k stosownie do nastawy dławika 10. Dławik ten, specjalnej konstrukcji, jest sterowany elektronicznie zgodnie z ustalonym programem symulowania oporów trakcyjnych.

5. Elektroniczny układ sterowania i regulacji

Schemat blokowy elektronicznego układu obrazuje rysunek 5. Przekątnikowy układ czasowy realizujący nastawiony program czasowy uruchamia automatycznie wyzwalany układ wielkości zadanej. Gdy przełącznik znajduje się w pozycji "a", przekazuje zadaną wartość x w postaci binarnej na komparator cyfrowy. Jeżeli przełącznik znajduje się w pozycji "b", wówczas wielkość za-



Rys.5. Schemat blokowy elektronicznego układu sterowania i regulacji: 1-bramka AND, 2-bramka OR, 3-bramka NAAD.

dana x jest przekazywana do komparatora z układu wielkości wyzwalonej ręcznie.

Na wale silnika skokowego osadzony jest przetwornik położenia w postaci tarczy kodowej z odczytem fotoelektrycznym. Tarcza zawiera siedmio bitowy kod binarny i stanowi w tym przypadku bezpośredni przetwornik położenia wału sprzężonego z hydraulicznym zaworem dławiącym. Z układu odczytu tarczy kodowej sygnały y są przesyłane bezpośrednio do komparatora. Komparator posiadający trzy wyjścia porównuje dwie wielkości: wartość zadaną x z wielkością mierzoną y . Istnieją trzy możliwości:

$$x > y$$

$$x = y$$

$$x < y$$

W przypadku pierwszym na wyjściu komparatora pojawia się sygnał jedynki logicznej "1", a na wyjściach pozostałych - sygnał zera logicznego "0". Jedynka logiczna z wyjścia I komparatora zostaje podana na wejście bramki OR oraz na wejście K sterownika mocy. Na wyjściu bramki OR jedynka logiczna podawana jest na bramkę AND, która będąc otwarta umożliwia przekazywanie impulsów z generatora na wejście T sterownika mocy. Ponieważ na wejściu K sterownika pojawił się identyczny sygnał, silnik skokowy obraca się po każdym impulsie taktuującym w kierunku prawoskrętnym. Trwa to tak długo, aż nie uzyska się zgodności sygnałów $x = y$.

Z chwilą osiągnięcia zgodności sygnałów wał silnika skokowego, a tym samym osłabienie regulacyjnego zaworu dławiącego przepływ oleju do urządzenia wykonawczych, ustawiły się w żądanym położeniu.

W przypadku trzecim, gdy $x < y$, na wyjściu komparatora pojawia się sygnał "1", a na wyjściach pozostałych - sygnały "0". Ponieważ na wejście K sterownika zostaje podany sygnał "0", to po każdym impulsie taktującym przychodzącym z generatora, wał silnika skokowego zacznie obracać się stopniowo w kierunku lewoskrętnym, aż do chwili uzyskania zgodności sygnałów $x = y$.

W ten sposób regulacja i napęd zaworu dławiącego następuje za pomocą elektrycznego silnika skokowego o obrocie znamionowym równym 3° . Silnik ten może przyjąć maksymalnie 120 położeń, co w pełni pozwala zaspokoić przewidywane warunki pracy układu hydraulicznego.

Założono, że zawór dławiący powinien przyjmować sześć zadanych położeń według programu czasowego w sposób automatyczny, a także przyjmować dowolne położenie ze skokiem trzystopniowym zadawane w sposób ręczny z pominięciem programu czasowego. Ostatni warunek ma umożliwić, w razie potrzeby, przeprowadzanie badań specjalnych motocykla w warunkach odmiennych niż normalnie spotykane w czasie eksploatacji.

6. Uwagi końcowe

Badania niezawodnościowe pojazdów jednośladowych na stanowisku do programowanych badań skrócą cykl konstruowania pojazdu oraz pozwolą szybciej ujawnić wady konstrukcyjne, często nieuchwytnie w etapie projektowania. Badania te pozwolą także na prawidłowe prognozowanie produkcji części zamiennych, co może poprawić zaopatrzenie rynku na tym odcinku oraz usprawnić pracę

placówek usługowych zajmujących się naprawą pojazdów.

Poprawienie niezawodności pracy motocykli zwiększy również bezpieczeństwo ruchu użytkowników oraz innych osób poruszających się po drogach publicznych.

Jak z tego wynika, prace związane z projektowaniem i uruchomieniem prototypowego stanowiska badawczego są celowe i wnoszą istotny wkład w kierunku poprawienia jakości motocykli a także poprawienia bezpieczeństwa ruchu.

Literatura

1. Schmidt J., Lewandowski A.: Laboratoryjne odtwarzanie ruchu koła toczącego się po nierównościach terenowych. Zeszyty Naukowe Akademii Techniczno-Rolniczej, Bydgoszcz 1977.
2. Jazdon A.: Wybrane zadadnienia modelowania warunków eksploatacji w programowanych badaniach niezawodności. Zeszyty Naukowe Akademii Techniczno-Rolniczej, Bydgoszcz 1977.
3. Jazdon A., Schmidt J., Rakowski M.: Patent UP PRL nr P-178173: "Sposób przeprowadzenia badań niezawodności pojazdów zwłaszcza jednośladowych oraz stanowisko do sterowania tego sposobu".
4. Rakowski M.: Układ elektroniczny realizujący programowane sterowanie stanowiskiem. Zeszyty Naukowe Akademii Techniczno-Rolniczej, Bydgoszcz 1977.
5. Schmidt J.: Wybrane zagadnienia hamowania pojazdu jednośladowego /maszynopis/. Folitechnika Poznańska, Poznań 1976.

THE HYDROMECHANICAL SIMULATION OF BICYCLE AND MOTOR-
BICYCLE TRACTION RESISTANCES

Summary

There have been presented various traction conditions occurring during a normal use of a motor-bicycle. The conditions for the reconstruction of variable loads coming into existence as the result of traction resistances. On the basis of the assumed testing programme, there has been described a designed hydromechanical system for traction resistances simulation. The system is a part of a testing stand designated for programmed testing of motor-bicycles reliability and life. The simulation of traction resistances has been carried out by means of a hydraulic system containing a special control throttler connected with an electronic system.

ГИДРОМЕХАНИЧЕСКОЕ ИМИТИРОВАНИЕ ТЯГОВЫХ
СОПРОТИВЛЕНИЙ ОДНОСЛЕДНОГО СРЕДСТВА
ПЕРЕДВИЖЕНИЯ

Резюме

В статье представлены различные тяговые условия выступающие во время нормальной эксплуатации мотоцикла. Рассмотрены условия воспроизведения переменных нагрузок возникающих в результате тяговых сопротивлений. На основании предусмотренной программы исследований описана запроектированная гидромеханическая система имитирования тяговых сопротивлений. Эта система входит в состав испытательного стенда предназначенного для программных исследований надежности и прочности мотоциклов. Воспроизведение тяговых сопротивлений проведено с помощью гидравлической цепи содержащей специальный регулирующий дроссель соединенный с электрической системой автоматического управления и регулирования.

Janusz Schmidt

Andrzej Lewandowski

LABORATORYJNE ODTWARZANIE RUCHU KOŁA POJAZDU JEDNOŚLADOWEGO
TOCZACEGO SIĘ PO NIERÓWNOŚCIACH TERENOWYCH

W artykule opisany został symulacyjny układ wymuszania drgań, wchodzący w skład stanowiska badawczego przeznaczonego do przyspieszonych badań niezawodności i trwałości motocykli.

Wymuszanie drgań zrealizowano na drodze hydraulicznej poprzez zastosowanie siłownika sterowanego przetwornikiem elektrohydraulicznym. Omówiono także celowość zastosowania poszczególnych zespołów hydraulicznych układu

1. Wstęp

Barierą na drodze do szybkiego wprowadzenia nowych typów urządzeń, a w tym pojazdów jednośladowych są długotrwałe badania eksploatacyjne. Jak wykazuje praktyka, eksploatacyjne badania niezawodności prowadzone jako przyspieszone, umożliwiają uży-

skanie niezbędnych informacji o badanym obiekcie po stosunkowo długim okresie czasu /powyżej 1-go roku/. Wynika stąd konieczność wprowadzenia w praktyce nowoczesnych laboratoryjnych metod badań przyspieszonych. Metoda laboratoryjna przy znacznym skróceniu czasu badań i zmniejszeniu zaangażowania personelu technicznego, gwarantuje uzyskanie wiarygodnych informacji odpowiadających danym uzyskiwanym w normalnych badaniach eksploatacyjnych. Jest to ważny czynnik dla zachowania warunku porównywalności wyników badań.

Kompletne laboratoryjne stanowisko do przyspieszonych badań niezawodności motocykli powinno umożliwiać odtwarzanie:

- a/ nierówności wszelkich typów dróg, po których toczą się koła motocykla;
- b/ zmiennych oporów trakcyjnych;
- c/ zmiennych obciążeń pojazdu;
- d/ zachowania się kierowcy podczas jazdy;
- e/ określonych zmiennych warunków klimatycznych.

Jednym z trudniejszych problemów do rozwiązania są na pewno układy symulacyjne wymuszania drgań i odtwarzania oporów trakcyjnych. Zadania te realizowane są w Pracowni Układów Napędowych Politechniki Poznańskiej. Zaprojektowano tam wszystkie zespoły wchodzące w skład prototypowego układu wymuszania drgań i odtwarzania oporów trakcyjnych. Wykonano również szereg ważniejszych zespołów, które znajdują się obecnie w trakcie badań.

Poniżej został opisany jedynie układ symulacyjny wymuszania drgań, ponieważ układ odtwarzania oporów trakcyjnych jest przedmiotem następnego artykułu.

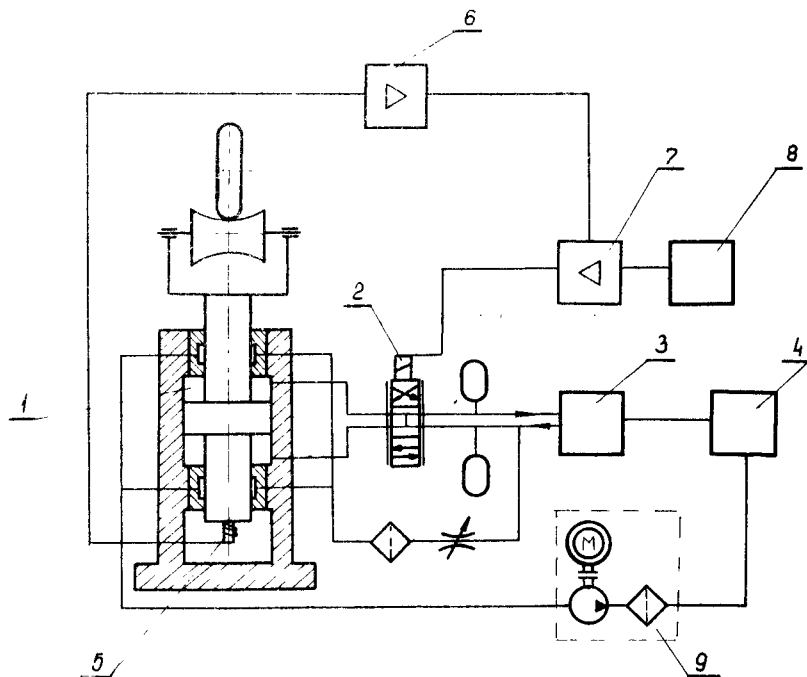
2. Opis układu wymuszania drgań

W skład układu wymuszania drgań wchodzi następujące zespoły:

- 1/ zespół siłownika hydraulicznego,
- 2/ zespół zasilający,
- 3/ zespół zaworów sterujących,
- 4/ zespół odsysający.

Schemat blokowy układu przedstawia rysunek 1. Cylinder hydrauliczny 1 wprawiany jest w ruch drgający o określonej amplitudzie i częstotliwości za pomocą serwowaworu proporcjonalnego 2, który steruje dopływem i wypływem oleju z komór cylindra. Wymaganą ilość oleju dostarcza do siłownika zespół zasilający 4 poprzez zespół zaworów sterujących 3. Położenie tłoka ustalone jest za pomocą czujnika położenia 5 jako analogowe napięcie elektryczne w postaci sygnału wartości rzeczywistej. Sygnał ten dopływa do wzmacniacza pomiarowego 6. Wymagane położenie tłoka jako sygnał wartości zadanej nastawione jest za pomocą nadajnika impulsów zadanych 8. Wzmacniacz porównujący 7 wyżej wymienionych sygnałów porównuje różnicę, jaka istnieje pomiędzy wartością zadaną a wartością rzeczywistą i doprowadza odpowiedni sygnał do przetwornika elektrohydraulicznego. W efekcie ruch suwaka wyżej wymienionego przetwornika steruje odpowiednio dopływem i wypływem oleju z cylindra hydraulicznego, którego tłok wykonuje ruch drgający zgodnie z programem badań.

W ten sposób możemy odtworzyć dowolne funkcje czasu np: funkcje sinusoidalne, trójkątne, prostokątne lub też funkcje stochastyczne spotykane przy obciążeniach obiektu badanego w



Rys.1. Schemat blokowy układu wymuszania drgań: 1-siłownik hydrauliczny, 2-przetwornik elektrohydrauliczny, 3- zespół sterujący, 4-zespół zasilający, 5-czujnik przemieszczeń, 6-wzmacniacz pomiarowy, 7-wzmacniacz porównujący, 8- nadajnik impulsów zadanych, 9- zespół odsysający

naturalnych warunkach eksploatacyjnych. Obciążenia te można zapisać na taśmie magnetycznej i reprodukować je w laboratorium na stanowisku badawczym.

2.1. Zespół siłownika hydraulicznego

W skład zespołu siłownika wchodzi następujące elementy:

1. Siłownik hydrauliczny.
2. Przetwornik elektrohydrauliczny.
3. Akumulatory hydrauliczne.
4. Czujnik położenia.

Siłownik jest cylindrem hydraulicznym dwustronnego działania, w którym tłoczący łożyskowany jest w łożyskach hydrostatycznych z dławieniem wewnętrznym. Zastosowanie łożysk hydrostatycznych zapewnia:

- całkowitą eliminację procesu ścierania się elementów współpracujących nawet przy wystąpieniu dużych sił bocznych lub mimośrodowych;
- wyeliminowanie strat tarcia przy ruchu posuwisto-zwrotnym tłoka;
- możliwość rozwijania dużych prędkości tłoka rzędu 10 m/s i więcej;
- zwiększenie dokładnej regulacji.

Zaprojektowane i zastosowane tu łożyska hydrostatyczne z dławieniem wewnętrznym mają przewagę nad tradycyjnymi rozwiązaniami łożysk z dławikami kapilarnymi lub diafragmowymi, ponieważ:

- są prostsze w budowie,
- nie wymagają po zmontowaniu dodatkowej regulacji,
- są mało wrażliwe na zmiany lepkości oleju,

- szczeliny dławiące ulegają ciągłemu samooczyszczaniu dzięki ruchowi tłoka w panwi.

Przetwornik elektrohydrauliczny jest elementem proporcjonalnym, którego wejściem jest natężenie prądu, a wyjściem natężenie przepływu. Zadaniem przetwornika jest dokładne sterowanie ilością oleju dopływającego i wypływającego z odpowiednich komór siłownika. Proporcjonalność pomiędzy wejściem a wyjściem z przetwornika jest zachowana przy stałej różnicy ciśnień według zależności:

$$Q = K S \sqrt{\Delta p}$$

gdzie:

Q - natężenie przepływu,

K - współczynnik przepływu,

S - przekroje przepływowe rozdzielacza,

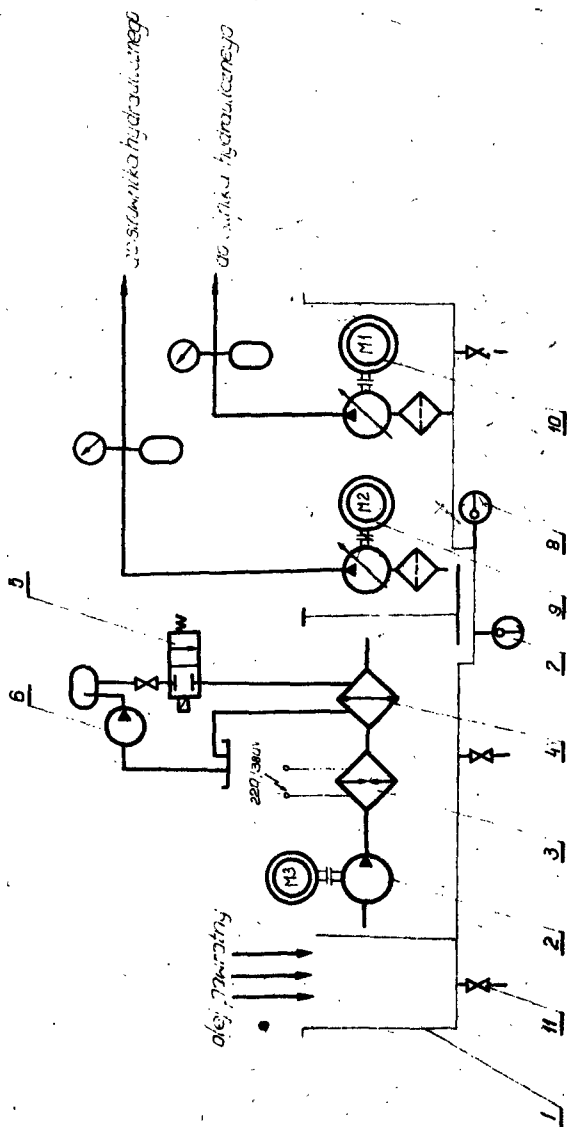
p - różnica ciśnień na wejściu i wyjściu z przetwornika.

W związku z tym konieczne staje się zainstalowanie akumulatorów hydraulicznych, które maksymalnie ograniczają nagłe zmiany ciśnienia wejściowego i wyjściowego w układzie. Czujnik położenia załączony w układzie ujemnego sprzężenia zwrotnego poprzez układ porównujący: wzmacniający koryguje nastawę przetwornika elektrohydraulicznego.

2.2. Zespół zasilający

Zespół zasilający ma za zadanie dostarczyć wymaganą ilość cieczy roboczej pod założonym ciśnieniem do układu wymuszania / drgań symulujących drogę oraz do układu symulowania oporów trakcyjnych. Schemat hydrauliczny zespołu zasilającego przedsta-

wia rysunek 2. Zespół zasilający składa się ze zbiornika oleju 1 posiadającego trzy komory. Do lewej komory zbiornika wpływa olej zlewowy. Nadmiar oleju przelewa się ponad przegrodą do środkowej komory.



Rys.2. Schemat hydrauliczny zespołu zasilającego: 1-zbiornik oleju, 2-pompa śmigłowa, 3-zespół grzejników, 4-chłodnica, 5-rozdzielnica, 6-pompa wirowa, 7-termometr kontaktowy, 8-termometr kontrolny, 9 i 10-agregat pompy, 11-zawór spustowy

Takie rozwiązanie umożliwia przedostawanie się cięższych zanieczyszczeń zawartych w oleju do środkowej komory zbiornika. W środkowej komorze znajduje się układ grzewczy 3 i układ chłodzący 4, 5, 6 oraz pompa mieszająca 2. Układy te zapewniają utrzymanie stałej temperatury oleju w czasie badań na poziomie ustalonym za pomocą termometru kontaktowego 7, który steruje załączaniem grzałek, gdy temperatura oleju spada oraz otwieraniem zaworu 5 układu chłodzącego, gdy temperatura oleju wzrasta powyżej założonego poziomu. Woda przepływająca przez chłodnicę 4 krąży w układzie zamkniętym i tłoczona jest przez pompę wirową 6. Powyższy układ termostatyczny gwarantuje utrzymanie założonej temperatury oleju w czasie badań z dokładnością $\pm 1^{\circ}\text{C}$.

W prawej komorze zbiornika znajdują się dwie pompy osiowo-tłoczkowe o regulowanej wydajności 9 i 10. Do każdego przewodu ciśnieniowego przyłączony jest akumulator hydrauliczny eliminujący pulsację ciśnienia spowodowaną przez pompy.

2.3. Zespół zaworów sterujących

Dopływ oleju do siłownika następuje poprzez zespół zaworów sterowania hydraulicznego, w którym zainstalowane są zawory uruchamiane z pulpitu sterowniczego.

Zadaniem zespołu zaworów sterujących jest:

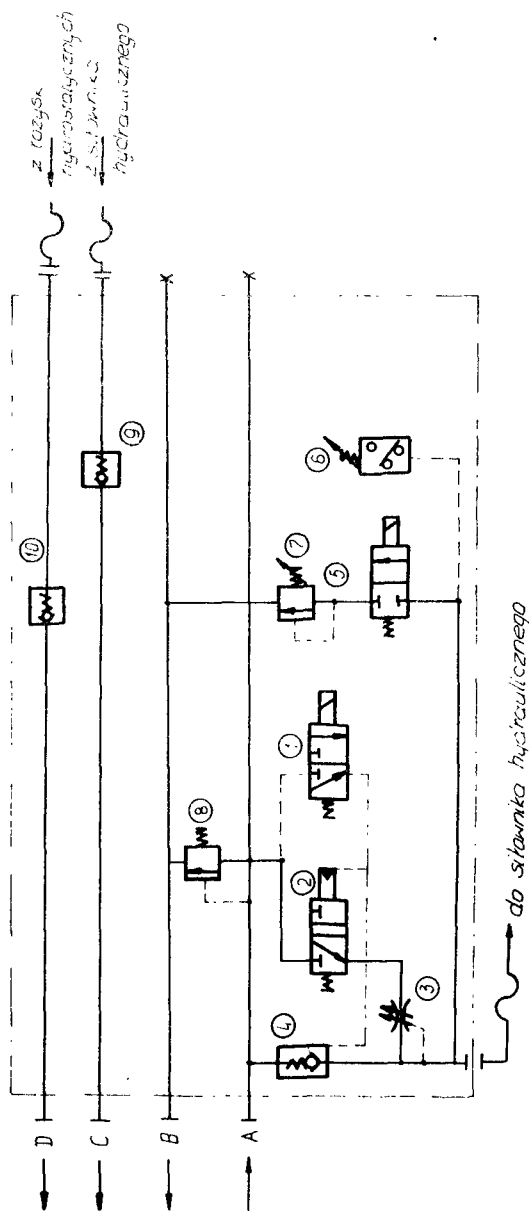
- a/ doprowadzenie świeżego oleju hydraulicznego pod wymaganym ciśnieniem do podzespołu zaworów sterowniczych;
- b/ powolny, zgodnie z założonym przebiegiem, wzrost ciśnienia w przewodzie doprowadzającym olej do dwustopniowego przetwornika elektrohydraulicznego siłownika;

- c/ odprowadzenie powrotnego oleju poprzez podzespół zaworów powrotnych do zbiornika zespołu zasilającego stanowisko badawcze;
- d/ umożliwienie pracy siłownika z obniżonym ciśnieniem;
- e/ planowane zatrzymanie zespołu hydraulicznego zaworów sterujących na sygnał obsługi lub samoczynne wyłączenie jego w przypadku zaniku napięcia w obwodzie zasilania i sterowania elektrycznego;
- f/ zabezpieczenie całego układu hydraulicznego na wypadek uszkodzenia awaryjnego przewodów hydraulicznych lub innych elementów stanowiska.

Schemat hydrauliczny podzespołu zaworów sterujących i podzespołu zaworów powrotnych przedstawiony jest na rysunku 3. Rozdzielacze hydrauliczne 1 i 5 są sterowane elektromagnetycznie, a rozdzielacz 2 jest sterowany hydraulicznie.

Jeżeli w układzie zasilania i sterowania elektrycznego nie pojawi się wymagane napięcie, to rozdzielacze 1 i 2 znajdują się w położeniu neutralnym i odcinają dalszy przepływ oleju. Z chwilą włączenia przez obsługę stanowiska odpowiedniego przycisku na pulpicie sterowniczym, a tym samym doprowadzenia prądu elektrycznego do zespołu, następuje zadziałanie elektromagnesu rozdzielacza 1.

Rozdzielacz elektrohydrauliczny 1 przestawiając się w położenie robocze umożliwia dopływ oleju do części sterowniczej rozdzielacza 2 oraz zaworu 4. Ciśnienie dopływającego oleju sterowniczego przestawia najpierw rozdzielacz 2 w położenie robocze, co pozwala na przepływ oleju z przewodu ciśnieniowego do nastawialnego zaworu dławiącego 3 i dalej przewodem do siłow-



Rys. 3. Schemat hydrauliczny zespołu zaworów sterujących: 1-rozdzielnic sterowany elektromagnetycznie, 2-rozdzielnic sterowany hydraulicznie, 3-dławik regulowany, 4-zawór regulowany, 5-rozdzielnic sterowany elektromagnetycznie, 6-przełącznik ciśnienia, 7 i 8 - zawór przelewowy, 9 i 10 - zawór zwrotny.

nika. Natężenie przepływu oleju przez nastawialny, regulacyjny zawór dławiący 3 zależy od wielkości przeciwcisnienia i wzrasta powoli /zgodnie z założonym przebiegiem/ aż do chwili osiągnięcia określonej względnej wartości ciśnienia. W tym momencie otwiera się zawór zwrotny 4 sterowany hydraulicznie i wówczas natężenie przepływu oleju osiąga swą wartość nominalną odpowiednio do roboczych parametrów siłownika hydraulicznego. Powrotny olej wypływający z siłownika odprowadzany jest poprzez podzespoły zaworów powrotnych /składający się z zaworów zwrotnych 9 i 10/ do zbiornika zespołu zasilającego.

W celu obniżenia prędkości i ciśnień w siłowniku w okresie przygotowywania i rozruchu całego urządzenia badawczego, przewidziano zainstalowanie dodatkowego układu zaworowego składającego się z rozdzielacza elektrohydraulicznego 5 i nastawialnego zaworu przelewowego. Gdy chcemy, aby siłownik pracował z obniżonym ciśnieniem, doprowadzimy zdalnie napięcie elektryczne do rozdzielacza 5, który przestawia się wówczas w położenie robocze. Natężenie przepływu oleju dopływającego do siłownika jest pomniejszone o wartość płynącą przez zawór przelewowy 7.

W przypadku planowanego zatrzymania ruchu siłownika na sygnał obsługi /przycisk na pulpicie sterowniczym/ następuje zanik napięcia elektrycznego w obwodzie, co powoduje automatyczne przesterowanie rozdzielaczy 1, 2, 5 w położenie neutralne, a tym samym odcięcie dopływu oleju. Komora robocza siłownika wypełniona olejem pod wysokim ciśnieniem jest łagodnie i stopniowo odciążana, gdyż pewna ilość oleju pod ciśnieniem odpływa do przewodu oleju powrotnego przez dławik /nie zaznaczony na rysunku/. Automatyczne przesterowanie rozdzielaczy następuje również w przypadku awaryjnego zaniku napięcia elektrycznego.

Jeżeli wskutek pęknięcia przewodu hydraulicznego /elastycznego/ lub innego uszkodzenia w układzie ciśnieniowym pomiędzy zespołem sterowania hydraulicznego a siłownikiem ciśnienie spadnie poniżej dopuszczalnej określonej wartości ciśnienia, to zawór zwrotny sterowany 4 zamknie się samoczynnie. Olej może płynąć do siłownika jedynie poprzez zawór dławiący 3 tak długo, jak długo otwarty będzie rozdzielacz 1. Gdyby uszkodzenie nastąpiło na drodze pomiędzy zespołem zasilającym a zespołem sterowania hydraulicznego, wówczas elektryczny wyłącznik pływakowy kowy znajdujący się w zbiorniku zespołu zasilającego spowoduje szybkie wyłączenie rozdzielacza 1.

Nastawialny przekaźnik ciśnienia 6 połączony jest z przewodem ciśnieniowym doprowadzającym olej do siłownika. Jeżeli ciśnienie robocze w tym przewodzie spadnie poniżej nastawionej wartości /np. wskutek nadmiernych przecieków oleju/, to przekaźnik ciśnienia przerywa obwód elektryczny zasilający elektromagnes rozdzielaczy 1, 5 i odcina dopływ oleju do siłownika.

Zawór przelewowy 8 zabezpiecza cały układ hydrauliczny przed ciśnieniem oleju powyżej wartości dopuszczalnej. Manometry zainstalowane w odpowiednich miejscach zespołu stanowią dodatkowe źródło informacji na temat poprawności jego działania, a w razie potrzeby ułatwiają szybkie ustalenie przyczyny ewentualnych niedomagań w ruchu.

2.4. Zespół odsysający

Przenośny zespół odsysający przewidziany jest do zainstalowania pomiędzy siłownikiem a zespołem zasilającym. Zadaniem zespołu jest wysysanie oleju wypływającego z łożysk hydrosta-

tycznych siłownika i przetłaczanie do zbiornika zespołu zasilającego znajdującego się powyżej poziomu siłownika. W skład zespołu odsysającego wchodzi agregat pompowy i filtr olejowy. Uruchomienie silnika elektrycznego agregatu następuje w momencie otwarcia zaworu głównego otwierającego przepływ oleju od zespołu sterowania do siłownika. Przy awaryjnym przerwaniu dopływu oleju lub planowym zamknięciu zaworu głównego zespół odsysający pracuje tak długo dopóki nie zbataje całkowicie wysany olej z układu hydraulicznego. Zatrzymanie zespołu odsysającego dokonuje obsługa stanowiska po stwierdzeniu całkowitego opróżnienia przewodów. Opróżnienie przewodów jest łatwe do zaobserwowania, ponieważ odcinki przewodów są przezroczyste.

3. Podsumowanie

- a/ opracowany układ wymuszania drgań realizujący postawione zadania na drodze hydraulicznej stanowi rozwiązanie optymalne w porównaniu z innymi możliwymi konstrukcjami mechanicznymi lub elektrycznymi;
- b/ poprzez zastosowanie łożysk hydrostatycznych, uzyska się niewątpliwie mniejszy wpływ zakłóceń fizycznych na dokładność regulacji siłownika hydraulicznego;
- c/ optymalnie rozwiązany zespół zasilania gwarantuje niezmiennosc podstawowych założonych parametrów oraz charakterystyki hydraulicznej układu;
- d/ hydrauliczny zespół zaworów sterujących umożliwia realizację różnych warunków ruchu siłownika i zabezpiecza układ na wypadek awarii.

LABORATORY REPRODUCTION OF MOTOR-CYCLE WHEEL MOTION
ON IRREGULAR SURFACE

Summary

The article deals with the simulation forced vibration system which is a part of the control stand used for accelerated tests of motor-cycles reliability and life.

Forced vibration has been carried out in a hydraulic way by means of a servo-motor controlled by electro-hydraulic transducer. The necessity for the use of all hydraulic sets of the system has been discussed.

ЛАБОРАТОРНОЕ ВОСПРОИЗВЕДЕНИЕ ДВИЖЕНИЯ
КОЛЕСА ОДНОСЛЕДНОГО ЭКИПАЖА ДВИЖУЩЕГОСЯ
ПО НЕРОВНЫМ ДОРОГАМ

Резюме

В статье описана симулирующая система вызывающая колебания входящие в состав испытательного стенда предназначенного для ускоренных испытаний надежности и прочности мотоциклов.

Колебания вызываются гидравлическим путем применяя серводвигатель управляемый электрогидравлическим преобразователем. Показана также необходимость применения отдельных гидравлических узлов системы.

Marian Rakowski

Maciej Pietraszek

UKŁAD ELEKTRONICZNY REALIZUJĄCY PROGRAMOWANE STEROWANIE
STANOWISKIEM DO BADANIA POJAZDÓW

W artykule został omówiony układ elektronicznego sterowania stanowiskiem ze szczególnym uwzględnieniem sposobu odwzorowania nierówności drogi, po której porusza się pojazd.

Przedstawiono sposób uzyskania różnych opóźnień sygnału, w zależności od prędkości jazdy i rozstawu osi pojazdu, potrzebnych do wysterowania wzбудnika koła tylnego. Omówiono również układy elektroniczne sterujące automatycznie, zgodnie z zadanym programem czasowym, zmianą oporów jazdy oraz pracą poszczególnych mechanizmów motocykla.

1. Wstęp

Stanowisko do badań pojazdów jednośladowych jest przeznaczony do badań niezawodnościowych motocykla WSK z uwzględnieniem rzeczywistych warunków eksploatacyjnych. Proces badań i sterowania stanowiskiem jest w pełni zautomatyzowany.

Realizację rzeczywistych warunków eksploatacyjnych pojazdu na stanowisku uzyskano poprzez zastosowanie rozbudowanego systemu nie powiązanych ze sobą programów czasowych /pełen zestaw programów czasowych został już zamieszczony/. Zapewnienie rzeczywistych warunków eksploatacyjnych dotyczy warunków klimatycznych, obciążenia pojazdu oraz drgań motocykla, jakie zostają wytworzone podczas pokonywania przeszkód na drogach takich jak : asfalt, bruk, droga polna.

2. Odtworzenie nierówności drogi

Odtworzenie rzeczywistych nierówności, które pokonuje pojazd jest zagadnieniem nowym i bardzo ciekawym, dlatego zajmemy się nim nieco szerzej. Dane wyjściowe dotyczące tego zagadnienia zaczerpnięto z pracy [6]. W pracy tej zostały zamieszczone pomiary nierówności nawierzchni dla różnych dróg publicznych. Zamieszczone są również opracowania statystyczne otrzymanych wyników. Obliczona jest funkcja korelacji oraz gęstości mocy widmowej dla założonej prędkości ruchu wynoszącej

$$V_0 = 1\text{m/sek.}$$

Z pracy tej wyselekcjonowano kilkanaście przykładów dróg o nawierzchni asfaltowej różnej klasy, o nawierzchni brukowej oraz o nawierzchni nieutwardzonej. Na podstawie przyjętych wzorów wypośredkowano dla trzech klas nawierzchni funkcję gęstości mocy widmowej oraz funkcję autokorelacji.

Ekspluatacyjne prędkości, z jakimi porusza się motocykl dla omawianych trzech klas nawierzchni, wynikającej z badań statystycznych użytkowników wynoszą dla dróg asfaltowych 70 km/h, dla bruku 50 km/h oraz dla nawierzchni nieutwardzonej 46 km/h. Prędkości te różnią się od prędkości przyjętej w omawianej pracy, dlatego trzeba było uwzględnić również wpływ tego czynnika na interesujące nas funkcje. Dla przyjętej prędkości $V_0 = 1\text{m/sek}$ napotkamy np. pierwszą przeszkodę po czasie t_1 , drugą przeszkodę po czasie t_2 itd. Gdy zwiększymy prędkość do aV_0 , to pierwszą przeszkodę napotkamy już po czasie t_1/a , drugą przeszkodę napotkamy po czasie t_2/a itd. Wynika z tego, że skala czasu ulega zmniejszeniu tyle razy, ile razy wzrosła prędkość ruchu.

Na wykresie funkcji korelacji spowoduje to zmianę skali osi odciętych o współczynnik $\frac{1}{a}$. Aby to uzasadnić, rozważmy zależność:

$$R_x/\mathcal{A}/ = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{2T} \int_{-T}^T x/t/ \cdot X/t - \mathcal{A}/ dt$$

Ponieważ dane nierówności drogi w pracy Kobiela podane są co dyskretny odcinek i na skończonej długości, wzór na funkcję korelacji można estymować następującą zależnością:

$$R_x/\mathcal{A}/ = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} X/i \cdot t_0/ \cdot X/i \cdot t_0/ + \mathcal{A}/$$

gdzie:

N - ilość pomiarów,

t_0 - elementarny czas wynikający z przyjętej prędkości poruszania V_0 oraz dyskretnego kroku X_0 przyjętego przy pomiarach drogi

Wartość t_a wyniesie:

$$t_0 = \frac{X_0}{V_0}$$

Przy tym samym kroku pomiarowym X_0 i przy prędkości równej $V_a = a V_0$, otrzymujemy te same wartości funkcji X/t , ale w odstępach czasu elementarnego równych

$$t_a = \frac{X_0}{aV_0} = \frac{t_0}{a} = \frac{1}{a} t_0$$

Widać stąd, że te same wartości funkcja X/t przyjmuje a -krotnie częściej, co spowoduje, że otrzymamy funkcję korelacji identyczną jak przy prędkości V_0 , lecz przy zmianie skali osi odciętych o współczynnik $\frac{1}{a}$. Można również uzasadnić, że zwiększenie prędkości jazdy a -krotne, na wykresie funkcji S/ω / - /gęstość mocy widmowej/, spowoduje tylko zmianę skali osi odciętych o współczynnik a oraz osi rzędnych o współczynnik $\frac{1}{a}$. Gęstość mocy widmowej określona jest następującą zależnością:

$$S/\omega = \int_{-\infty}^{\infty} R_x/\tau / \cdot e^{-j\omega\tau} d\tau$$

Dla przebiegu stacjonarnego oraz dla funkcji korelacji własnych można zapisać:

$$S/\omega/ = \int_{-\infty}^{\infty} R_x(\tau) \cdot \cos/\omega\tau/ d\tau = 2 \int_0^{\infty} R(\tau) \cdot \cos/\omega\tau/ d\tau$$

W przypadku dyskretnych wartości funkcji korelacji przybliżona wartość gęstości mocy widmowej jest określona wzorem:

$$S_0/\omega/ = 2t_0 \sum_{i=0}^{N-1} R(i \cdot t_0) \cdot \cos/\omega \cdot i \cdot t_0/$$

gdzie:

t_0 - elementarny dyskretny przyrost zmiennej niezależnej funkcji korelacji przy prędkości V_0

Zwiększając prędkość do $V_a = a V_0$, otrzymujemy funkcję gęstości mocy widmowej postaci:

$$S_a/\omega/ = 2t_a \sum_{i=0}^{N-1} R(i \cdot t_a) \cdot \cos/\omega \cdot i \cdot t_a/ = \frac{1}{a} 2t_0 \sum_{i=0}^{N-1} R(i \cdot \frac{t_0}{a}) \cdot \cos/\omega \cdot i \cdot \frac{t_0}{a}/$$

gdzie:

$t_a = \frac{t_0}{a}$ - elementarny dyskretny przyrost zmiennej niezależnej funkcji korelacji przy prędkości V_a

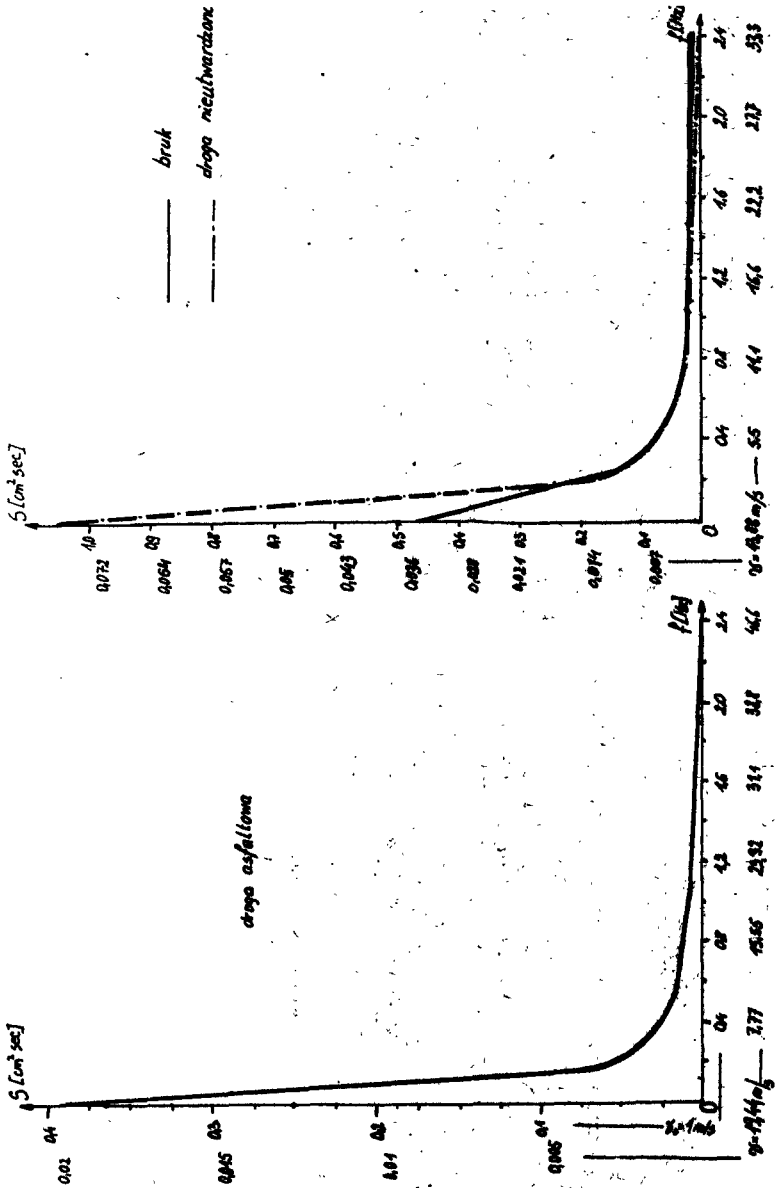
Porównując wyrażenia na $S_0/\omega/$ i $S_a/\omega/$ możemy stwierdzić, że dla dowolnego ω składniki sumy wyrażenia $S_0/\omega/$ są równe poszczególnym składnikom wyrażenia $S_a/\omega/$, ale dla pulsacji $a \cdot \omega$.

Spowoduje to zmianę skali osi odciętych o współczynnik a . Ponieważ przed znakiem sumy przy wyrażeniu na S_a/ω pojawia się dodatkowo współczynnik $\frac{1}{a}$, także oś rzędnych zmieni skalę o ten współczynnik. Można więc łatwo adaptować funkcję R_x/ω i S/ω do dowolnej prędkości jazdy.

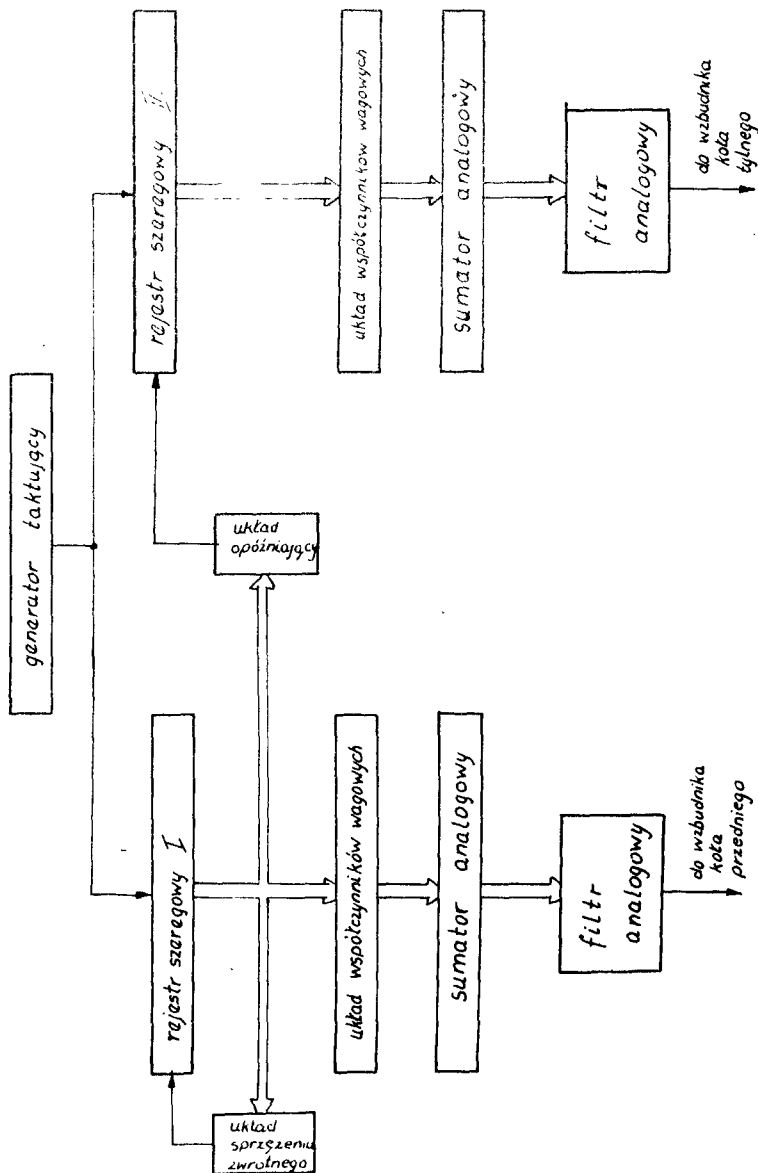
Uwzględniając omawiane czynniki otrzymano wypadkowe funkcje korelacji oraz gęstości mocy widmowej, które zostały przedstawione na rysunku 1. Należy również zaznaczyć, że rozkład amplitud napotykaných przypadkowo nierówności jest zgodny z rozkładem normalnym.

Projektowanie układu wymuszeń dynamicznych powinno tak przebiegać, aby zapewnić możliwie jak najbardziej dokładne, w pełni zgodne z opisami matematycznymi wypadkowych funkcji, wymuszenia oddziałujące na siłowniki hydrauliczne.

Przypadkowe przebiegi o rozkładzie normalnym, których funkcje gęstości mocy widmowych odpowiadałyby wypadkowym funkcjom dla trzech klas nawierzchni, uzyskano z generatora sygnałów przypadkowych, którego schemat blokowy jest przedstawiony na rysunku 2. Generator ten zbudowany jest w oparciu o generator liczb pseudolosowych o rozkładzie równomiernym. Generator liczb pseudolosowych zbudowany jest z dwudziestopozycyjnego rejestru szeregowego, który został objęty pętlą sprzężenia zwrotnego z 17 i 20 komórki rejestru, w celu uzyskania przebiegu o maksymalnym okresie równym $L = 2^{20} - 1 = 1048575$. Wyjścia poszczególnych komórek tego rejestru są podane poprzez układ współ-



Rys. 1. Funkcja gęstości mocy widmowej
 a/ dla drogi asfaltowej
 b/ dla drogi i drogi nieutwardzonej



Rys.2. Schemat blokowy generatora przebiegów przypadkowych

czynników wagowych na sumator analogowy.

Poprzez dobór odpowiednich wag, z jakimi sumowane są wyjścia poszczególnych stopni rejestru, otrzymujemy wstępne kształtowanie funkcji gęstości mocy widmowej oraz funkcji rozkładu prawdopodobieństwa generowanych amplitud.

W celu zapewnienia gaussowskiej gęstości rozkładu prawdopodobieństwa dobrano współczynniki wagowe proporcjonalnie do współczynników rozkładu dwumianowego [1], [3], [5]. Odpowiadająca tak dobrym współczynnikom funkcja gęstości mocy widmowej określona jest zależnością:

$$S_W/\omega = S_M/\omega / \left[2^{11} \cos^{11} \frac{\omega}{2f} \right]^2 \cdot \left[\frac{1}{f} \frac{\sin \left(\frac{\omega}{2f} \right)}{\frac{\omega}{2f}} \right]^2$$

gdzie:

ω - pulsacja,

f - częstotliwość taktu zegara;

$$a S_M/\omega = \frac{1}{L^2} \sum_{k=-\infty}^{\infty} \left\{ (l+1) \cdot \delta\left(\omega - \frac{2\pi k f}{L}\right) - L \cdot \delta\left(\omega - 2\pi k f\right) \right\}$$

gdzie:

k - liczba naturalna

δ/ω - funkcja Diraca

Przedstawiona zależność jest prawdziwa dla przypadku, gdy sumator analogowy sumuje sygnały z dwunastu komórek rejestru szeregowego. Sumator analogowy w celu zapewnienia dużej dokładności zbudowany jest na pięciu wmacniaczach operacyjnych.

Ostateczne kształtowanie funkcji gęstości mocy widmowej odbywa się za pomocą układów z modelami czasowymi. Układy te są to układy filtrów analogowych, których funkcję przejścia /transmitancję widmową/ oblicza się na podstawie następującej zależności:

$$\left[G/j\omega \right]^2 = \frac{S_y/\omega}{S_x/\omega}$$

gdzie:

S_x/ω - jest znaną funkcją gęstości mocy widmowej podaną na wejście filtru analogowego,

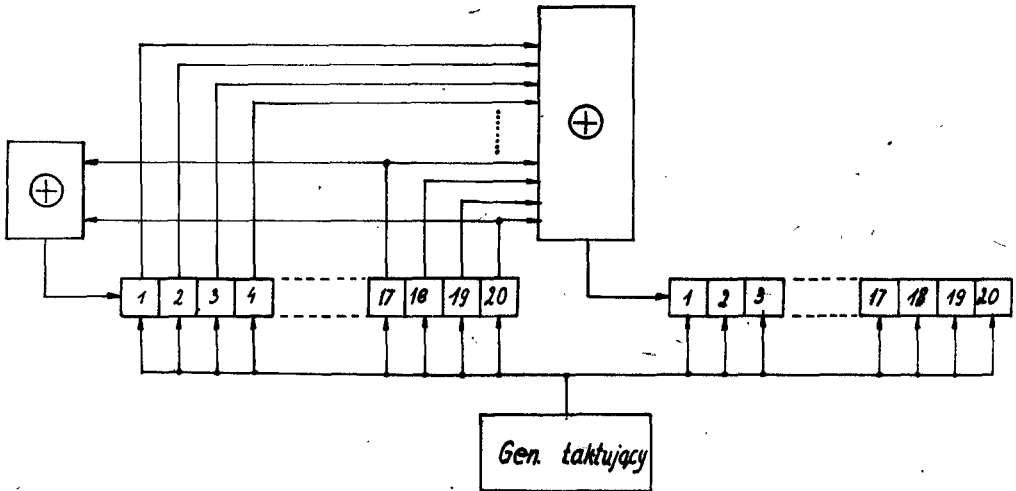
S_y/ω - jest to szukana funkcja gęstości widmowej otrzymana na wyjściu filtru analogowego o transmitancji widmowej $G/j\omega$ /.

Modelując analogowo otrzymaną transmitancję operatorową otrzymujemy układ filtru analogowego, który zapewnia nam otrzymanie przebiegu o szukanych własnościach.

Układ wymuszeń dynamicznych spełniać musi jeszcze jedną bardzo ważną rolę. Podczas ruchu pojazdu koło tylne najeżdża na tę samą przeszkodę co koło przednie dopiero po pewnym czasie, dlatego też siłownik hydrauliczny koła tylnego musi być pobu -

dzony dokładnie takim samym przebiegiem co siłownik hydrauliczny koła przedniego, tylko opóźnionym w czasie.

Opóźnienie to zrealizowano w układzie cyfrowym przedstawionym na rysunku 3. Podając wyjścia niektórych komórek rejestru

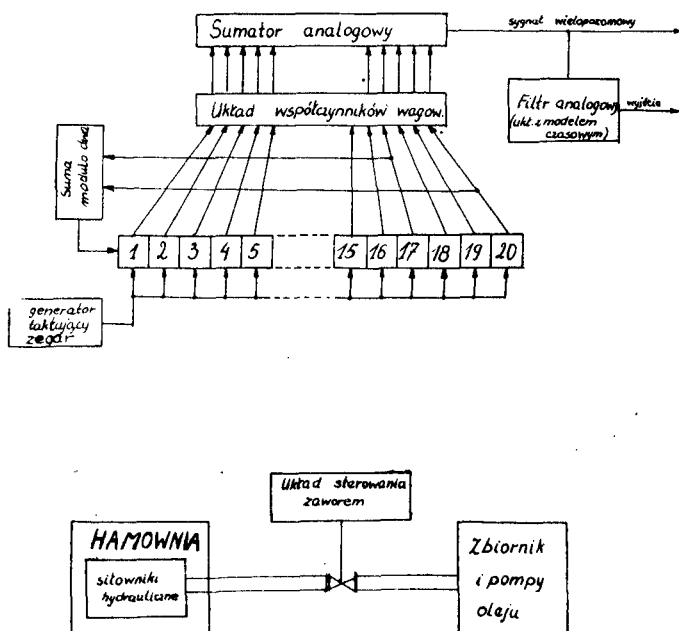


Rys.3. Schemat blokowy generatora dwóch opóźnionych sekwencji

tru szeregowego, zgodnie z [2,4], na układ realizujący funkcję sumy modulo dwa przyłożonych składników, otrzymujemy żądane opóźnienie. Wielkość tego opóźnienia można zmieniać przez dobór wyjść poddawanych sumowaniu modulo dwa.

3. Układ oporów jazdy

Innym ciekawym układem pracującym na stanowisku jest układ oporów jazdy. Układ oporów jazdy ma za zadanie symulować zewnętrzne obciążenie pojazdu w dziewięciu sytuacjach według zadanego programu czasowego. W skład układu wchodzi: układ siłowników hydraulicznych wymuszających poszczególne obciążenia na bębnoch stanowiska oraz układ sterowania dopływem oleju do siłowników. Dopływ oleju odbywa się poprzez regulowany zawór automatycznie; rozwiązanie to przedstawiono na schemacie blokowym na rysunku 4. Układ sterowania zaworem zapewnia przyjmowanie przez



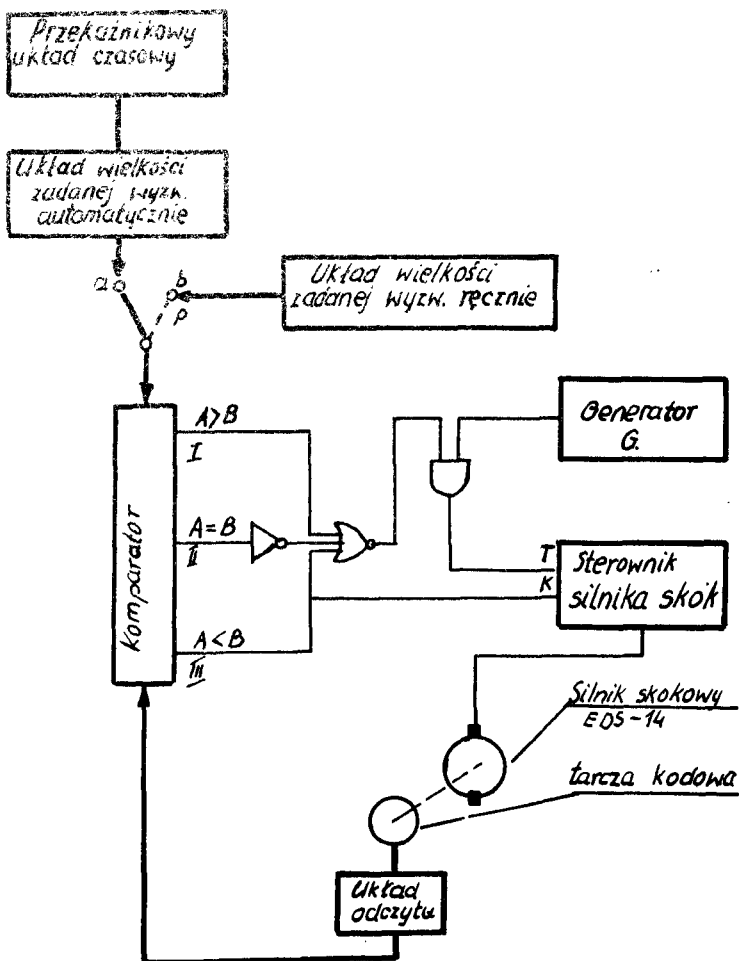
Rys.4. Schemat blokowy układu sterowania zaworem

zawór dziewięciu zadanych pozycji według podanego programu czasowego w sposób automatyczny oraz zapewnia przyjęcie dowolnego położenia z maksymalnym skokiem trzystopniowym zadany w sposób ręczny z pominięciem programu czasowego. Siłownikiem, który napędza zawór jest silnik skokowy typu EDS-14. Układ sterowania silnikiem skokowym działa w następujący sposób.

Przełącznikowy układ czasowy realizujący zadany program czasowy uruchamia automatycznie wyzwalany układ wielkości zadanej. Gdy przełącznik znajduje się w pozycji "a" /rys.5/, przekazuje zadaną wartość w postaci binarnej B na komparator cyfrowy. Jeżeli przełącznik P znajduje się w pozycji "b", wówczas wielkość zadana B jest przekazywana z układu wielkości zadanej wyzwalanej ręcznie.

Na wale silnika osadzona jest tarcza kodowa, która jest bezpośrednim przetwornikiem położenia kąowego wału silnika skokowego, a tym samym otwarcia zaworu, na sygnał binarny. Bezpośrednio z układu odczytu tarczy kodowej sygnały są podawane na komparator siedmiobitowy. Zaletą tego rozwiązania jest to, że w każdej chwili układ potrafi określić wielkość otwarcia zaworu, i nie jest wymagane po pierwszym włączeniu doprowadzenie do pozycji zerowej otwarcia zaworu.

Układ ten zbudowany jest w oparciu o układy cyfrowe TTL o małej skali integracji serii 74.

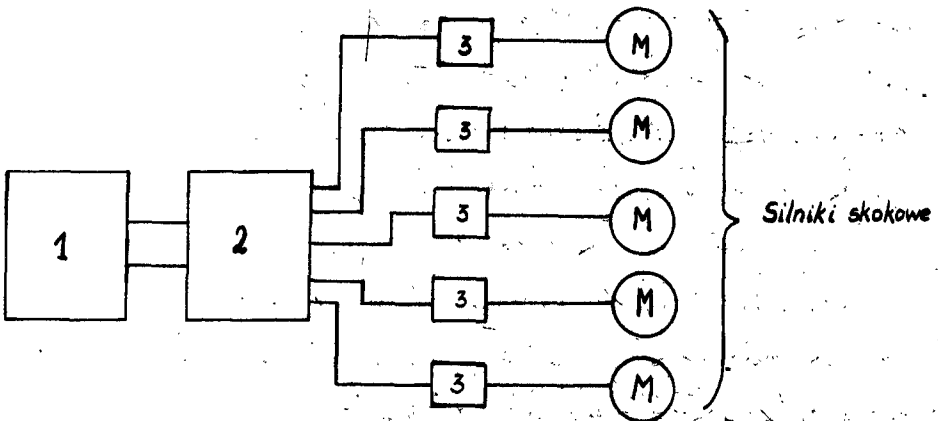


Rys.5. Schemat blokowy układu zmiany oporów jazdy

4. Układ sterowania mechanizmami motocykla

Poszczególne mechanizmy motocykla jak: przepustnica, sprzęgło, skrzynia biegów i hamulce przełączane będą silnikami krokowymi typu EDS-20, które przy pomocy odpowiedniego układu mechanicznego przełączać będą poszczególne mechanizmy.

Zadaniem układu elektronicznego jest takie wysterowanie silników krokowych, aby w odpowiedniej sekwencji i o odpowiedni kąt obrócić silniki krokowe. Układ można podzielić blokowo na trzy funkcjonalne układy pokazane na rysunku 6.



1. Układ czasowy
2. Generator grup impulsów
3. Komutatory

Rys.6. Schemat blokowy układu sterowania mechanizmami silnika:

1. układ czasowy,
2. generator grup impulsów,
3. komutatory

Zadaniem układu czasowego jest wysłanie rozkazu w odpowiednim czasie, zgodnie z programem, w postaci impulsu do generatora grup impulsów w celu wykonania przełączenia biegów. Możliwe są dwa rozkazy;

a/ przełączenie z niższego na wyższy bieg,

b/ przełączenie z wyższego na niższy bieg.

Układ umożliwia również wysłanie rozkazów ręcznie niezależnie od układu czasowego.

Układ czasowy zbudowany jest na przekaźnikach RTS - 61, co umożliwia łatwą zmianę programu poprzez zmianę nastaw czasowych. Generator grup impulsów po przyjęciu rozkazu ma wewnętrzny program generowania w odpowiedniej sekwencji impulsów i przekazuje ich do odpowiednich komutatorów. Generator ten jest głównym układem synchronizującym pracę poszczególnych mechanizmów, jak : sprzęgła, przepustnicy, skrzyni biegów i hamulców. W układzie tym jest również kontrola wykonania przełączeń poszczególnych mechanizmów oraz blokada pracy całego stanowiska w wypadku zerowania linki sprzęgła. Generator ten został całkowicie wykonany na monolitycznych układach scalonych, charakteryzujących się dużą niezawodnością. Komutatory zamieniają przychodzące impulsy z generatora na napięcie czterofazowe, sterujące w odpowiednim kierunku obroty silników krokowych. Każdy impuls wychodzący z generatora powoduje obrót silnika o elementarny kąt, który dla tego typu silnika wynosi 3° .

Ze względu na rodzaj opracowania nie podajemy dokładnych schematów ideowych.

5. Realizacja programów czasowych

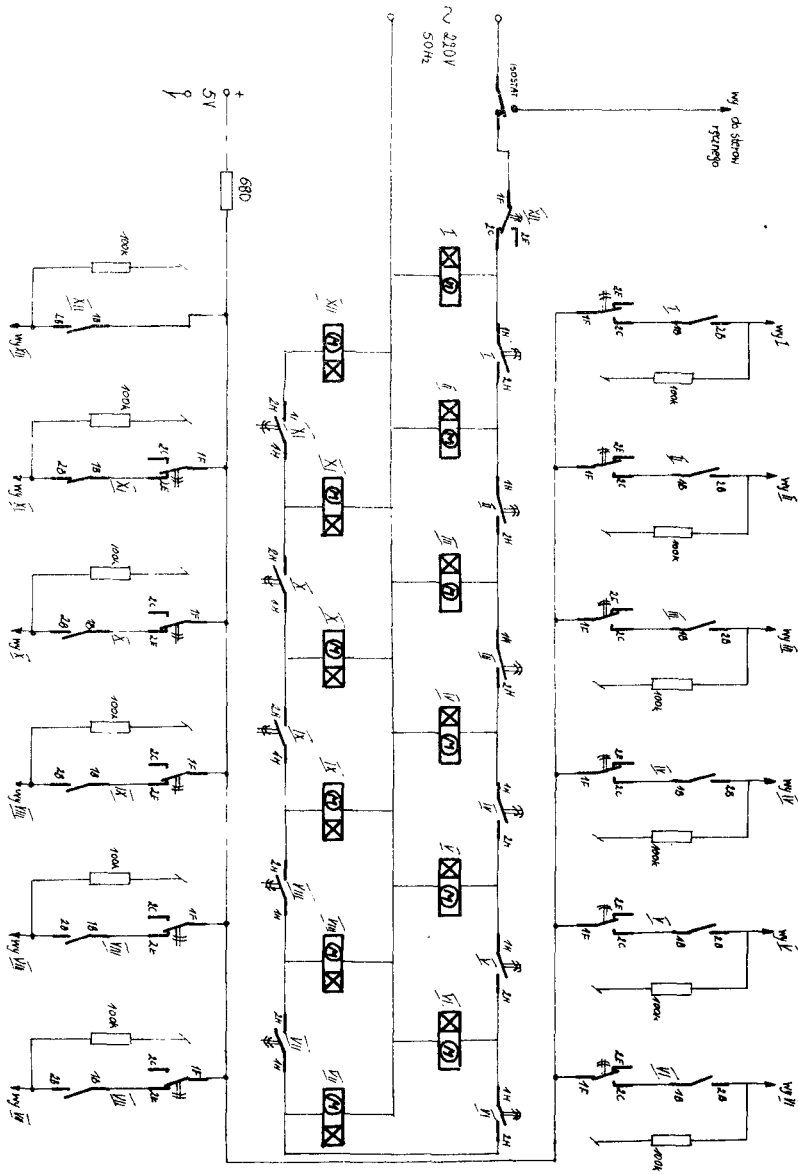
Zbudowane stanowisko charakteryzuje się rozbudowanym systemem nie powiązanych ze sobą programów czasowych, w skład którego wchodzi następujące programy:

- a/ program modelowania obciążenia zewnętrznego,
- b/ program modelowania oporów jazdy,
- c/ program modelowania rodzaju nawierzchni,
- d/ program modelowania warunków klimatycznych,
- e/ program modelowania oświetlenia pojazdu,
- f/ program modelowania czynności sterowania motocyklem,

Elementy poszczególnych programów czasowych różnią się bardzo między sobą/trwają od 5 min. do 225 min./.

Najwygodniejszym elementem, który nadawałby się do realizacji tych programów, ze względu na duże oraz bardzo różniące się czasy, jest przekaźnik ze zwłoką czasową RTs-61.

Przykładowo został pokazany na rysunku 7 program modelowania rodzaju nawierzchni zrealizowany w oparciu o przekaźniki ze zwłoką czasową typu RTs-61.



Rys. 7. Schemat połączeń przekaźników czasowych realizujących program modelowania rodzaju nawierzchni

6. Rejestracja oraz sygnalizacja

Stanowisko zostało zbudowane w ten sposób, że istnieje możliwość rejestracji wszystkich niezbędnych parametrów do określenia niezawodności pojazdu oraz prawidłowej pracy stanowiska. Na stanowisku zastosowano również rozbudowany system sygnalizacji, który wyłącza stanowisko w momentach awaryjnych, bądź też informuje o poprawnej pracy stanowiska. Pełen wykazu parametrów rejestrowanych oraz sygnalizowanych jest zamieszczony na rysunku 8.

7. Wnioski końcowe

Układ elektroniczny stanowiska realizuje założone warunki eksploatacyjne. Przyjęte rozwiązanie umożliwia szybką zmianę warunków eksploatacyjnych jak: zmiana stosunku odcinków jazdy po poszczególnych nawierzchniach, zmiana oporów jazdy, zmiana warunków klimatycznych, zmiana częstości przełączeń mechanizmów. Podzielenie układu na bloki funkcjonalne umożliwia łatwą lokalizację uszkodzeń. Część elektroniczna wykonana jest z najnowszych układów scalonych małej i średniej skali integracji. Większość układów sterowanych jest automatycznie z możliwością wyłączenia i sterowania ręcznego. Poszczególne parametry są sygnalizowane na pulpicie sterowniczym.

Literatura

1. Davies A.C.: Properties of waveforms obtained by nonrecursive digital filtering of pseudorandom binary sequences. *IEEE Transactions on computers* vol. 20 nr 3 1971.
2. Davies A.C.: Delayed versions of maximal - length binary sequences. *Electron. Letters* vol.1. 1965.
3. Pietraszek M.: Kształtowanie widma sygnałów pseudoprzypadkowych. Praca magisterska ATR - Bydgoszcz 1976.
4. Rakowski M., Pietraszek M.: Generator pseudoprzypadkowych liczb opóźnionych względem siebie. Zeszyty B.T.N. oddane do druku.
5. Rakowski M., Pietraszek M.: Przekształcenie sygnałów przypadkowych. Zeszyty Naukowe ATR oddane do druku.
6. Kobielałak Z.: Probabilistyczne charakterystyki dróg jako opis wymuszeń działających na pojazd. Praca doktorska, Politechnika Wrocławska. Wrocław 1971.

ELECTRONIC SYSTEMS FOR PROGRAMMED CONTROL OF A STAND

Summary

The article deals with electronic systems for programmed control of a stand with respect to a way of the representation of road surface irregularity on which a motor-cycle rides.

There has been presented the way of obtaining different signal delays depending on travelling speed and axle base which are necessary for the control of a back wheel inductor. Electronic systems for automatic control according to a given time programme, a change of travel resistance, and the work of all mechanism of a motor-cycle have discussed.

ЭЛЕКТРОННАЯ СИСТЕМА РЕАЛИЗУЮЩАЯ ПРОГРАММНОЕ УПРАВЛЕНИЕ СТЕПДЕМ

Резюме

В статье представлена рассмотренная система электронного управления степдем, принимающая во внимание способ отображения неровности дороги по которой движется механическое средство передвижения.

Представлен способ получения различных задержек сигнала в зависимости от скорости езды и колесной базы средства передвижения, необходимых для управления индуктором заднего колеса. Рассмотрены также электронные системы управляющие автоматически, согласно заданной часовой программе, изменением сопротивления езды, а также работой отдельных механизмов мотоцикла.

Józef Flizikowski

Adam Woliński

WPLYW NIERÓWNOŚCI NAWIERZCHNI NA OBCIĄŻENIE W WYBRANYCH PUNKTACH
MOTOCYKLA WSK TYP M 06 B 3

W artykule zostały podane charakterystyki mikroprofilu dróg wymuszających obciążenie ramy i układy jezdnego pojazdu, występujące w warunkach jego normalnej eksploatacji.

Podano charakterystyki obciążeniowe wybranych punktów konstrukcji motocykla WSK typ M 06 B 3 dla różnych rodzajów nawierzchni.

1. Wstęp

Obciążenia pojazdów są wywołane przez siły, różniące się tak pod względem ich źródeł, jak i co do charakteru oraz kierunku działania. Podstawowe źródła sił wymuszających są następujące:

- nierówności nawierzchni drogi,
- masa, wynikająca z funkcji transportowej motocykla /użytkow-

- nik, pasażer i bagaż w odpowiednich relacjach/,
- niewyrównoważenie kół i obracających się elementów silnika oraz przekładni,
 - inne, aktualne tylko dla rozpatrywanego punktu.

Siły i momenty mogą być wywołane zmianą prędkości motocykla lub kierunku ruchu, jak też wpływami aerodynamicznymi, jednak te siły i momenty zmieniają się stosunkowo wolno.

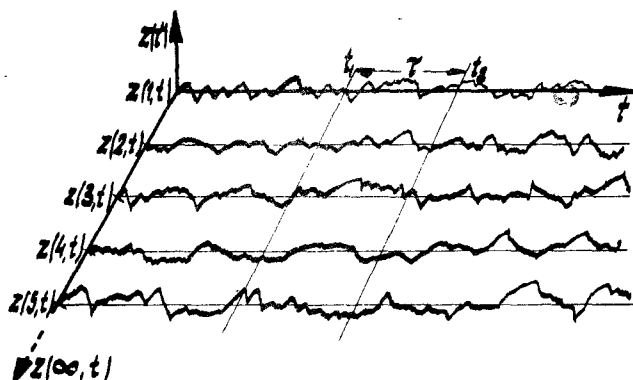
Możliwe są i inne przyczyny powodujące zmianę obciążeń, na przykład bezwładność masy transportowej /w funkcjonalnych relacjach układu: użytkownik, pasażer, bagaż - motocykl/ lub zmiana wartości momentu obrotowego silnika pracującego na biegu jałowym itp.

2. Nierówności nawierzchni

Motocykl podczas ruchu po drodze o nierównej nawierzchni poddany jest zazwyczaj przypadkowym siłom wymuszającym. Jeżeli będą zachowane niezmiennie warunki ruchu /stan motocykla, drogi i inne/, to przy wielokrotnych powtórzeniach przejazdów obciążenia któregośkolwiek elementu konstrukcji motocykla będą za każdym razem inne, tj. nie będą powtarzać się dokładnie. Jedną z przyczyn tego zjawiska tkwi w przypadkowym rozmieszczeniu nierówności drogi.

Mikroprofil drogi jest funkcją losową jej długości /przebytej drogi x /, ponieważ rzędne mikroprofilu przy dowolnej długości x są wielkościami przypadkowymi /zdarzeniami losowymi/. Jeden zapis funkcji losowej [8,9], na przykład wzdłużnego mikroprofilu drogi, stanowi realizację funkcji losowej /realizacja

procesu stochastycznego/ natomiast zestawienie wszystkich możliwych zapisów tworzy populację /zbiór/ realizacji /rys.1/.



Rys.1 Ogól /populacja/ realizacji funkcji losowej /9/

Obciążenia elementów motocykla są zmienne w czasie t , to znaczy są procesem losowym. Zakładając, że motocykl porusza się ruchem jednostajnym, można przejść od funkcji losowej do procesu losowego, ponieważ $x = v \cdot t$. Funkcja losowa stanowi zbiór nieskończenie dużej liczby realizacji i w ogólnym przypadku może być oznaczona w następujący sposób

$$q \{ /d, x / \}$$

gdzie:

$$-\infty < x < \infty ; d = 1, 2, \dots$$

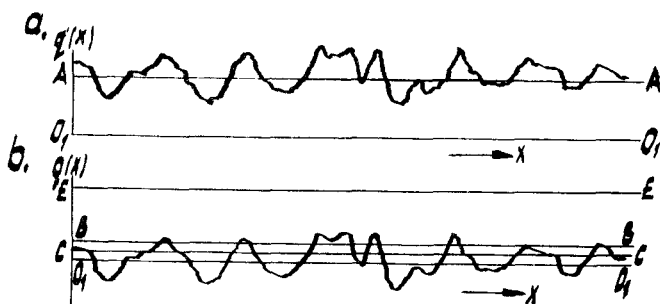
Na przykład chwili t_1 będzie odpowiadać szereg wartości rzędnych mikroprofilu q_1/x_1 , q_2/x_1 , ... q_i/x_1 , ... q_∞/x_1 , które można traktować jako wielkości przypadkowe.

Przyjęto rozpatrywać mikroprofil drogi jako funkcję losową odpowiadającą następującym założeniom: funkcja jest stacjonarna i ergodyczna; rzędne mikroprofilu podlegają prawu rozkładu nor-

malnego; długości nierówności są ograniczone z dołu i z góry; mikroprofil zmienia się w sposób przypadkowy tylko w pionowej wzdłużnej płaszczyźnie drogi.

Za podstawowe charakterystyki statystyczne funkcji losowej /procesu/ w odniesieniu do mikroprofilu drogi na ogół przyjmuje się:

- średnią wartość rzędnej mikroprofilu lub nadzieję matematyczną,
- średnie odchylenie kwadratowe lub wariancję /dyspersję/ rzędnych,
- funkcję korelacyjną lub gęstość widmową.



Rys.2. Realizacja funkcji losowej i jej wartości średnie

Jeśli $q/x/$ - rzędna mikroprofilu liczona od pewnej poziomej O_1O_1 /rys.2a/, to uśrednienie względem populacji realizacji wyniesie [7]:

$$[q_{\text{sr}}] = \lim_{\alpha \rightarrow \infty} \sum_{i=1}^{\alpha} \frac{q_i/x/}{\alpha} \quad (1)$$

Wartość q_{sr} odpowiada prostej AA.

Funkcję losową wygodnie jest sprowadzić do postaci biopolarnej [5] /wyśrodkowanej/ przenosząc oś odciętych z prostej O_1O_1 na prostą AA. Wyśrodkowana funkcja $q/x/$ /rys.2b/, wygodna jest z tego względu, że w dalszych rozważaniach pomija się nadzieję matematyczną.

Obliczając średnią względem populacji realizacji otrzyma się wariancję:

$$[q_s] ^2 = \lim_{\alpha \rightarrow \infty} \sum_{i=1}^{\alpha} \frac{\xi_i^2/x/}{\alpha} \quad (2)$$

Wariancją rzędnych /prosta EE/, otrzymana przy uśrednianiu jednej realizacji

$$q_s^2 = \lim_{Lq \rightarrow L_q} \frac{1}{L_q} \int_0^{L_q} q^2/x/dx \quad (3)$$

Odchylenie średnie kwadratowe $[q_s]$ lub q_s otrzymuje się po obliczeniu pierwiastka kwadratowego z wariancji. Wartość q_s odpowiada prostej BB. Można wprowadzić również inne wartości średnie, na przykład średnie z bezwzględnych wartości rzędnych jednej realizacji obliczanych od poziomu nadziei matematycznej /prosta CC/

$$q_s = \lim_{Lq \rightarrow \infty} \frac{1}{L_q} \int_0^{L_q} q/x/dx$$

Uśrednienie względem zbioru realizacji dla funkcji korelacyjnej wyrazi się wzorem [7]:

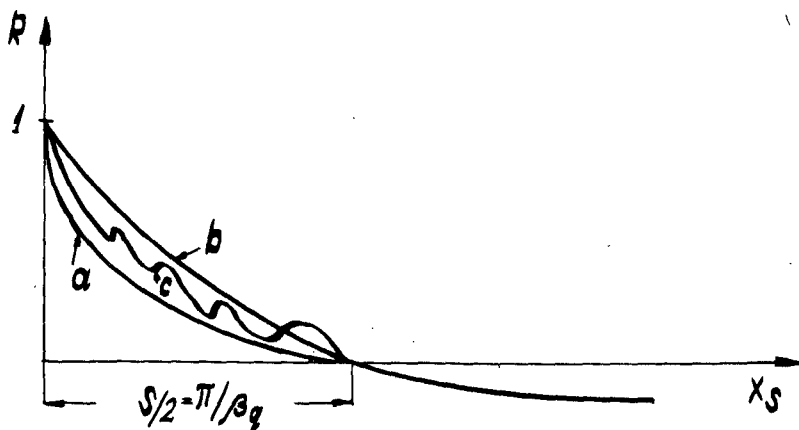
$$G_q / x_1, x_2 / = \lim_{Lq \rightarrow \infty} \sum_{i=1}^{\alpha} \frac{q_i / x_1 / q_i / x_2 /}{\alpha} \quad (4)$$

Dostateczną charakterystyką mikroprofilu drogi jest jego funkcja korelacyjna [7].

Założenie stacjonarności mikroprofilu drogi zasadniczo upraszcza określenie funkcji korelacyjnej: zależy ona tylko od wielkości odcinka x_s .

Dzieląc rzędne funkcji korelacyjnej przez wariancję otrzymamy unormowaną funkcję korelacyjną.

$$R_q^* / x_s / = \frac{R_q / x_s /}{q_s^2} \quad (5)$$



Rys.3. Znormalizowane funkcje korelacyjne dla dróg kołowych [9/

Unormowane funkcje korelacyjne dla różnych dróg pokazano na rysunku 3. Ze względu na ich przebiegi funkcje te można podzielić następująco [4]:

- szybko malejąca monotoniczna funkcja a, świadcząca o przewadze występów i wgłębień /na przykład nawierzchnia brukowa-

na/,

- wolno malejąca monotoniczna funkcja b , charakterystyczna dla nawierzchni cementowo - betonowej i asfaltowych z nierównościami w postaci długich fal,
- korelacyjna funkcja o postaci c świadczy zazwyczaj o zużyciu i odkształceniu nawierzchni, wywołanym pojawianiem się na niej fal o przeważającej częstotliwości.

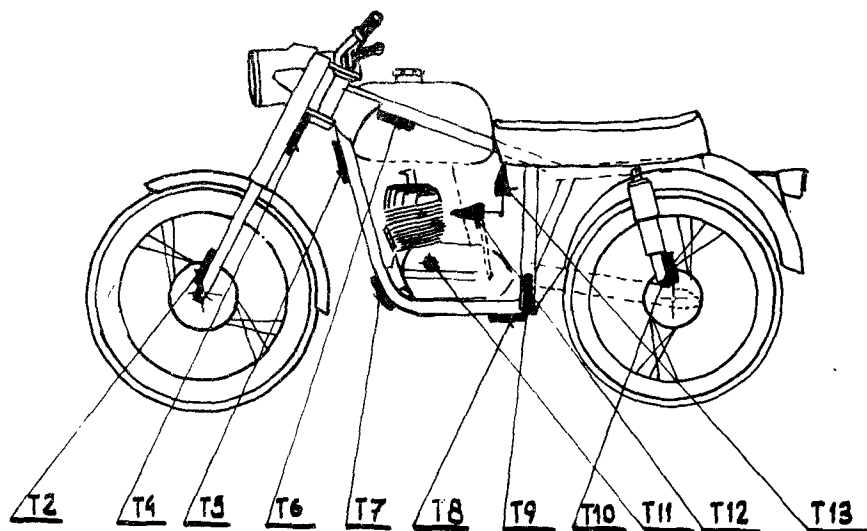
Jeśli funkcja korelacyjna obrazuje zmiany mikroprofilu na długości odcinka drogi, to druga charakterystyka /gęstość widmowa wariancji lub widmo energetyczne/ podaje obraz częstotliwości powtarzania się nierówności/ o przeważających w procesie losowym częstotliwościach/. Funkcja korelacyjna i gęstość widmowa stanowią względem siebie przekształcenie Fouriera. Oba wyrażenia zawierają jednakową informację o funkcji losowej, funkcja korelacyjna okazuje się wygodniejsza, na przykład wtedy, gdy chcemy wiedzieć czy funkcja losowa zawiera w sobie składową okresową. Gęstość widmowa ma częstotliwość, korzysta się więc z niej bezpośrednio w obliczeniach obciążeń motocykla, wywołanych przypadkowym mikroprofilem drogi.

Nierówności drogi stanowią podstawową przyczynę obciążeń motocykla. Pozostałe przyczyny odgrywają mniejszą rolę pod warunkiem, że motocykl jest sprawny i użytkowany zgodnie z przeznaczeniem.

3. Obciążenia na różnych rodzajach nawierzchni

Wpływ mikroprofilu drogi na naprężenia panujące w konstrukcji motocykla badano w punktach pokazanych na rysunku 4. Us-

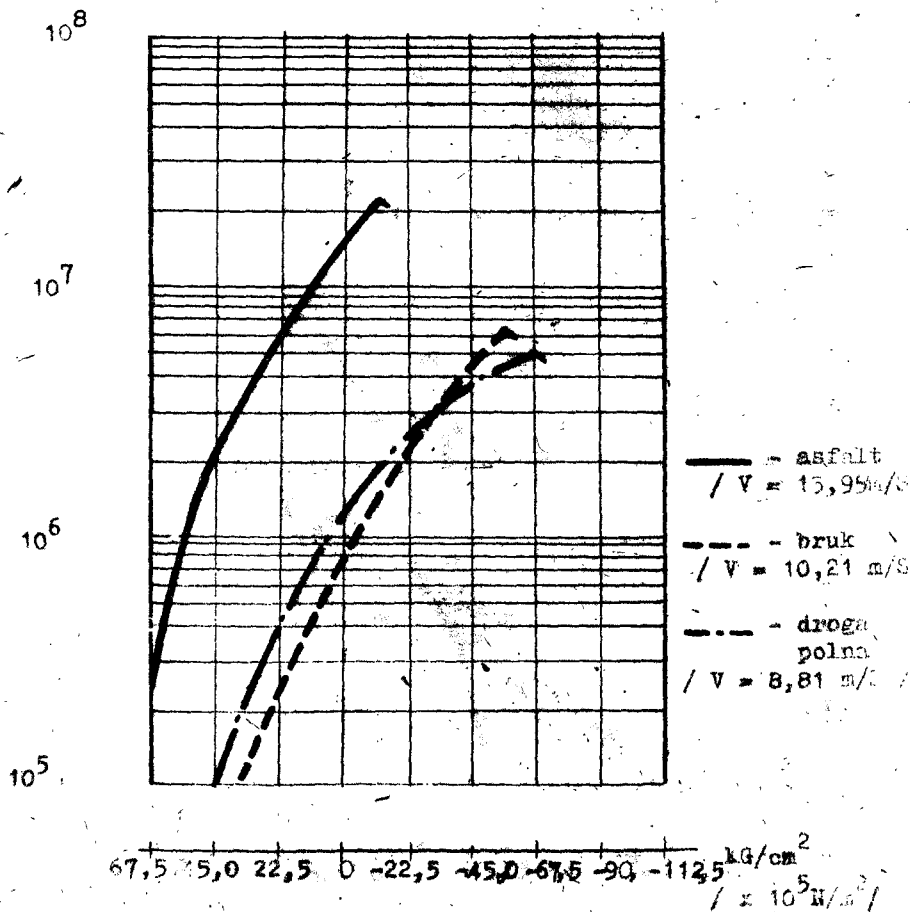
talone masy użytkownika, pasażera, bagażu i sposób przyspieszenia - hamowania z warunkami początkowymi i końcowymi dla różnych rodzajów nawierzchni dobrano na podstawie badań eksploatacyjnych [1,2,3].



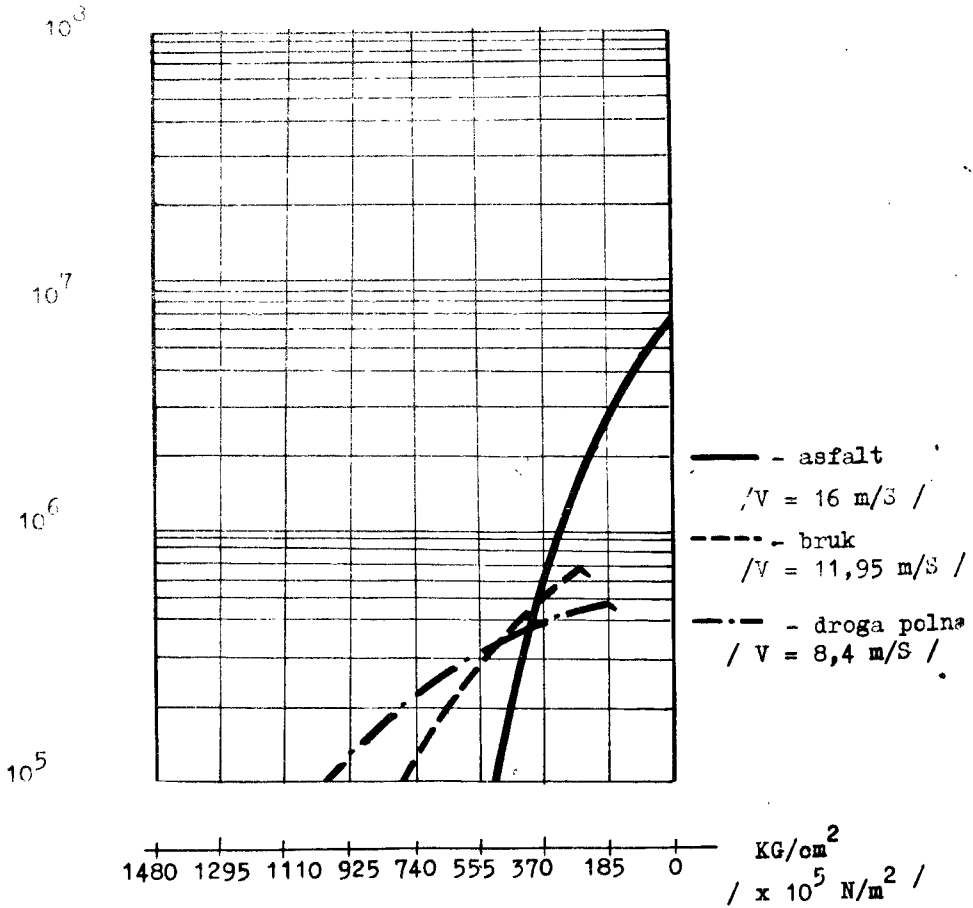
Rys.4. Rozmieszczenie przetworników na obiekcie badanym /T2 + T13 - numery kolejne przetworników/

Ciąg informacji /zapis na taśmie światłoczułej/ o obciążeniach opracowano metodą schematyzacji polegającą na zliczaniu ekstremów w przedziałach klasowych [1,6,10]. Dane z aproksymacji losowych przebiegów naprężeń, dla wybranych punktów pomiarowych, przedstawiono w tabelach 1, 2, 3.

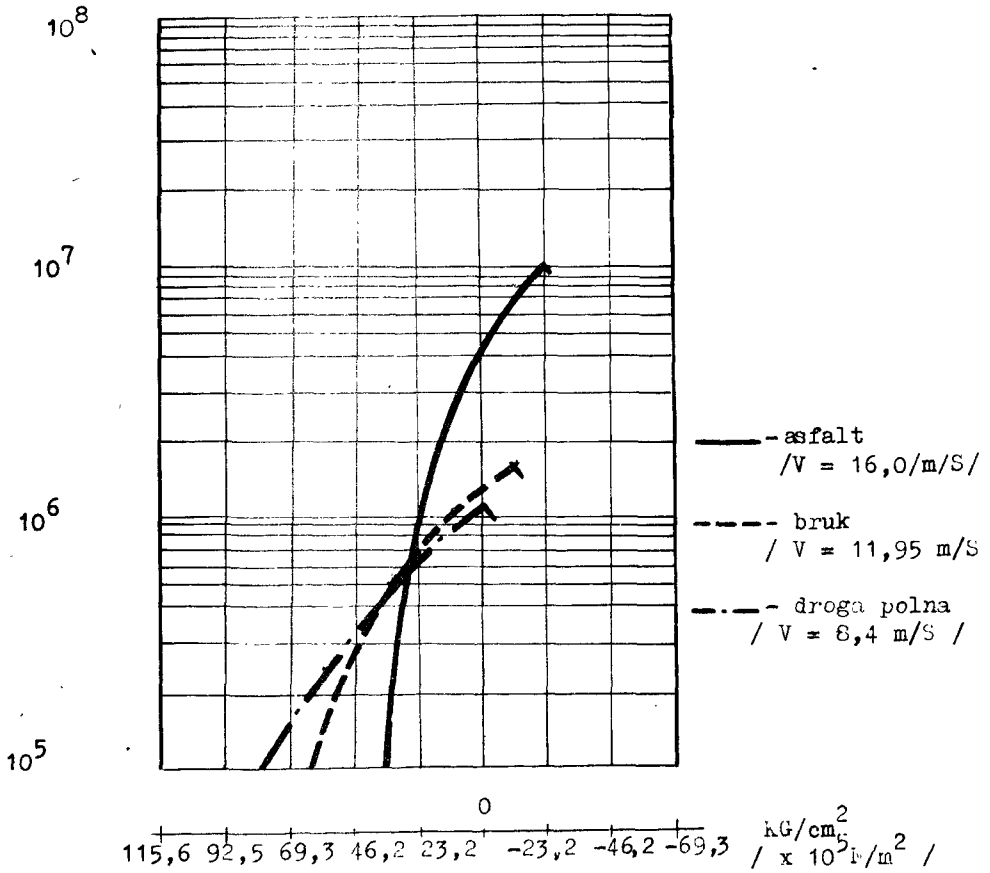
Widma obciążeń dla punktów opisanych w tabelach 1, 2, 3, podano odpowiednio na rysunkach 5, 6, 7 /widma obciążeń opracowano według zasad omówionych w pracy [10].



Rys. 5. Widmo obciążeń, punkt F.2



Rys. 6. Widmo obciążeń, punkt T 5



Rys. 7. Widmo obciążeń, punkt T 7

4. Zakończenie

Na podstawie przedstawionych charakterystyk istnieje możliwość orientowania się o czasie występowania poszczególnych obciążeń oraz możliwość opracowania charakterystyk obciążeniowych.

Daje to możliwość określenia wielkości obciążeń i częstości ich występowania na różnych nawierzchniach drogi.

Przedstawione wyniki, otrzymane z badań obciążeń w warunkach eksploatacyjnych, mogą one służyć do weryfikacji badań stanowiskowych, szczególnie stanu obciążeń w punktach pokazanych na rysunku 4.

Tabela 1

Zestawienie danych z aproksymacji losowych przebiegów naprężeń

Rodzaj pomiaru - eksploatacyjny

Rodzaj nawierzchni - asfalt, bruk, droga polna

Warunki pomiaru - jazda bez pasażera /80 kg/

- ruch ustalony

Punkt pomiarowy: T2

Klasa	Przedział klasowy $a_1 - b_1$ /Kg/ cm ²	a s f a l t				R A Z E M	b r u k		R A Z E M	d r o g a p o l n a				R A Z E M
		Nr odczytu z taśmy					Nr odczytu z taśmy			Nr odczytu z taśmy				
		3	4	21	22		1	2		5	6	7		
1	45,0 - 67,5			22 + 2	13	37	3		3	2		5	7	
2	22,5 - 45		9	67	24	100	1		1	24	7	14	45	
3	0 - 22,5	21	32	97	75	253	12	19	31	82	68	54	204	
4	0 - 22,5	56	79	125	103	335	33	51	84	79	71	73	223	
5	-22,5 - -45,0	134	92	89	79	394	45	84	129	78	67	86	231	
6	-45,0 - -67,5	83	95	27	49	254	105	92	198	57	59	121	237	
7	-67,5 - -90,0	131	86	3	9	229	88	67	155	21	33	57	121	
8	-90,0 - -112,5	34	9			43	73	56	129	3	6	34	43	
9	-112,5 - -135,0		3			3	34	16	50		2	14	16	
10	-135,0 - -157,5						11	4	15			6	6	
11	-157,5 - -180,0						7	2	9			0	0	
12	-180,0 - -202,5											1	1	
Ilość ekstremów Σ ni na rozpatryw. odcinku pomiar.		459	405	432	352	1648	413	391	804	346	313	475	1134	
Ilość obrotów koła Z _k		30	26	32	32	120	23	21	44	15	14	23	52	
Ilość obrotów silnika Z _s		226	198	241	241	906	265	242	507	178	167	255	610	
Czas /sek/		4,21	4,0	4,25	16,71	16,71	4,1	4,09	8,19	3,15	3,15	4,725	11,025	
Prędkość średnia V /m/s/		13	11,83	13,95	13,95	13,18	10,21	9,34	9,775	8,57	8,01	8,81	8,497	
Współczynnik przelicz. odniesiony do przebiegu, dla pierwszej naprawy głównej [P]			$\alpha_A = 9,72 \cdot 10^4$			$\alpha_B = 3,125 \cdot 10^4$						$\alpha_C = 1,32 \cdot 10^4$		

Zestawienia danych z aproksymacji losowych przebiegów naprężeń

Rodzaj pomiaru - eksploatacyjny
 Rodzaj nawierzchni - asfalt, bruk, droga polna
 warunki pomiaru - jazda z pasażerem /150 kg/
 ruch ustalony

Punkt pomiarowy: T5

Klasa	Przedział klasowy a_i, b_i /kg/cm ²	asfalt							bruk			droga polna			RAZEM			
		Nr odczytu z taśmy							RAZEM			RAZEM						
		11	12	13	18	29	20	8	9	10	14	15	16	17				
1	1295 - 1480							1						1		2	1	3
2	1110 - 1295							1		1				2		0	1	1
3	925 - 1110							2		0				2	1	1	0	3
4	740 - 925							2		2				4	1	1	4	3
5	555 - 740							2		6				19	1	4	6	5
6	370 - 555	1						10	1	3				38	11	9	13	12
7	185 - 370	10	11	13	19	23	21	17	23	11	11	21	19	51	21	25	10	75
8	0 - 185	39	61	37	32	20	32	222	9	4	4	8	4	21	27	22	24	12
9	0 - 185	34	51	22	34	17	33	191	20	24	12	24	12	56	23	23	22	11
10	-185 - 0	15	21	7	14	19	32	108	13	20	8	8	8	41	14	6	8	9
11	-370 - 555	2	1		2	4	9	9	8	4	4	12	1	12	1	4	4	10
12	-555 - 740				1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	3	1	5
13	-740 - 925								1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
14	-925 - 1110								1	1	1	1	1	1	1	1	1	2
Ilość ekstremów na rozpatrywany odcinek pomiarowym $\sum n_i$		101	145	80	99	82	126	634	73	122	56	251	102	85	113	75	376	
Ilość obrotów koła $\sum k$		20	24	18	29	23	22	136	16	27	13	36	18	13	19	12	62	
Ilość obrotów silnika $\sum s$		151	180	136	218	173	165	1013	120	203	76	421	207	150	218	138	713	
Czas /sek/		2,86	3,74	3,1	4,091	2,91	2,51	19,16	2,9	4,4	1,98	3,28	4,16	2,87	4,19	2,6	13,82	
Prędkość średnia /m/s/		12,73	11,7	10,581	13,2	14,18	16,0	13,115	10,4	11,17	11,95	11,17	7,0	8,27	8,24	8,4	8,2	
Współczynnik przeliczeniowy odniesiony do przebiegu dla pierwszej naprawy głównej [D]																		

$$\alpha_6 = 2,451 \cdot 10^4$$

$$\alpha_4 = 8,59 \cdot 10^4$$

$$\alpha_4 = 1,106 \cdot 10^4$$

Zestawienie danych z aproksymacji losowych przebiegów naprężeń

Typy pomiarowy: 77
 Rodzaj pomiaru - eksploatacyjny
 Rodzaj nawierzchni - asfalt, bruk, droga polna
 Warunki pomiaru - jazda z prędkością 100 km/h
 ruch ustaloną

Klasa	Prędkość klasowa $a_1 - b_1$ /km/cm ²	asfalt					bruk					droga polna				
		Nr odczytu z taśmy					Nr odczytu z taśmy					Nr odczytu z taśmy				
		11	12	13	18	19	20	RAZEM	8	9	10	14	15	16	17	
1	92,5 - 115,625										9+2	2	10+2	8	6	
2	63,375 - 92,5							5			35	15	13	16	19	
3	46,25 - 63,375	4	5	17			23	3	11	6	20	136	108	33	47	384
4	23,125 - 46,25	117	147	82	18	17	283	52	21	16	160	92	61	93	37	203
5	0 - 23,125	58	72	58	131	93	438	37	52	25	144	59	59	52	31	248
6	0 - 0,125	55	58	93	58	42	359	30	74	22	128	28	14	51	26	129
7	-23,125 - -46,25	32	34	7	102	29	281	26	52	11	89	4	5	19	15	34
8	-46,25 - -69,375	1		1	52	41	127	9	29	6	44	1	2	5	12	20
9	-69,375 - -92,5				2	1	15		6	1	7			2	1	6
10	-92,5 - -115,625								1		1				1	1
11	-115,625 - -138,75															
12	-138,75 - -161,875															
13	-161,875 - -185															
Liczba okretów na przebiegu		267	305	349	363	416	1626	158	353	87	598	373	276	334	147	1190
Liczba obrotów koła ZK		20	24	12	29	23	130	16	27	13	30	10	13	10	12	52
Liczba obrotów silnika Zs		151	190	136	219	173	1013	120	203	98	421	207	150	218	148	713
Prędkość /sek/		3,86	3,71	3,1	4,04	4,31	4,51	2,9	4,4	1,98	3,28	4,16	2,87	4,15	2,6	13,62
Prędkość średnia V /m/s/		12,73	11,7	10,58	13,2	14,46	15,0	10,4	11,17	11,05	11,17	7,9	8,27	8,24	8,4	8,2
Prędkość przeliczeniowa składowa do przebiegu dla średniej naprawy słownej		$\alpha_A = 8,58 \cdot 10^4$ $\alpha_B = 2,431 \cdot 10^4$ $\alpha_C = 1,105 \cdot 10^4$														

Literatura

1. Dwiliński L. i in.: Metodyka badania niezawodności maszyn rolniczych. Materiały na Szkołę Zimową 73. Jaszowiec 1973.
2. Jazdon A.: Badania niezawodności pojazdów jednośladowych na przykładzie motorowerów. Politechnika Poznańska 1975.
3. Jazdon A., Wośko Z.: Sprawozdanie z przyspieszonych eksploatacyjnych badań niezawodności motocykli WSK-125 typ M 06 B 3.
4. Parchiłowiskij I.G.: Issledowanie wieroiatnostnykh charakteristik powierchnosti rasprostranennykh tipow dorog. Avtomobilnaia promyszlenost nr 8, 1968.
5. Pewzner I.M.: Raszchet kolebanii awtomobilia pri razlicznykh statisticheskikh charakteristikach doroznowo mikroprofilu. NAMI, 1966.
6. Przygórzewski S. i in.: Metody opracowania widm obciążeń. PIMR, 1970.
7. Rotenberg R.W.: Zawieszenie samochodu WK i Ł. Warszawa 1974
8. Swesznikow A.A.: Prikladnyje metody teorii słuszainykh funkcii. Nauka, Moskwa 1968
9. Wenzel E.S.: Teoria wieroiatnosti. Fizmatgiz, 1962.
10. Wiatr H., Krawczyński J.: Metody opracowania widm obciążeń elementów i zespołów maszyn rolniczych. PIMR, Poznań 1969

THE EFFECT OF ROAD SURFACE IRREGULARITY ON LOADINGS
IN THE CHOSEN POINTS OF THE WSK M 06 B3 MOTOR-
CYCLE

Summary

The article presents of road surface microprofile parameters as regards loads occurring in normal service conditions of motor-cycles.

There have been listed load curves of the chosen points in the WSK M 06 B3 motor-cycle for different types of road surface.

ВЛИЯНИЕ НЕРОВНОЙ ПОВЕРХНОСТИ НА НАГРУЗКУ
В ВЫБРАННЫХ ПУНКТАХ МОТОЦИКЛА WSK ТИПА
М 06 В 3

Резюме

В статье представлены параметры микропрофиля дорог в аспекте нагрузок выступающих в нормальных условиях эксплуатации мотовелосипедов и мотоциклов.

Даны характеристики нагрузок выбранных пунктов конструкции мотоцикла WSK типа М 06 В 3 для разного типа поверхности.

Andrzej Jazdon
Irena Urbanowicz

METODY ZBIERANIA I PRZETWARZANIA DANYCH W EKSPLOATACYJNYCH BADANIACH NIEZAWODNOŚCI POJAZDÓW JEDNOŚLADOWYCH

Szczególne rola i znaczenie badań eksploatacyjnych w ogólnym systemie badań niezawodności obiektów technicznych wymaga, aby z badań tych uzyskać maksimum podstawowych informacji dotyczących warunków eksploatacji oraz występujących w tych warunkach uszkodzeń badanych obiektów. Wymaganie to stwarza z kolei potrzebę rejestrowania, a następnie opracowania dużej liczby danych z tych badań. W tym stanie rzeczy bardzo istotnym zagadnieniem staje się opracowanie metod zbierania i przetwarzania danych z eksploatacyjnych badań niezawodności obiektów technicznych.

W artykule przedstawiono różne metody zbierania i przetwarzania danych, stosowane w eksploatacyjnych badaniach niezawodności pojazdów jednośladowych.

1. Wstęp

Dobór metod badań niezawodności na poszczególnych etapach życia obiektu zależy od cech obiektu, sposobu jego wykorzystania, warunków eksploatacji, wymagań odnośnie stopnia szczegó-

wości wyników badań itp.

Badania niezawodności pojazdów w eksploatacji dostarczają szeregu podstawowych danych dotyczących warunków eksploatacji oraz występujących w tych warunkach uszkodzeń. Szczególna rola oraz wysokie na ogół koszty eksploatacyjnych badań niezawodności, a także długi okres ich trwania wymagają, aby z badań tych uzyskać maksimum informacji. Wymaganie to stwarza z kolei potrzebę rejestrowania, a następnie przetwarzania ogromnej liczby danych. Na przykład podczas dwuletnich badań niezawodności motocykli zebrano około 120.000 danych z badań eksploatacyjnych oraz około 45.000 danych z badań ankietowych.

W tym stanie rzeczy bardzo istotnymi elementami metod eksploatacyjnych badań niezawodności stają się zagadnienia zbierania i przetwarzania danych. W toku wieloletnich badań niezawodności pojazdów jednośladowych stosowano różne metody i techniki rejestrowania i przetwarzania danych. W opracowniu przedstawiono te metody oraz dokonano oceny ich przydatności.

2. Metody zbierania i rejestrowania danych z badań

W początkowym okresie badań niezawodności pojazdów jednośladowych /lata 1970-1972/, podstawowymi nośnikami informacji były: karta pracy pojazdu oraz karta uszkodzeń i napraw. Formularze tych kart wraz z instrukcją ich wypełniania, a także z warunkami użytkowania i obsługiwanego pojazdów podczas badań

oraz drukami atestów uszkodzonych elementów, łączono w jedną całość w postaci "Książki rejestracji pracy, uszkodzeń, przestojów i napraw pojazdów".

Użytkownicy badanych pojazdów zobowiązani byli do wypełniania na bieżąco kart pracy pojazdu. Kartę uszkodzeń i napraw wypełniano każdorazowo po usunięciu uszkodzenia.

Uzupełnieniem danych rejestrowanych w kartach pracy i uszkodzeń pojazdu były:

- wyniki pomiarów wielkości charakteryzujących przebieg zużycia wytypowanych elementów, które rejestrowano w kartach pomiarów;
- sprawozdania z ocen stanu technicznego pojazdu, które przeprowadzano na zakończenie każdego roku badań;
- wyniki z pomiarów specjalnych.

Przed przystąpieniem do opracowywania danych z badań sprawdzano je pod względem formalnym i merytorycznym. W celu otrzymania wiarygodnych i kompletnych danych z badań stosowano dwustopniową kontrolę zapisów, która obejmowała:

- a/ kontrolę bieżącą, prowadzoną w formie wrywkowych, przeprowadzanych jednakże co najmniej raz w tygodniu spotkań z użytkownikami badanych pojazdów;

b/ kontrolę ostateczną, przeprowadzaną na etapie opracowywania "zbiorczych kart informacyjnych". Kontrolę tę umożliwił specjalnie zorganizowany system wymiany uszkodzonych w toku badań elementów pojazdów.

Sprowadzone w powyższy sposób dane z badań eksploatacyjnych nanoszono na "zbiorcze karty informacyjne", które stanowiły jedyny materiał źródłowy do dalszych opracowań.

Przedstawiona metoda zbierania danych z eksploatacyjnych badań niezawodności rowerów i motorowerów charakteryzowała się wieloma wadami, z których najistotniejsze to:

- niejednorodność zapisu /to samo zdarzenie mogło być różnie opisane przez różnych użytkowników badanych pojazdów/;
- stosunkowo długi okres czasu niezbędny do zarejestrowania danych;
- uciążliwa dla użytkowników forma rejestracji;
- utrudniona kontrola zarejestrowanych danych;
- mały stopień przystosowania kart rejestracji do maszynowego przetwarzania danych.

Powyższe wady spowodowały, że w eksploatacyjnych badaniach niezawodności motocykli jako podstawowy nośnik informacji przyjęto kodowaną kartę rejestracji pracy, uszkodzeń, przestojów i napraw motocykla /rys.2/.

01	1024-6	Karta rejestracji pracy	17 1024-6
02	1024-6	Karta rejestracji pojazdów i napraw motocykla	.....
03	1024-6	.....	.....
04	1024-6	.....	.....
05	1024-6	.....	.....
06	1024-6	.....	.....
07	1024-6	.....	.....
08	1024-6	.....	.....
09	1024-6	.....	.....
10	1024-6	.....	.....
11	1024-6	.....	.....
12	1024-6	.....	.....
13	1024-6	.....	.....
14	1024-6	.....	.....
15	1024-6	.....	.....
16	1024-6	.....	.....

17	1024-6	.....	.....
18	1024-6	.....	.....
19	1024-6	.....	.....
20	1024-6	.....	.....
21	1024-6	.....	.....
22	1024-6	.....	.....
23	1024-6	.....	.....
24	1024-6	.....	.....
25	1024-6	.....	.....
26	1024-6	.....	.....
27	1024-6	.....	.....
28	1024-6	.....	.....
29	1024-6	.....	.....
30	1024-6	.....	.....
31	1024-6	.....	.....
32	1024-6	.....	.....
33	1024-6	.....	.....
34	1024-6	.....	.....
35	1024-6	.....	.....
36	1024-6	.....	.....
37	1024-6	.....	.....
38	1024-6	.....	.....
39	1024-6	.....	.....
40	1024-6	.....	.....
41	1024-6	.....	.....
42	1024-6	.....	.....
43	1024-6	.....	.....
44	1024-6	.....	.....
45	1024-6	.....	.....
46	1024-6	.....	.....
47	1024-6	.....	.....
48	1024-6	.....	.....
49	1024-6	.....	.....
50	1024-6	.....	.....

Rys.2. Kodowana "Karta rejestracji pracy, uszkodzeń przestojów i napraw motocykla"

Dane rejestrowane na przedstawionej karcie rejestracji można w postaci kodu liczbowego przenosić na maszynowe nośniki informacji /taśmy lub karty perforowane/. Na karcie tej wyodrębnić można następujące grupy informacji:

- a/ umożliwiające identyfikację pojazdu, a także uszkodzonych zespołów i elementów /poz. 01, 02, 15, 31 i 34/;
- b/ dotyczące wykonanej przez pojazd pracy oraz warunków eksploatacji /poz. 03-14/;
- c/ opisujące ilościowy oraz jakościowy charakter występujących uszkodzeń /poz. 16-19, 21,22/;
- d/ dotyczące sposobu usunięcia uszkodzenia oraz czasu naprawy i jego składowych, a także kosztów ponoszonych z tytułu usunięcia uszkodzenia /poz. 20, 24-29/.

Przedstawiona karta charakteryzuje się następującymi zaletami:

- duża pojemność;
- czytelność i jednorodność zapisu, co znacznie ułatwia kontrolę poprawności rejestrowania danych;
- prostota i łatwość zapisu;
- krótki okres potrzebny na zarejestrowanie danych;
- duży stopień przystosowania karty do maszynowego przetwarzania

nia zarejestrowanych na niej danych.

Na karcie rejestracji nanoszono dane dotyczące jednego dnia eksploatacji oraz dane dotyczące jednego uszkodzenia. W przypadku, gdy w ciągu jednego dnia eksploatacji wystąpiło więcej niż jedno uszkodzenie, wypełniano drugą i następną kartę, lecz na nich nie rejestrowano już danych dotyczących wykonanej przez pojazd pracy oraz warunków, w jakich praca ta była wykonywana.

System przetwarzania danych z tych kart przedstawiono w następnym punkcie artykułu.

Jak zaznaczono na wstępie, eksploatacyjne badania niezawodności są na ogół długotrwałe i kosztowne. Celowym jest czasem skorzystanie z mniej dokładnych badań, które przeprowadzić można w sposób szybki i tani. W prowadzonych badaniach niezawodności pojazdów jednośladowych wykazano dużą przydatność badań ankietowych. W badaniach tych można było objąć w bardzo krótkim czasie liczną grupę pojazdów eksploatowanych przez różnorodnych użytkowników rozmieszczonych na terenie całego kraju. Dane z tych badań rejestrowano na specjalnie przygotowanych formularzach ankietowych. Początkowo stosowanoankiety, które przedstawiono na rysunku 3. Były one wypełniane przez specjalnie przeszkolonych ankietów. Na formularze ankiet nanoszono dane uzyskiwane od losowo wytypowanych respondentów, użytkowników motorowerów. Badania ankietowe umoż-

E. OBSŁUGA TECHNICZNA I NAPRAWY:

1. Czy użytkownik korzysta z „Instrukcji obsługi” motoroweru: a) tak, b) nie
2. Czy jest ona opracowana wyczerpująco: a) tak, b) nie
3. Czy naprawy wykonywał: a) użytkownik, b) Stacja obsługi TOS, c) mechanik
4. Czy zapatrzenie w części zamienne jest: a) dobre, b) dostateczne, c) złe.

F. USZKODZENIA:

Które z niżej wymienionych elementów uległy uszkodzeniu i przy jakim przyczyni:
Uwaga: gdy któryś z elementów uległ kilku rażą uszkodzeniu, wymienić kolejne chwile uszkodzeń
wyrazone przebiegiem (km).

1. Zespół napędowy:

- a) układ korbowo-łokowy
- b) sprzęgło
- c) skrzynka biegów
- d) koło łańcuchowe złańcuch
- e) cewka zapłonowa
- f) kondensator
- g) cewka świetlna
- h) przerywacz
- i) końcówka kątowa (fałka)
- j) świeca zapłonowa
- k) gaźnik
- l) inne (wymienić jakie)

2. Rama:

- a) wahacz tylny
- b) lewa osłona skrzynki narzędziowej
- c) prawa osłona skrzynki narzędziowej
- d) wspornik rury wydechowej
- e) opór podpórki
- f) inne (wymienić jakie)

3. Widok:

- a) wahacz przedni
- b) sprężyna
- c) zderzak gumowy
- d) amortyzator gumowy

4. Kluczniki:

- a) linka sprzęgła
- b) linka hamulca przedniego
- c) linka zmiany biegów
- d) linka przyspieszenia
- e) tulejka korpusu rączki przyspieszenia
- f) wkłady ustalające
- g) inne (wymienić jakie)

5. Kabo prowadzą:

- a) szczeka hamulca kpl.
- b) sprężyna
- c) stożki osi
- d) opona
- e) inne (wymienić jakie)

6. Koło tyłne:

- a) szczeka hamulca kpl.
- b) sprężyna
- c) stożki osi
- d) opona
- e) koło łańcuchowe
- f) łańcuch kompletny
- g) drążek hamulca
- h) inne (wymienić jakie)

7. Zbiornik paliwa:

- a) uchwyty dolny zbiornika
- b) osadnik paliwa
- c) przewód paliwa
- d) pokręćło kranu paliwa

8. Rura wydechowa z tłumikiem:

- a) tłumik kompletny
- b) rura wydechowa
- c) uszczelka rury wydechowej

9. Różne:

- a) pedały kompletne
- b) siódło kompletne
- c) żarówka reflektorowa
- d) żarówka oświetlenia tylnego
- e) szybkościomierz z licznikiem
- f) inne nie wymienione

liwiły zebranie danych potrzebnych do wyznaczenia przybliżo -
nych wartości takich charakterystyk, jak średni przebieg między
uszkodzeniami pojazdów, prawdopodobieństwo poprawnej pracy czy
też częstość uszkodzeń elementów pojazdów. Ponadto dane z ba -
dań ankietowych pozwoliły na ocenę rzeczywistych warunków eks -
ploatacji motorowerów w Polsce.

W celu usprawnienia samego procesu ankietowania, przy jed-
noczesnym powiększeniu zakresu zbieranych danych, a także w ce-
lu skrócenia czasu przetwarzania danych z ankiet, udoskonalono
formę arkuszy ankietowych /rys.4/. Podobnie jak w przedstawi-
onych uprzednio kartach rejestracji, dane zarejestrowane na ko -
dowych arkuszach ankietowych przenoszono w postaci kodu liczbo-
wego bezpośrednio na maszynowe nośniki informacji. W celu ma -
szynowego przetwarzania danych z eksploatacyjnych badań nieza -
wodności opracowano szereg programów obliczeń na maszynie cyfro -
wą, które scharakteryzowano w następnym punkcie.

3. Metody przetwarzania danych z eksploatacyjnych badań nieza - wodności pojazdów jednośladowych

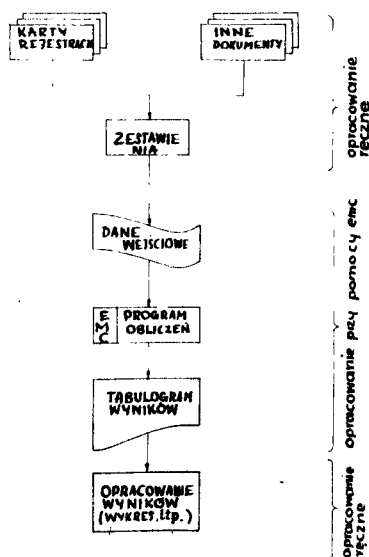
Opracowanie dużej liczby danych z eksploatacyjnych badań
niezawodności przy zastosowaniu konwencjonalnych metod oblicze-
niowych jest bardzo pracochłonne, a niekiedy nawet wręcz nie -
możliwe do przeprowadzenia. Długi okres opracowywania danych

WARUNKI EKSPLOATACJI							
21	Udział dróg o wymienionych rodzajach na isorzchni	asfaltowe	1.0-10	2.11-20	3.21-30	4.31-40	5.41-50
		bitumiczne	6.51-60	7.61-70	8.71-80	9.81-90	10.91-100
22		brukowane asfaltowane	1.0-10	2.11-20	3.21-30	4.31-40	5.41-50
			6.51-60	7.61-70	8.71-80	9.81-90	10.91-100
23		gruntowe	1.0-10	2.11-20	3.21-30	4.31-40	5.41-50
			6.51-60	7.61-70	8.71-80	9.81-90	10.91-100
24	Dominująca rzeźba terenu		1. Płaski nizinny		2. Górzysty		
25	Zegęszczenie terenu	Jazda po ter.zabud	1.0-20	2.21-40	3.41-60	4.61-80	5.81-100
		Jazda po ter.niez.	1.0-20	2.21-40	3.41-60	4.61-80	5.91-100
OBŚLUGA TECHNICZNA							
26	Naprawy wykon.	1. Użytkownik		2. Stacja obsługi		3. Mechnik u użytkownika	
27	Zocpatnienie w części zamienne	1. B.dobre		2. Dobrze		3. Dostat.	
28	Odległość do Stacji Obsługi	1. 1-5		2. 6-10		3. 11-15	
		5. 21-25		6. 26-30		7. 31-35	
29	Użytk.korzysta z instr.	1.Często		2.Rzadko		3.Nie korzysta	
		1.B.dobrze		2.Dobrze		3.Dostat.	
30	Instr.ob.opracow.	1.B.dobrze		2.Dobrze		3.Dostat.	
31	Wyp.poj.w narz.	1.B.dobrze		2.Dobrze		3.Dostat.	
USZKODZENIA wymieni ć nazwę, rodzaj, oraz ilość uszkodzenia elementów. Każdy element wpisać w oddzielny wiersz							
32	Nr kodu	Nazwa elementu		Rodzaj uszkodz.		Ilość uszk.	
UWAGI UŻYTKOWNIKA dotyczące poprawy jakości elem.pojazdu w jednym wierszu wpisać uwagę dotyczącą elementu.							
33							
34	Średnie zużycie paliwa 1/100 km						

Rys.4. Kodowany formularz ankiety

może także niweczyć wysiłek włożony w sprawne przygotowanie i przeprowadzenie badań. Dlatego też od samego początku prowadzonych badań niezawodności pojazdów jednośladowych dążono do skrócenia czasu opracowywania danych poprzez stosowanie elektronicznej techniki obliczeniowej.

Stosowane w pierwszym okresie badań eksploatacyjnych karty rejestracji pracy oraz karty uszkodzeń i napraw pojazdu, a także stosowane pierwotnie formularze ankiet /rys.3/ nie stwarzały dużych możliwości przetwarzania danych z badań na EMC. Podstawą przystąpienia do statystycznego opracowania danych na EMC było wstępne ich uporządkowanie i naniesienie na Zbiorczą Kartę Informacyjną. Zestawienie to stanowiło dane wyjściowe do obliczeń na EMC /rys.5/. Dla potrzeb przetwarzania danych z badań niezawodności

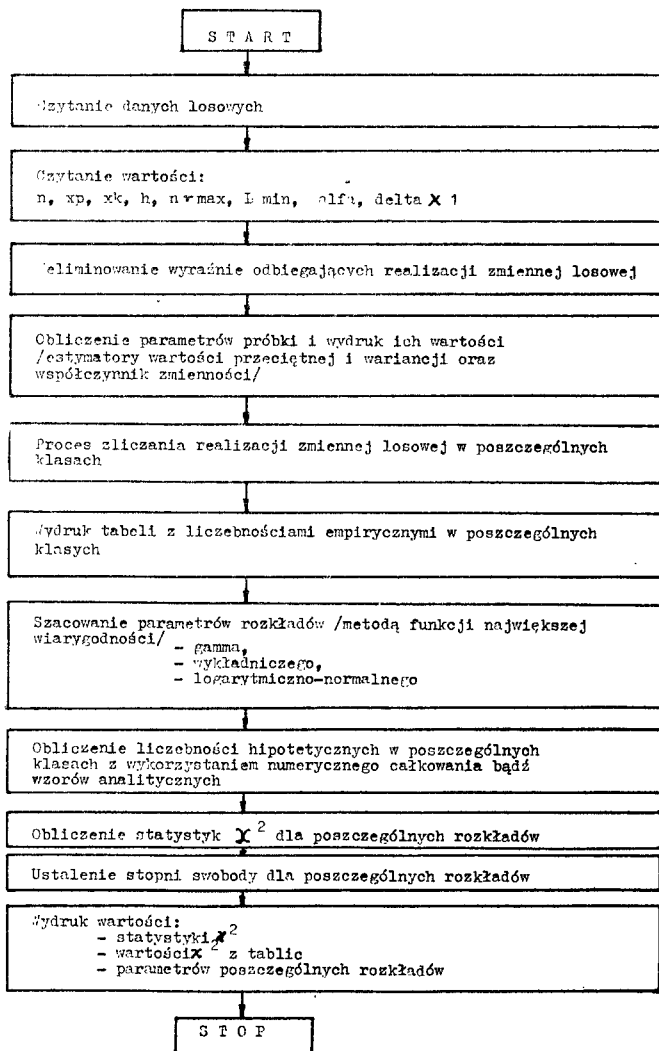


Rys.5. Schemat blokowy przetwarzania danych z nie kodowanych kart rejestracji oraz ankiet

wodności pojazdów jednośladowych opracowano szereg programów ,
jak np.:

- program weryfikacji hipotez statystycznych /program "Werhis - ta"/, którego schemat opisowy przedstawiono na rysunku 6;
- programy tabelaryzujące funkcję $f(x)$, $F(x)$, $P(x)$ oraz $I(x)$ dla takich rozkładów teoretycznych, jak normalny, wykładniczy, logarytmiczno-normalny, gamma;
- program oceny jednorodności danych statystycznych metodami nieparametrycznymi przy zastosowaniu testów Smirnowa oraz Wilcoxon - Manna - Whitney;
- program statystycznego opracowania danych otrzymanych ze schematyzacji eksploatacyjnych widm obciążeń zarejestrowanych w formie oscylogramu.

Stosowane w drugim okresie badań "Karty rejestracji pracy, uszkodzeń, przestojów i napraw motocykla" były lepiej przystosowane do obliczeń na elektronicznych maszynach cyfrowych. Dane zarejestrowane w tych kartach były bezpośrednio przenoszone na taśmę perforowaną i stanowiły dane wyjściowe do obliczeń na maszynie cyfrowej. Ze względu na dużą ich ilość oraz konieczność wykonania szeregu różnorodnych opracowań napisano pakiet programów pt. "Badania niezawodności motocykli". Wszystkie programy pakietu korzystają z danych wejściowych, lub z danych otrzymanych na ich podstawie i zapisanych w pamięci zewnętrznej EMC.



Schemat opisowy programu

Oznaczenia w programie:

- | | | |
|----------------------|---|---|
| n | - | liczność próbek |
| xp | } | wartość początkowa i końcowa przedziału, w którym interesuje nas rozkład empiryczny zmiennej losowej, |
| xk | | |
| h | - | szerokość przedziału klasowego, |
| nymax | - | ilość klas |
| lmin | - | najmniejsza dopuszczalna liczebność w klasie |
| alfa | - | poziom istotności przy którym weryfikowano hipotezę |
| delta x ₁ | - | krok całkowania /wartość potrzebna przy numerycznym całkowaniu funkcji gęstości/. |

Rys.6. Schemat opisowy programu "Werhista"

W skład pakietu wchodzi 12 następujących programów:

- program "Kontrola danych" służący do sprawdzania formalnej poprawności danych wejściowych wyperforowanych na taśmie papierowej;
- program "Wczytywanie danych" służący do wprowadzenia danych wejściowych do pamięci zewnętrznej EMC, w taki sposób, jak wymagają tego następane programy;
- program segmentowany "Segment" składający się z 5 segmentów taśmowych "Segment 1", ..., "Segment 5". Każdy z tych segmentów wykonuje opracowania danych dotyczących pewnych grup informacji;

"Segment 1" obejmuje opracowanie danych o przebiegach dziennych i całkowitych po różnych rodzajach dróg oraz o czasie trwania codziennego przeglądu technicznego,

"Segment 2" obejmuje opracowanie danych dotyczących średnich obciążeń zasadniczych, z pasażerem i bagażem,

"Segment 3" wykonuje opracowania dotyczące jazdy po terenach zabudowanych i niezabudowanych, w różnych warunkach klimatycznych, w dzień, w nocy itp.

"Segment 4" wykonuje zestawienia ilości i procentowych udziałów uszkodzeń zespołów motocykli, postaci uszkodzeń, przyczyn uszkodzeń, /pośrednich i pierwotnych/ oraz sposobów ich

wykrywania i usuwania.

"Segment 5" obejmuje obliczenia dotyczące kosztów średnich i całkowitych eksploatacji, kosztów uszkodzeń, typu niezdatności i awarii;

- program "Wczytywanie i wydruk danych o uszkodzeniach motocykli" służy do przekształcenia danych wejściowych w taki sposób, jak wysugają tego następujące programy;

- program "Element" obejmuje obliczenia dotyczące wartości czasu odnowy i jego składowych oraz kosztów średnich i całkowitych robocizny i eksploatacji;

- program "Uszkodzenia" wykonuje obliczenia tak jak program "Element" dla uszkodzeń nie usuwanych drogą wymiany;

- program "Wydruk chwil uszkodzeń motocykla" drukuje stany liczników w momentach pojawienia się uszkodzeń oraz przebiegi między kolejnymi uszkodzeniami elementów;

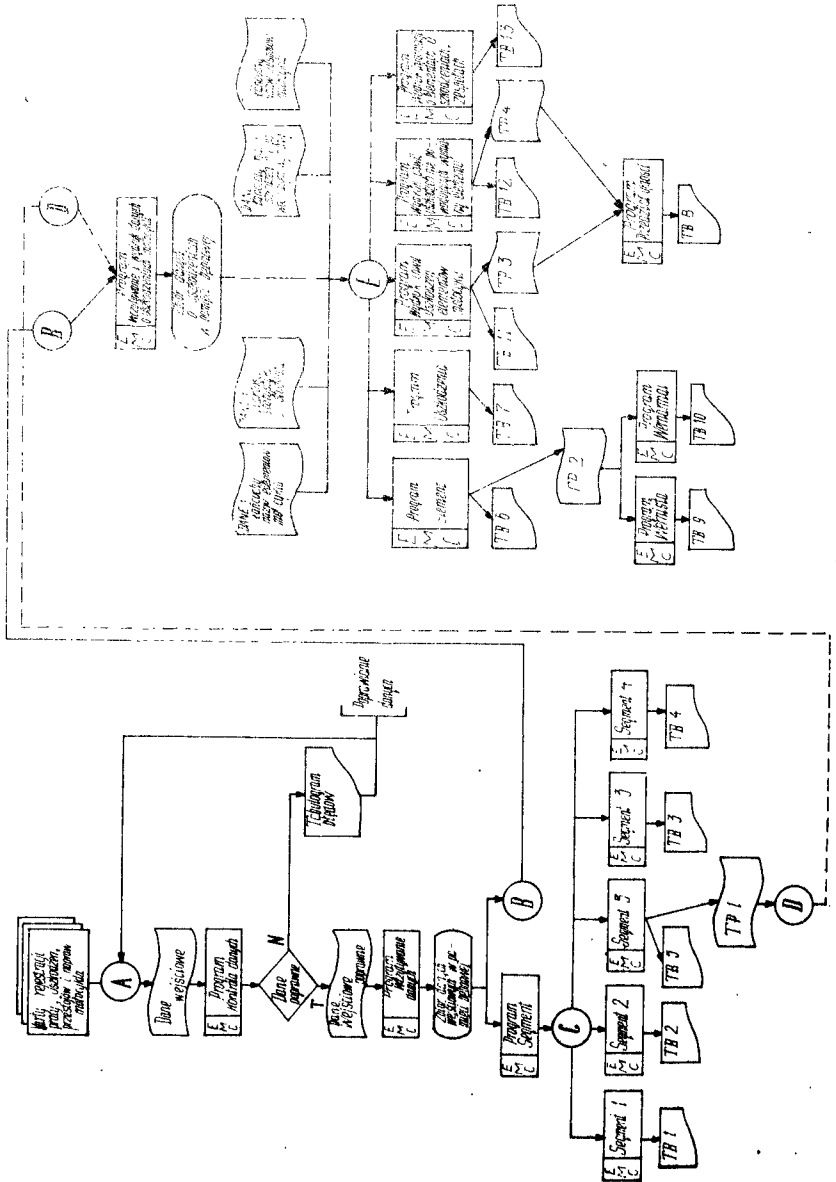
- program "Wydruk chwil uszkodzeń nie powodujących wymiany elementów" wykonuje czynności analogiczne dla uszkodzeń nie usuwanych drogą wymiany;

- program "Wydruk informacji o elementach, uszkodzenia, zespołach motocykla" wykonuje obliczenia wskaźników techniczno-eksploatacyjnych i niezawodnościowych;

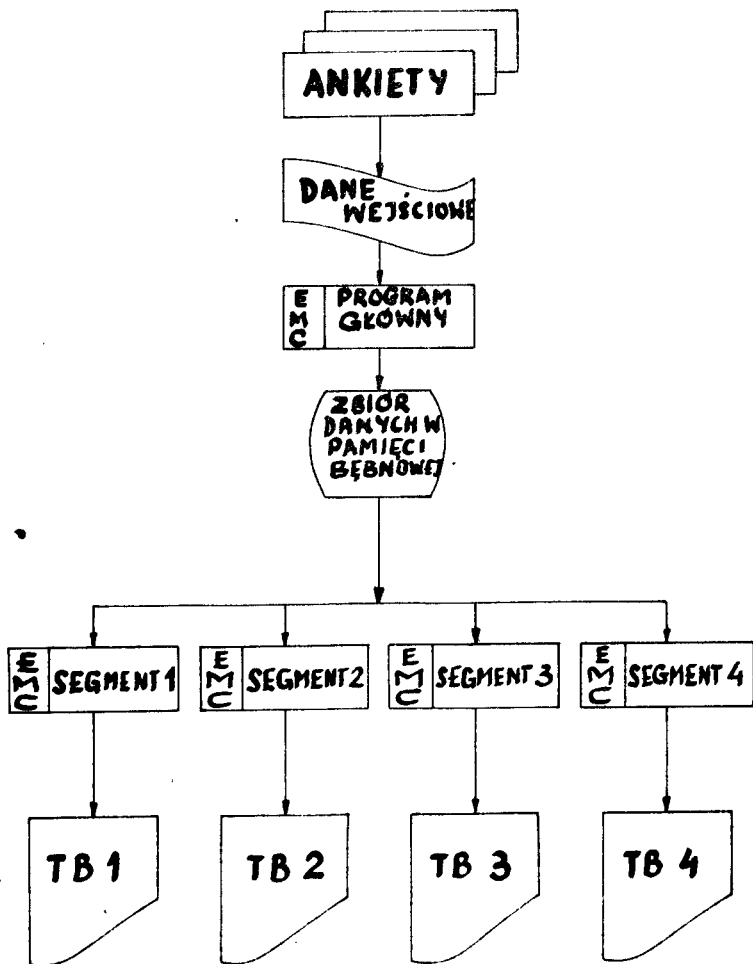
- program "Przedział ufności" obejmuje obliczenia średnich trwałości, odchyłeń standardowych, współczynników ekscesu i asymetrii;
- program "Werhista i Wernornormal" służy do weryfikacji hipotezy statystycznej o typie rozkładu zmiennej losowej /L-przebieg pomiędzy uszkodzeniami, T_{ot} - czas odnowy, C - koszt eksploatacji itd./. Program "Werhista" służy do weryfikacji hipotezy o rozkładzie typu gamma, logarytmo-normalnym i wykładniczym, a "Wernornormal" - normalnym.

Schemat przetwarzania informacji z badań niezawodności motocykli za pomocą omówionych wyżej programów przedstawiono na rysunku 7.

W opracowaniu wyników badań ankietowych wykorzystano program składający się z czterech sekwencji. Przebieg procesu przetwarzania danych za pomocą tego programu /rys.8/ jest zbliżony do przedstawionego wcześniej przebiegu obliczeń dla danych z kodowanych kart niesprawności.



Rys.7. Schemat opisowy programu "Werhista"



Rys.8. Schemat blokowy przetwarzania danych z ankiet

4. Zakończenie

W artykule przedstawione zostały metody zbierania i przetwarzania danych stosowane w badaniach niezawodności pojazdów jednośladowych. Zdobyte w tym zakresie doświadczenie pozwala na sformułowanie następujących wniosków.

1. Opracowanie dużej liczby danych uzyskiwanych z eksploatacyjnych badań niezawodności obiektów technicznych przy zastosowaniu konwencjonalnych metod obliczeniowych jest bardzo pracochłonne, a niekiedy nawet wręcz niemożliwe do przeprowadzenia. Długi okres opracowywania danych może zniweczyć wysiłek włożony w sprawne przygotowanie i przeprowadzenie badań oraz uniemożliwić efektywne wykorzystanie wyników badań.
2. W przypadku, gdy przeprowadzane są jednostkowe badania niewielkiej liczby obiektów technicznych, celowym jest korzystanie z prostych form rejestracji przy jednoczesnym wykorzystaniu typowych programów obliczeń, wchodzących w skład biblioteki programów.
3. W przypadku prowadzenia badań ciągłych dla dużej liczby obiektów technicznych niezbędnym staje się opracowanie takich form rejestracji, które w maksymalnym stopniu przystosowane byłyby do maszynowego przetwarzania danych. Występuje wówczas potrzeba opracowania odrębnych, oryginalnych pakie-

KILO TUNE T14

ILOSC USZKODZEN NR KOPU 11
 ILOSC WYMIAN 102 POZOSTALE 271
 CZESTOSC USZKODZEN 0,25494

TRWALOSC SREDNIA 623,43 GDCH. STAND. 663,65
 PRZEDZIAL UZNOSCII (555,09 , 690,87)

WARTOSCI SR. SKLADOWYCH CZASU ODNOWY
 TLF= 1,5 TDF= 6,3 TNE= 7,7 TPE= 1,5

UDZIALY PROC. SKLADOWYCH CZASU ODNOWY
 TLI= 3,67% TDI= 37,28% TNI= 45,41% TPI= 8,64%

SR. CZAS ODNOWY 14,95 GDCH. STAND. 20,32
 PRZEDZIAL UZNOSCII (14,88 , 19,01)

KOSZT ELEMENTOW 4093,20 KOSZT ROBOCIZNY 3465,30
 SR. KOSZT ELEMENTOW 26,52 SR. KOSZT RAZEM 33,81

SR. KOSZT ROBOCIZNY 9,29 GDCH. STAND. 10,40
 PRZEDZIAL UZNOSCII (8,22 , 10,36)

UDZIALY ILOSCOWE I PROCENTOWE:

1. POSTACI USZKODZEN

NR	ILOSC	PROCENT	NR	ILOSC	PROCENT	NR	ILOSC	PROCENT
1	38	10,19	7	25	6,70	3	2	,54
4	165	44,24	5	1	,27	6	114	30,56
7	12	3,22	8	0	,00	9	13	3,49
10	0	,00	11	3	,80			

2. BEZPOŚREDNIE PRZYCZYNY USZKODZEN

NR	ILOSC	PROCENT	NR	ILOSC	PROCENT	NR	ILOSC	PROCENT
1	16	4,29	2	106	28,42	3	197	52,82
4	6	1,61	5	1	,27	6	0	,00
7	47	12,60						

3. PIERWOTNE PRZYCZYNY USZKODZEN

NR	ILOSC	PROCENT	NR	ILOSC	PROCENT	NR	ILOSC	PROCENT
1	6	1,61	2	209	56,03	3	78	20,91
4	36	9,65	5	29	7,77	6	15	4,02

4. SPOSOBY USUWANIA USZKODZEN

NR	ILOSC	PROCENT	NR	ILOSC	PROCENT	NR	ILOSC	PROCENT
1	101	27,08	2	10	2,68	3	256	68,63
4	2	,54	5	2	,54	6	2	,54

5. NASTĘPSTWA USZKODZEN

NR	ILOSC	PROCENT	NR	ILOSC	PROCENT	NR	ILOSC	PROCENT
1	102	27,35	2	265	71,05	3	5	1,34
4	1	,27						

6. SPOSOBY WYWRVCIA USZKODZEN

NR	ILOSC	PROCENT	NR	ILOSC	PROCENT	NR	ILOSC	PROCENT
1	105	28,15	2	159	43,35	3	69	18,50
4	0	,00						

tów programów przystosowanych do kompleksowego wykonania obliczeń.

4. Duże możliwości obliczeniowe maszyn cyfrowych winny skłaniać prowadzących badania do szukania różnych form zbierania danych. Jedną z takich form mogą być badania ankietowe, które umożliwiają objęcie w bardzo krótkim czasie licznej grupy obiektów technicznych eksploatowanych przez różnorodnych użytkowników rozmieszczonych na dużym terenie /np. całego kraju/.
5. Dla efektywnego wykorzystania informacji uzyskiwanych z eksploatacyjnych badań niezawodności obiektów technicznych należy dążyć do tego, aby wyniki obliczeń uzyskiwane z maszyny cyfrowej opracowywane były w formie przydatnej do bezpośredniej analizy, a więc w postaci wykresów, histogramów, diagramów oraz syntetycznych zestawień tabelarycznych.

Dla przykładu na rysunku 9 przedstawiono tabulogram zbiorczego zestawienia danych o uszkodzeniach elementów lub zespołów pojazdów jednośladowych. Natomiast na rysunku 10 zilustrowano wydruk wyników dotyczących uszkodzeń elementów motocykli WSK-125 z przewagą jazdy po terenie płaskim obliczonych na podstawie danych z badań ankietowych.

A METHOD OF DATA COLLECTING AND HANDLING IN SERVICE
TESTS OF BICYCLE /MOTOR-BICYCLE/ RELIABILITY

Summary

The essential role and significance of service tests in a general testing system of transport facilities reliability requires obtaining maximum basic information as regards service conditions as well as defects of the tested facilities occurring under these conditions. The above-mentioned requirement necessitates data registering and handling since there are numerous data resulting from the tests. As the result, working out methods of collecting and handling the data which have been obtained in reliability tests of transport facilities has become an essential problem.

The article presents various methods of data collecting and handling in service tests of bicycle /motor-bicycle/ reliability.

МЕТОДЫ ПОДБОРА И ПЕРЕРАБОТКИ ДАННЫХ В ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ИСПЫТАНИЯХ НАДЕЖНОСТИ ОДНОСЛЕДНЫХ СРЕДСТВ ПЕРЕДВИЖЕНИЯ

Резюме

Особая роль и значение эксплуатационных испытаний в общей системе испытаний надёжности технических объектов требует, чтобы на основе этих испытаний получить максимум основных информации относительно условий эксплуатации, а также выступающих в этих условиях дефектов исследуемых объектов. Это требование, в свою очередь, вызывает необходимость регистрации, а позднее и обработки большого количества данных полученных во время этих испытаний. В таком положении вещей очень важной проблемой становится обработка методов подбора и переработки данных от эксплуатационных испытаний надёжности технических объектов.

В статье представлены различные методы подбора и переработки данных применяемые в эксплуатационных испытаниях надёжности односледных средств передвижения.

Andrzej Jazdon

Zenon Wośko

OCENA NIEZAWODNOŚCI UKŁADÓW NAPEĐOWYCH MOTOROWERÓW I MOTOCYKLI

W artykule przedstawiono porównawczą ocenę niezawodności układów napędowych krajowych motorowerów i motocykli. Ocenę tę opracowano w oparciu o dane uzyskane podczas wieloletnich badań niezawodności tych pojazdów. Analiza wyników uzyskanych dla układów napędowych różnych typów pojazdów pozwoliła na wykrycie pewnych prawidłowości oraz na opracowanie wniosków odnoszących się do oceny niezawodności całej klasy układów napędowych pojazdów jednośladowych.

1. Wstęp

Badania niezawodności pojazdów jednośladowych zapoczątkowano w Wyższej Szkole Inżynierskiej, a obecnie Akademii Techniczno-Rolniczej w Bydgoszczy badaniami rowerów i motorowerów. Badania te prowadzono w latach 1970 - 1973.

Aktualnie prowadzone są badania niezawodności motocykli. Podstawowym celem tych badań było opracowanie eksploatacyjnych i stanowiskowych metod badań niezawodności. Ponadto zebrane w toku prowadzonych badań dane wykorzystano do opracowania oceny

niezawodności aktualnie wytwarzanych pojazdów oraz do opracowania wytycznych w zakresie ich udoskonalania w aspekcie podwyższenia niezawodności.

Uzyskane wyniki wskazują, że około 39% uszkodzeń motorowerów i 42% uszkodzeń motocykli dotyczy układów napędowych. Uszkodzenia tych układów są trudne do usunięcia ze względu na brak odpowiedniego wyposażenia technicznego oraz niskie na ogół kwalifikacje techniczne użytkowników. Stwierdzić więc można, że niezawodność układu napędowego ma decydujący wpływ na niezawodność tak motoroweru jak i motocykla. Z tego względu celem jest odrębne przedstawienie oceny niezawodności tych układów, wskazanie ich słabych ogniw oraz scharakteryzowanie postaci i przyczyn występujących uszkodzeń.

2. Charakterystyka obiektów badań

Pod pojęciem układu napędowego rozumie się w niniejszym artykule układ obejmujący:

- silnik /wraz z gaźnikiem oraz iskrownikiem - prądnica/,
- sprzęgło,
- skrzynię biegów.

Takie ujęcie uzasadnione jest tym, że powyższe zespoły stanowią wyodrębnioną, znajdującą się w jednej obudowie całość. W tabeli 1 przedstawiono charakterystykę techniczną omawianych układów napędowych motorowerów Komar-2 oraz motocykla WSK-125, typ M06 B3. W dalszej części artykułu układ napędowy motoroweru oznaczono symbolem fabrycznym S38-B4, a motocykla S01-Z3ALux.

Tablica 1

Charakteryzowana wielkość	Jednostka miary	S38 - B4	S01 - Z3A Lux
<i>S38 145 17 04</i> Rodzaj silnika	-	Jednocylindrowy, dwusuwowy z przepłukiwaniem zwrotnym	Jednocylindrowy, dwusuwowy z przepłukiwaniem zwrotnym
Typ	-	S38 - B4	S01 - Z3A Lux
Pojemność skokowa	cm ³	49,8	123
Moc nominalna	kW	1,03	5,37
Obroty nominalne	sek ⁻¹	66,66	88,33
Stopień sprężania	-	6,5	7,8
Rodzaj zapłonu	-	iskrownik - prądnicą 6 V, 17W	iskrownik - prądnicą 6 V
Całnik	-	poziomy 6 H, 12F	poziomy typ G.2. 0H
Sprężło	-	dwutarczowe, mokre	trzytarczowe, mokre
Skrzynia biegów	-	dwubiegowa	trzybiegowa

3. Przebieg badań

Ekspluatacyjne badania niezawodności motorowerów przeprowadzono na próbie obejmującej 11 pojazdów. Badania prowadzono w ciągu dwóch lat. W tym okresie pojazdy z badanymi silnikami osiągnęły przebiegi w granicach 17.000 km. Motocykle badano w latach 1974 - 75, a osiągnięte przebiegi wynosiły przeciętnie 23.000 km. Badaniami objęto 10 pojazdów.

W toku badań rejestrowano dane dotyczące wykonanej przez pojazd pracy, występujących uszkodzeń, przeprowadzanych napraw i obsług oraz warunków eksploatacji. Dane rejestrowane były na "kartach rejestracji pracy, uszkodzeń, przestojów i napraw pojazdów".

Układ napędowy traktowano jako obiekt odnawialny, przystosowany do usuwania uszkodzeń na drodze obsługi technicznych, natomiast jego elementy uznano jako nieodnawialne. Ponadto tak układ napędowy jak i poszczególne elementy traktowano jako dwustanowe w sensie niezawodności. Przez uszkodzenie rozumiano zdarzenie polegające na przejściu obiektu ze stanu zdatności do stanu niezdatności, przy czym za stan zdatności uznawano stan, w którym układ wykonuje wyznaczone mu funkcje w sposób zgodny z wymaganiami określonymi w dokumentacji technicznej.

Inne ustalenia metodyczne oraz szczegółowe informacje dotyczące przebiegu badań zawarte są w opracowaniach [2,3].

4. Analiza wyników badań

Dane zebrane w toku badań i dotyczące występujących uszkodzeń układu napędowego podzielić można na dwie grupy.

1. Dane ilościowe obejmujące: chwilę wystąpienia uszkodzenia, pracę wykonaną pomiędzy uszkodzeniami, czas odnowy, koszt odnowy itp.
2. Dane jakościowe, jak: postać uszkodzenia, przyczyny uszkodzenia, rodzaj odnowy itp.

Przedstawione poniżej wyniki badań układów napędowych ujęte zostaną także w tych dwóch grupach.

4.1. Ocena wskaźników niezawodności dla układów napędowych pojazdów jednośladowych.

Dla oceny niezawodności omawianych układów napędowych wytypowano następującą grupę wskaźników:

- prawdopodobieństwo przebywania układu w stanie zdatności w przedziale czasu o długości l - P/l ,
- wartość oczekiwaną przebywania układu w stanie zdatności między kolejnymi uszkodzeniami - E/l ,
- prawdopodobieństwo tego, że w przedziale czasu $/0,t/$ obiekt zostanie doprowadzony ze stanu niezdatności do stanu zdatności - P/t ,
- wartość oczekiwaną czasu trwania odnowy obiektu - E/t .

Od częstości uszkodzeń układów napędowych oraz czasu trwania

odnowy zależec będzie wartość nakładów ponoszonych na przywrócenie tym obiektom stanu zdatości.

Dla dokonania oceny wpływu zawodności badanych układów na kształtowanie się kosztów eksploatacji wyznaczono wartości liczbowe następujących wskaźników.

1. Wskaźnik kosztów eksploatacji

$$K_e = \frac{\sum_{m=1}^k [C_{r_m} + C_{e_m}]}{\sum C_o} = K_r + K_{cz} \quad (1)$$

2. Jednostkowy koszt eksploatacji

$$K_{km} = \frac{\sum_{m=1}^k [C_{r_m} + C_{e_m}]}{\sum_{m=1}^k l_m} \quad \left[\frac{zł}{km} \right] \quad (2)$$

3. Średni jednostkowy koszt odnowy układu

$$C_j = \frac{\sum_{m=1}^k \sum_{i=1}^n C_{m,i}}{\sum_{m=1}^k Z_m} \quad zł \quad (3)$$

gdzie:

C_{r_m} - koszt robocizny przeprowadzonych w rozpatrywanym okresie czasu odnow m-tego układu napędowego,

C_{e_m} - koszt wymienionych w tym okresie elementów,

C_o - wartość /cena/ układu napędowego,

l_m - przebieg pojazdu /układu/, do którego odnoszone są wartości wskaźników kosztów,

Z_m - ilość uszkodzeń m-tego układu w rozpatrywanym okresie czasu,

$C_{m,i}$ - koszt prowadzenia i-tej odnowy w m-tym układzie napędowym.

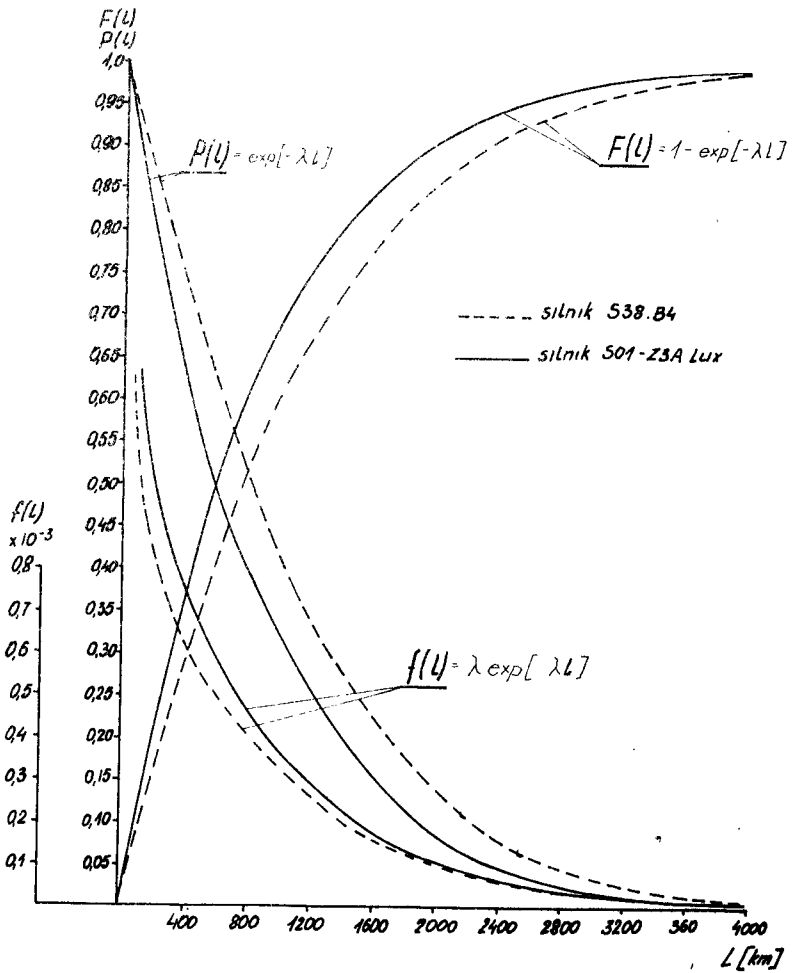
Ocena statystyczna wytypowanych wskaźników obejmowała wyznaczenie następujących charakterystyk:

- wartości średnich - \bar{l} , \bar{t} , \bar{c}_j
- średniego odchylenia standardowego - S
- współczynnika zmienności - φ
- przedziału ufności.

Weryfikowano również hipotezę odnośnie typu rozkładu teoretycznego, który przybliży rozkład empiryczny danej wielkości oraz wyznaczano estymatory parametrów rozkładów, jak również określano przebiegi funkcji $f/x/$, $F/x/$ i $P/x/$.

Jako podstawową charakterystykę niezawodności układów napędowych motorowerów i motocykli przyjęto prawdopodobieństwo poprawnej pracy układu między kolejnymi uszkodzeniami. Na rysunku 1 przedstawiono przebiegi funkcji gęstości prawdopodobieństwa $f/l/$, dystrybuanty $F/l/$ oraz prawdopodobieństwa poprawnej pracy $P/l/$ układów napędowych omawianych pojazdów. W tabelicy 2 zestawiono natomiast wartości liczbowe wskaźników charakteryzujących zmienną losową L - przebieg między kolejnymi

uszkodzeniami.



Rys. 1. Przebiegi funkcji gęstości $f(l)$, dystrybuanty $F(l)$ oraz prawdopodobieństwa $P(l)$ przebywania układów napędowych w stanie zdatności między kolejnymi uszkodzeniami

Tablica 2

Charakteryzowana wielkość	Jednostka miary	S 38 - B4	S01 - Z 3A Lux
Ilość danych /m/	-	121	184
Sredni przebieg /l/	km	1109,83	843,115
Srednie odchylenie standardowe /S/	km	1195,57	764,36
Współczynnik zmienności / ρ /	-	1,077	0,907
Typ rozkładu	-	wykładniczy	wykładniczy
Funkcja gęstości $f/l/$	-	$f/l/ = \exp(-\lambda l/$	$f/l/ = \exp(-\lambda l/$
Parametr rozkładu	-	$\lambda = 0,00099$	$\lambda = 0,0012$
Przedział ufności	km	$954,6 < \mu < 1331,8$	$750,27 < \mu < 952,59$

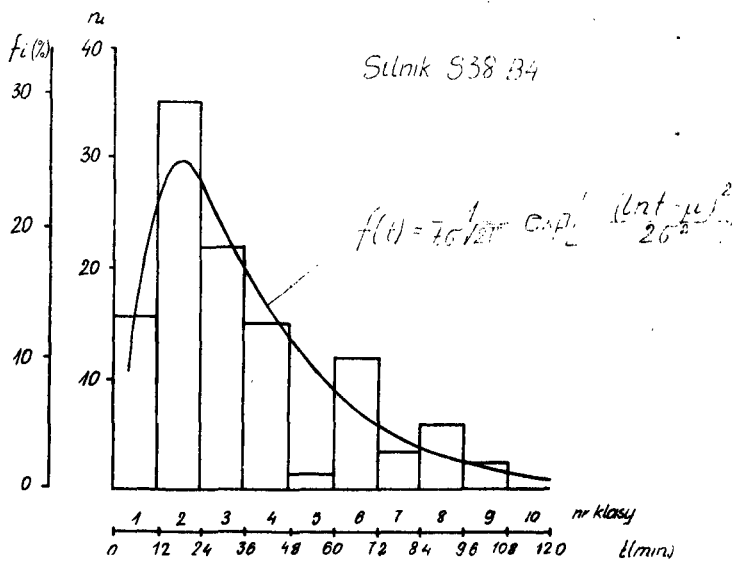
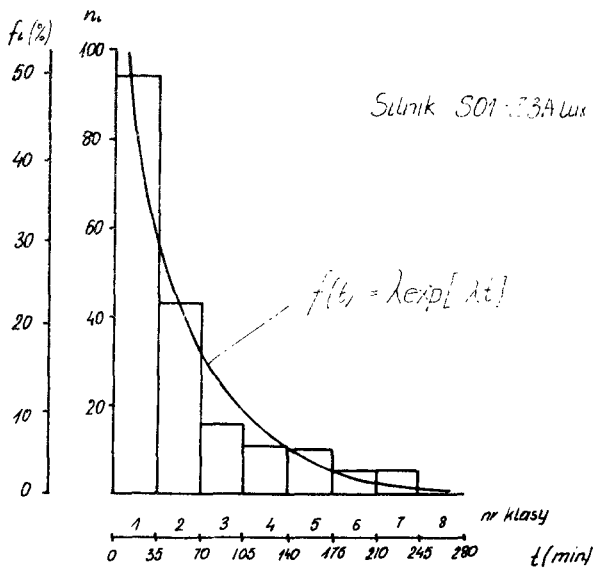
Stwierdzono, że tak w przypadku układu napędowego motorowerów jak i motocykli rozkład empiryczny zmiennej losowej L zbliżony jest do rozkładu wykładniczego. Wartości liczbowe charakteryzujące średni przebieg między uszkodzeniami, mniejsze dla układu napędowego motocykla, tłumaczyć należy nie tylko większą zawodnością elementów tego układu, lecz także większą liczbą elementów układu napędowego motocykla /283/ w stosunku do układu napędowego motoroweru /241/. Ponadto, jak wynika z tabeli 1 parametry pracy układu napędowego motocykla są znacznie wyższe od parametrów pracy układu napędowego motoroweru. Czynniki te winny być jednak brane pod uwagę tak na etapie projektowania jak i wytwarzania układów napędowych motocykli.

Drugą grupą wskaźników niezawodności charakteryzujących przystosowanie omawianych układów napędowych do wykrywania i usuwania występujących uszkodzeń, są wskaźniki dotyczące technicznego czasu odnowy T_{ot} .

Na rysunku 2 przedstawiono histogramy oraz przebiegi funkcji gęstości prawdopodobieństwa dla tej zmiennej losowej. W tabeli 3 zestawiono natomiast wartości liczbowe charakterystyk statystycznych dotyczących technicznego czasu odnowy omawianych układów. W wyniku weryfikacji hipotezy odnośnie typu rozkładu stwierdzono, że empiryczny rozkład zmiennej losowej T_{ot} przybliżyć można: w przypadku układu napędowego motoroweru rozkładem logarytmiczno - normalnym, natomiast dla układu napędowego motocykla - rozkładem wykładniczym.

Tak informacje wynikające z rysunku 2 jak i wartości liczbowe charakterystyk statystycznych technicznego czasu odnowy /tab.3/ wskazują, że układ napędowy motocykla jest w mniejszym stopniu przystosowany do wykrywania i usuwania występujących usz-

kodzeń.



Rys.2. Histogramy oraz krzywe gęstości rozkładu technicznego czasu odnowy

Tablica 3

Charakteryzowane wielkości	Jednostka miary	S 38 B4	S 01 - Z3A Lux
Ilość danych /n/	-	124	185
Sredni czas / \bar{t} /	min	46,26	57,98
Srednie odchylenie standardowe / s /	min	48,60	56,86
Współczynnik zmienności / φ /	-	0,803	0,981
Typ rozkładu	-	logarytmicznie-normalny	wykładniowy
Funkcje gęstości $f(t)$	-	$\frac{1}{\mu\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(\ln t - \mu)^2}{2\sigma^2}\right]$	$f/t = \exp(-\lambda t)$
Parametry rozkładu	-	$\mu = 0,595$ $\sigma = 0,819$	$\lambda = 0,0172$

Częstość występowania uszkodzeń zespołów napędowych oraz czas potrzebny na wykrycie i usunięcie tych uszkodzeń wpływają bezpośrednio na kształtowanie się wskaźników kosztów eksploatacji. W tabeli 4 zestawiono wartości liczbowe tych wskaźników

Tabela 4

Charakteryzowane wielkości	Jednostka miary	Motorowar		Motocykl	
		Układ napędowy	pojazd	Układ napędowy	pojazd
Wskaźnik kosztów eksploatacji - Ke	-	0,460	0,422	0,776	0,638
Wskaźnik kosztów robocizny - Kr	-	0,299	0,296	0,403	0,241
Wskaźnik kosztów elementów - Kez	-	0,155	0,126	0,373	0,397
Średni koszt odnowy - Cj	zł.	23,76	24,49	48,51	41,49
Jednostkowy koszt eksploatacji - h_{kum}	zł/km	0,065	0,203	0,133	0,273

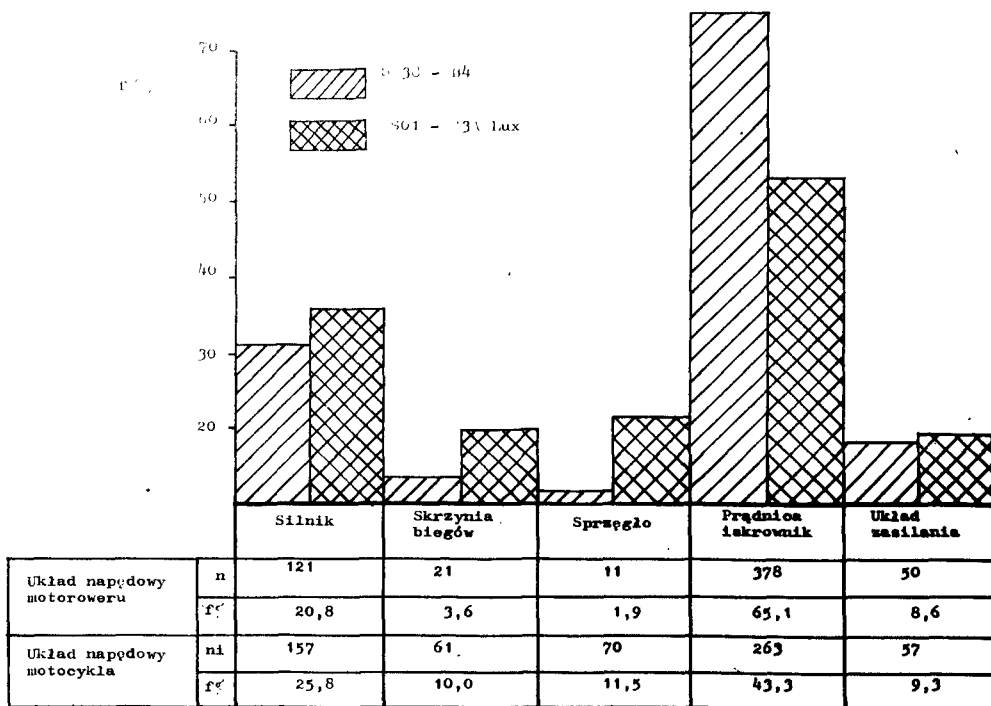
wyznaczone dla układów napędowych oraz dla motorowerów i motocykli. Pierwsze trzy wskaźniki zawarte w tabeli 4, porównywalne dla układów napędowych motorowerów i motocykli, potwierdzają znacznie większą intensywność uszkodzeń układu napędowego motocykla oraz decydujący wpływ długiego czasu trwania odnow tego układu na wartość ogólnych kosztów odnawiania. Porównując średni koszt odnowy oraz jednostkowy koszt eksploatacji pamiętać należy, że wartość motocykli jest około dwukrotnie większa od wartości motorowerów. W tym kontekście wartości porównywanych wskaźników C_j i K_{inn} nie różnią się w sposób istotny. W obydwu porównywanych pojazdach uwidacznia się znaczny wpływ niezawodności układu napędowego na niezawodne działanie całych obiektów.

4.2. Jakościowa analiza uszkodzeń

Przedstawione uprzednio wyniki w sposób ogólny charakteryzują niezawodność omawianych układów napędowych. Są one przydatne dla porównawczej oceny niezawodności różnych typów i odmian konstrukcyjnych układów napędowych oraz dla dokonywania oceny efektywności wprowadzonych zmian konstrukcyjnych i technologicznych dla tych samych typów układów napędowych.

Jednakże dla formułowania uzasadnionych wniosków w zakresie doskonalenia konstrukcji, technologii wytwarzania oraz eksploatacji układów napędowych niezbędne są informacje dotyczące wpływu uszkodzeń poszczególnych zespołów i elementów na częstość uszkodzeń układu napędowego, a także informacje odnośnie postaci, przyczyn i następstw występujących uszkodzeń.

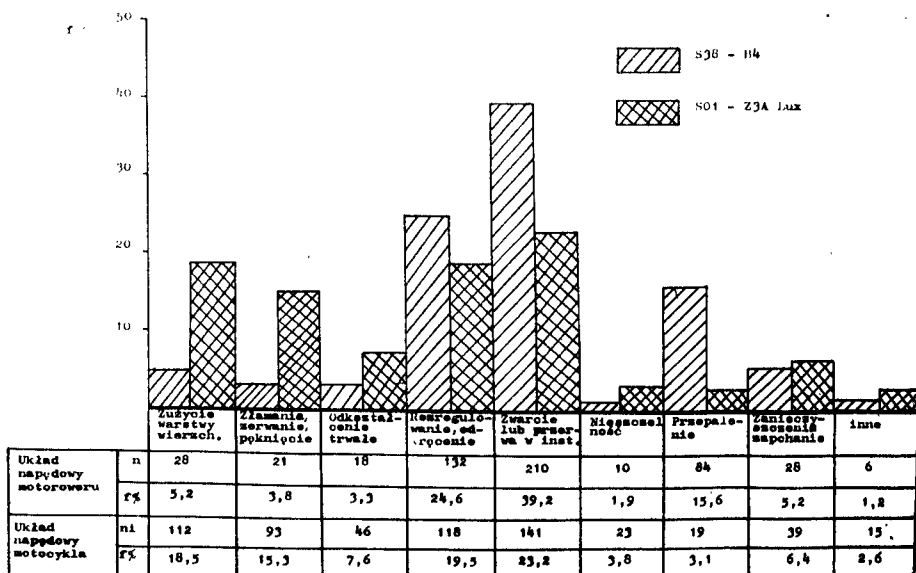
Na rysunku 3 przedstawiono udziały uszkodzeń poszczególnych zespołów omawianych układów napędowych motoroweru i motocykla. Jak wynika z rysunku dla porównywanych układów napędowych występuje podobieństwo w ogólnej strukturze uszkodzeń. W obydwu przypadkach decydujący wpływ na ilość uszkodzeń układu napędowego wywierają uszkodzenia prądnicy - iskrownika oraz silnika. Nadmienić ponadto należy, że uszkodzenia tych zespołów są



Rys.3. Diagram częstości uszkodzeń zespołów układów napędowych motoroweru i motocykla

na ogół dla użytkownika trudne do zlokalizowania i usunięcia. Tak więc doskonalenie konstrukcji i technologii wytwarzania układów napędowych winno rozpocząć się właśnie od tych zespołów.

Dla konstruktora i technologa bardzo istotną jest informacja o postaciach i przyczynach uszkodzeń poszczególnych elementów. Na rysunku 4 przedstawiono jak kształtują się udziały podstawowych postaci uszkodzeń w odniesieniu do układu napędo-



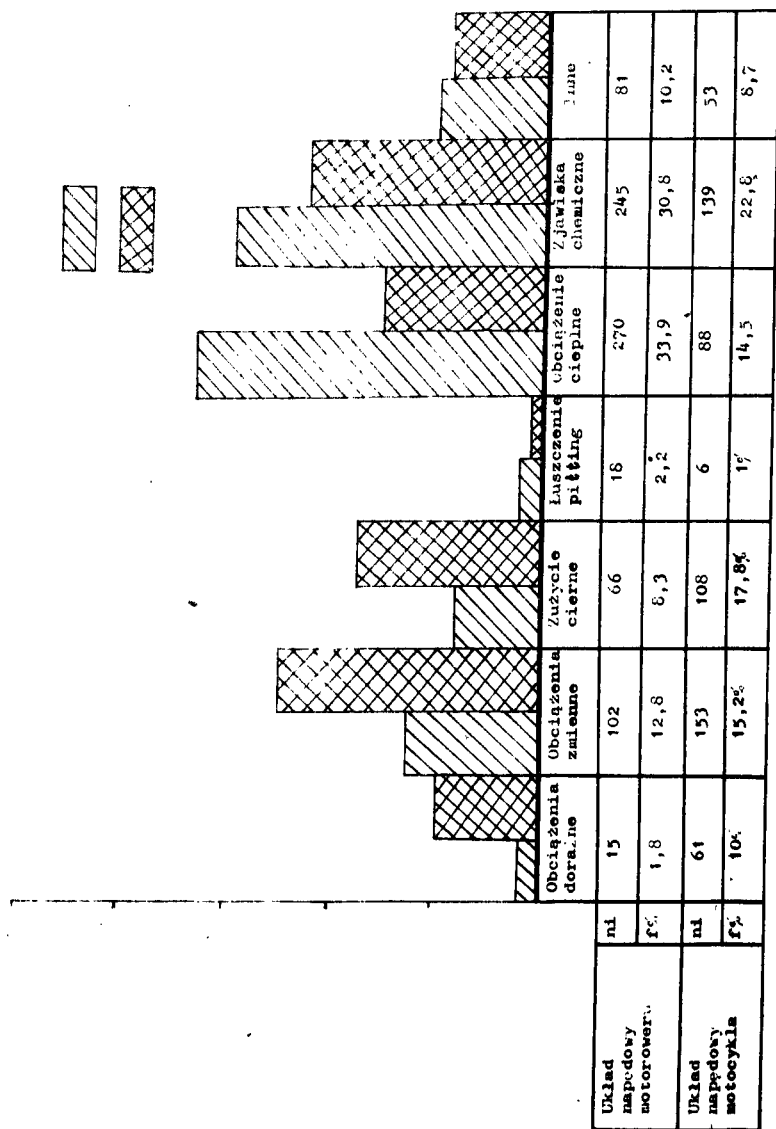
Rys. 4. Diagram postaci uszkodzeń

wego. Podstawową grupę postaci uszkodzeń, tak w przypadku układu napędowego motoroweru jak i motocykla stanowią uszkodzenia instalacji elektrycznej /zapłonowej/ oraz rozregulowania i odkręcenia mechanizmów. Ponadto w przypadku układu napędowego motocykla częstymi postaciami uszkodzeń są zużycie warstwy wierzchniej oraz złamanie i pęknięcia. Te uszkodzenia dotyczyły głównie elementów skrzyni biegów, sprzęgła oraz silnika motocykla.

Pośród przyczyn uszkodzeń rozumiano przyczyny bezpośrednie oraz pierwotne. Ponieważ uszkodzenia elementów występują często jako wynik krytycznej kombinacji oddziaływań mechanicznych, cieplnych, chemicznych oraz elektrycznych czynników wymuszających to w wielu przypadkach jednoznaczne ustalenie bezpośredniej przyczyny uszkodzenia było trudne. W prowadzonych badaniach starano się zatem ustalić dominujące przyczyny występowania uszkodzeń poszczególnych elementów układów napędowych. Wyznaczano je na podstawie analizy postaci uszkodzenia oraz warunków pracy elementów. W sytuacjach, gdy jednoznaczne ustalenie dominującej przyczyny uszkodzenia było trudne, przyjmowano hipotetycznie jedną lub dwie najbardziej prawdopodobne przyczyny lub też sklasyfikowano je do grupy "inne".

Spośród bezpośrednich przyczyn uszkodzeń /rys.5/ dominującymi w obydwu porównywanych silnikach są przyczyny sklasyfikowane jako "obciążenia cieplne" i "zjawiska elektro-chemiczne". Obciążenia cieplne były przyczyną takich uszkodzeń jak wypalenie elektrod świec zapłonowych, przepalanie oporników końcówek katowych, "zapiekanie" pierścieni tłokowych itp. Pod nazwą "zjawiska elektro-chemiczne" rozumiano grupę przyczyn wynikających przede wszystkim ze zjawiska spalania mieszanki paliwowo - powietrznej w silniku. Przyczyny te wywoływały takie uszkodzenia,

jak mostkowanie świec zapłonowych, zapychanie dysz gaźników itp.



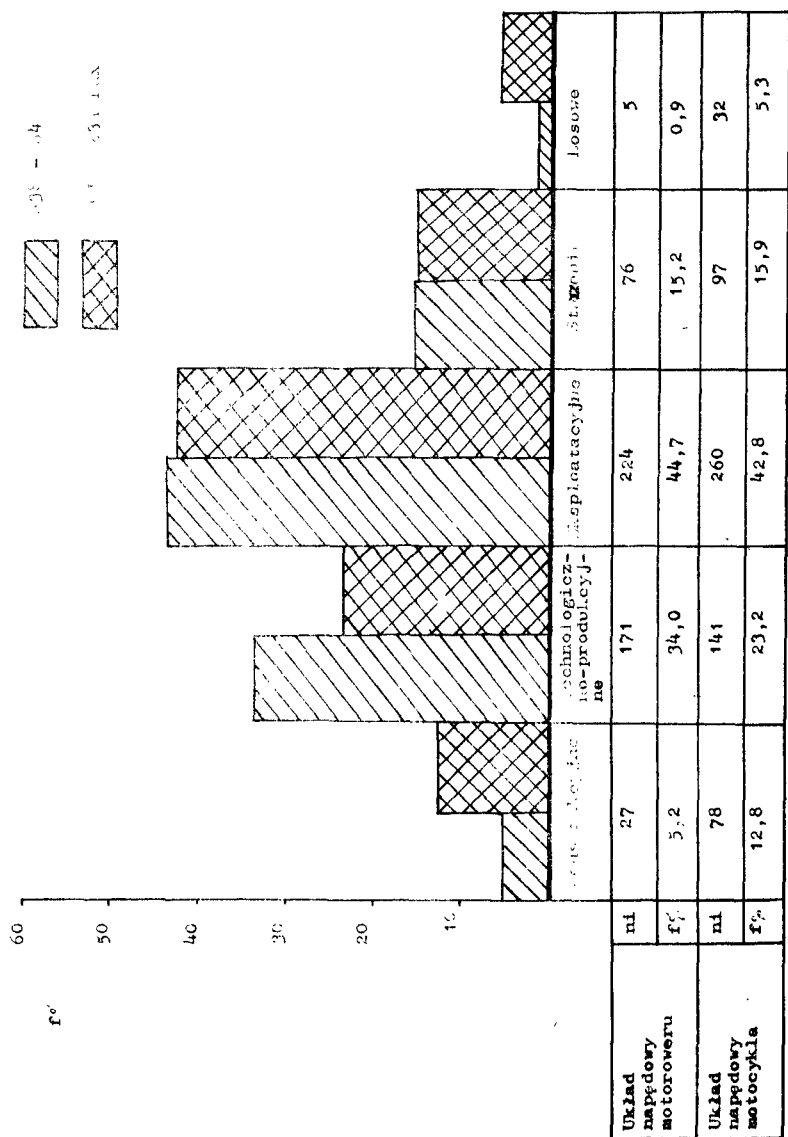
rys. 1. Diagram bezpośrednich przyczyn uszkodzeń

Uszkodzenia spowodowane zmiennymi obciążeniami elementów oraz zużyciem ciernym stanowiły /szczególnie w przypadku motocykli/ istotny udział ogółu uszkodzeń układu napędowego. W wyniku działania obciążeń zmiennych występowały takie uszkodzenia, jak: pęknięcia wałów wykorbionych, pęknięcia sprężyn sprzęgłowych, ułamywanie zębów kół zębatych skrzyń przekładniowych itp.

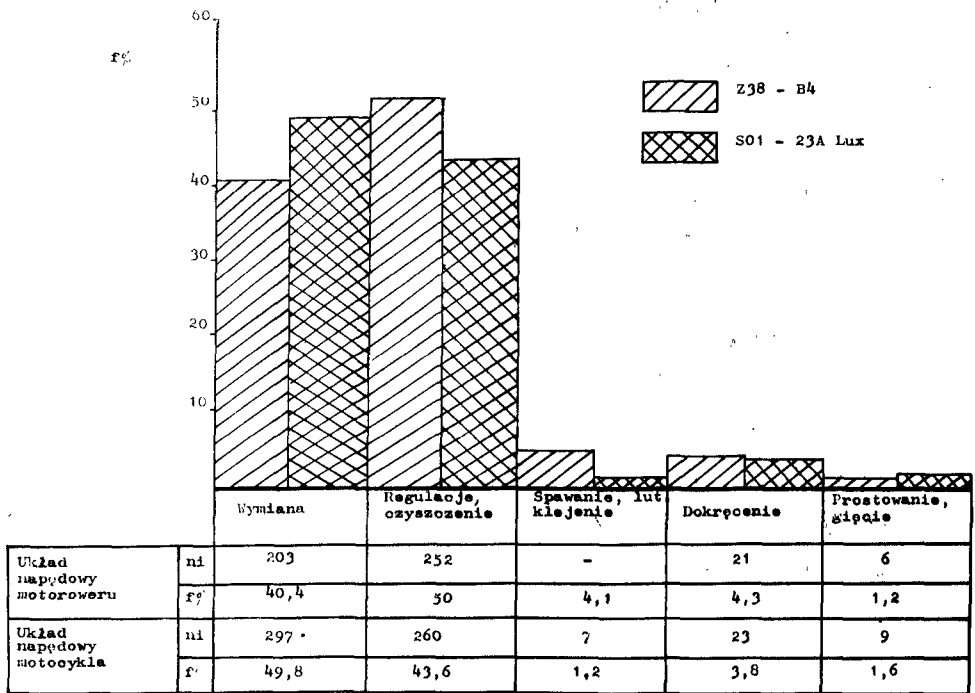
W wyniku zużycia ciernego uszkadzały się m.in. okładziny tarcz sprzęgłowych, sworznie, garbiki dźwigni przerywacza itp. Spośród pierwotnych przyczyn uszkodzeń, dominującymi w obu porównywanych pojazdach są przyczyny eksploatacyjne stanowiące około 44% ogółu przyczyn uszkodzeń /rys.6/. Powodowały one występowanie najbardziej różnorodnych uszkodzeń wynikających m.in. z nieprzestrzegania warunków użytkowania /nadmierne obciążenia, zła jakość materiałów pędnych/ oraz warunków obsługiwanian /zła regulacja, niewłaściwa naprawa itp/. Porównanie omawianych przyczyn wskazuje, że dla obydwóch układów napędowych występuje podobna struktura pierwotnych przyczyn uszkodzeń.

Na rysunku 7 przedstawiono udziały poszczególnych sposobów usuwania uszkodzeń układów napędowych. Struktura sposobów usuwania uszkodzeń w porównywanych przypadkach jest podobna i potwierdza uprzednio stwierdzone fakty. Większy udział uszkodzeń powodujących potrzebę wymiany elementów, w przypadku układu napędowego motocykla powodował obniżenie niezawodności tych układów, a tym samym wzrost kosztów eksploatacji.

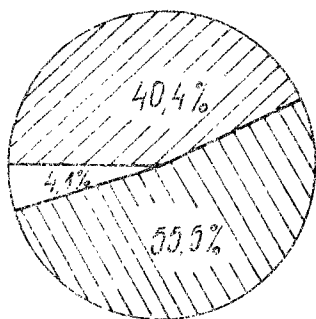
Uszkodzenia usuwane na drodze regulacji, czyszczenia itp. stanowiły grupę uszkodzeń klasyfikowaną głównie jako "niesprawność". Były to najczęściej uszkodzenia drobne, dla których średni czas odnowy wynosił około 9 min, a średni koszt odnowy



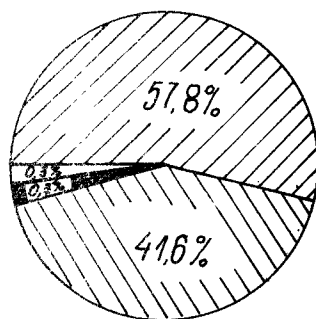
Rys.6. Diagram pierwotnych przyczyn uszkodzeń



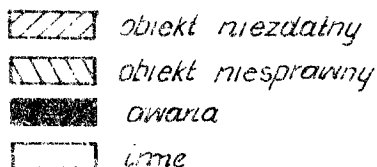
Rys.7. Charakterystyka sposobów odnawiania układów napędowych



Silnik Z38BA



Silnik S01-Z3A Lux



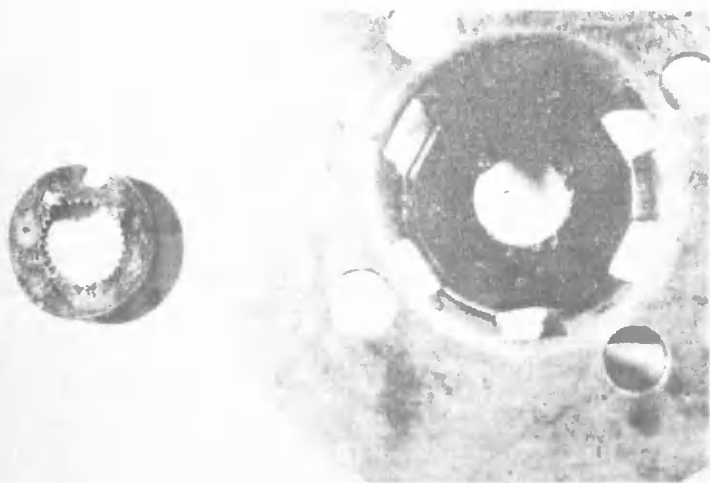
rys. 8. Diagramy następstw uszkodzeń

4,96 zł. Zgodnie z ustaleniami przyjętymi w metodykach badań 4,5 uszkodzeń tych nie uwzględniono przy wyznaczaniu podstawowych wskaźników niezawodności.

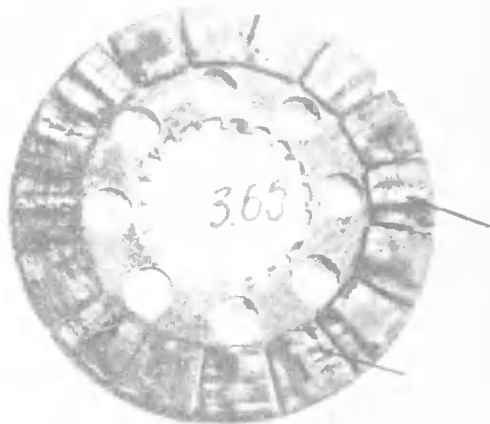
Przedstawione powyżej informacje znajdują także potwierdzenie w strukturze następstw uszkodzeń przedstawionej na rysunku 8. W układzie napędowym motocykla udział uszkodzeń wywołujących niezdatność pojazdu jest dominujący, natomiast w przypadku układu napędowego motoroweru podstawową grupę następstw uszkodzeń stanowią niesprawności.

4.3. Przykłady wybranych postaci uszkodzeń elementów układów napędowych motorowerów i motocykli

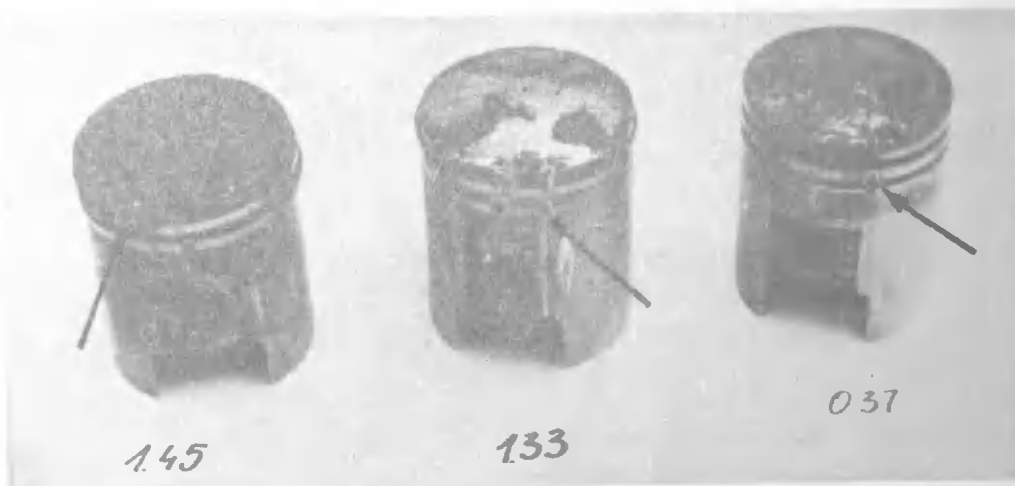
Dla zilustrowania podanych powyżej informacji na rysunkach 9 - 14 przedstawiono typowe postaci uszkodzeń wybranych elementów układów napędowych motoroweru i motocykla.



Rys. 9. Uszkodzenie połączenia zerzewanego zabieraka sprzęgła motoroweru



Rys.10. Przykład zużycia wkładek korkowych tarczy sprzęgła motocykla /uszkodzenie przy przebiegu 21.303 km/



Rys. 11. Przykłady uszkodzeń tłoków silników motocykla
/Przebiegi w chwili uszkodzenia:

1.45 - 17.005 km

1.33 - 14.410 km

0,37 - 12.193 km/



Rys.12. Zużycie zębów koła łańcuchowego zdawczego silnika motocykla /uszkodzenie wystąpiło przy przebiegu 5.988 km/



Rys.13. Pęknięcie zmęczeniowe czopa wału korbowego silnika motocykla /uszkodzenie wystąpiło przy przebiegu 7.412 km/



Rys.14. Pęknięcie zmęczeniowe czopa wału korbowego w miejscu osadzenia koła magnesowego /uszkodzenie nastąpiło przy przebiegu 14.410 km/

5. Zakończenie

Przedstawiona w opracowaniu ocena niezawodności układów napędowych motorowerów i motocykli wskazuje, że niezawodność tych układów decyduje o niezawodności wymienionych pojazdów. Wynika to z następujących faktów:

- a/ częstość uszkodzeń układów napędowych jest znacznie większa od częstości uszkodzeń pozostałych zespołów motorowerów i motocykli. Układy napędowe tych pojazdów składają się z około 250 elementów, co stanowi 22,8% ogółu elementów omawianych pojazdów. Na tę ilość elementów przypada 39% uszkodzeń motorowerów i 42% uszkodzeń motocykli;
- b/ układy napędowe motorowerów i motocykli są w mniejszym stopniu, niż pozostałe układy tych pojazdów, przystosowane do wykrywania i usuwania uszkodzeń. Wskazuje na to wysoka wartość czasu trwania odnowy tych układów;
- c/ wysoka częstość uszkodzeń oraz długi czas odnowy układów napędowych sprawiają, że wartości wskaźników kosztów tych układów są większe od wartości wskaźników kosztów obliczonych dla całych pojazdów.

Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzić można, że tak ilościowa jak i jakościowa struktura uszkodzeń omawianych układów jest podobna. Przypuszczać więc można, że taka struktura uszkodzeń jest charakterystyczna dla całej klasy układów napędowych stosowanych w krajowych pojazdach jednośladowych. Dla obu porównywanych układów rozkład empiryczny zmiennej losowej L /przebieg między uszkodzeniami/ zbliżony jest bardzo do rozkładu

wykładniczego.

Podobne są udziały uszkodzeń poszczególnych zespołów układów napędowych, jak też struktura postaci, przyczyny i sposobów usuwania uszkodzeń.

Przedstawione wyniki badań niezawodności układów napędowych wskazują kierunki doskonalenia tych układów w aspekcie podwyższania ich niezawodności. Wyniki te winny umożliwić konstruktorom oraz technologom opracowanie szczegółowych zaleceń, mających na celu poprawę niezawodności układów napędowych pojazdów jednośladowych.

Literatura

1. Gazda E.: Analiza uszkodzeń elementów silnika SO1-Z3A Lux. Praca dyplomowa, Akademia Techniczno-Rolnicza, Bydgoszcz 1976.
2. Jazdon A, Wośko Z.: Sprawozdanie z przyspieszonych eksploatacyjnych badań niezawodności motocykli WSK-125 tym MO6B3 /maszynopis/ Akademia Techniczno-Rolnicza, Bydgoszcz 1975.
3. Jazdon A.: Sprawozdanie z eksploatacyjnych badań niezawodności i trwałości motorowerów "Komar 2" przeprowadzonych w latach 1970-71 /maszynopis/. Wyższa Szkoła Inżynierska, Bydgoszcz 1971.
4. Jazdon A.: Metodyka przyspieszonych badań eksploatacyjnych niezawodności motocykli /maszynopis/. Akademia Techniczno-Rolnicza, Bydgoszcz 1975.
5. Jazdon A.: Metody badań niezawodności pojazdów jednośladowych na przykładzie badań motorowerów. Rozprawa doktorska. Politechnika Poznańska, Poznań 1975.

THE ESTIMATION OF BICYCLE AND MOTOR-BICYCLE DRIVING SYSTEM RELIABILITY

Summary

The article presents a comparative estimation of the driving system reliability of Polish bicycles and motor-bicycles. The estimation has been worked out on the basis of the data obtained during many years' testing. The analysis of the results of different types of bicycle and motor-bicycle driving systems has made it possible to find out some regularities and to work out conclusions concerning the estimation of the whole class of driving systems.

ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ ПРИВОДНЫХ СИСТЕМ ОДНОСЛЕДНЫХ СРЕДСТВ ПЕРЕДВИЖЕНИЯ

Резюме

В статье представлена сравнительная оценка надёжности приводных систем отечественных односледных средств передвижения. Оценка эта проведена на основе данных полученных во время многолетних исследований надёжности этих средств передвижения. Анализ результатов полученных для приводных систем разного вида средств передвижения дал возможность открыть некоторую закономерность, а также сделать выводы касающиеся оценки надёжности всего класса приводных систем односледных средств передвижения.



Witold Ios

Jerzy Steintorn

STANOWISKO DO BADANIA STATECZNOŚCI POJAZDÓW JEDNOŚLADOWYCH

W artykule przedstawiono stanowisko do badania wpływu postaci geometrycznej układu kierowniczego na stateczność pojazdu jednośladowego. Stanowisko to wykonano w Zakładzie Podstaw Konstrukcji Maszyn ATR w Bydgoszczy, które stanowi wyposażenie jego laboratorium.

1. Wstęp

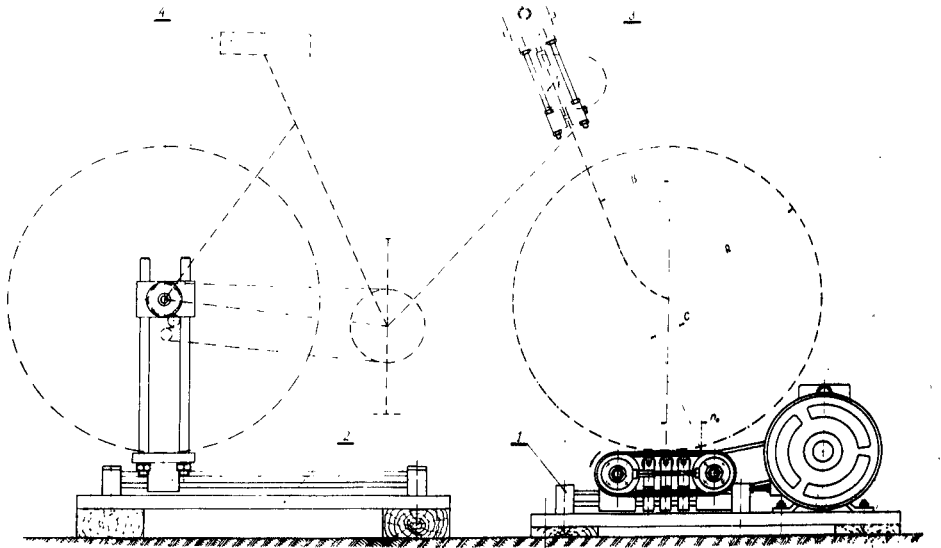
Stateczność pojazdów jednośladowych oceniano dotąd w oparciu o teoretyczną analizę dynamicznych równań ruchu pojazdu lub w oparciu o dane uzyskiwane w warunkach eksploatacji. Do tychczas nie stosowano stanowisk do przeprowadzenia przyspieszonych modelowanych badań stateczności pojazdów.

Na stateczność pojazdu jednośladowego wpływ mają parametry kinematyczne, podatność pneumatyków oraz cechy konstrukcyjne pojazdu [5].

Przedstawione w artykule stanowisko umożliwia przeobrażenie badań wpływu na stateczność postaci geometrycznej układu kierowniczego [2,3]. Stanowisko to przeznaczone jest zwłaszcza do badania stateczności rowerów [1]. Omawiane stanowisko pozwala oceniać stateczność na zasadzie istnienia sprzężenia zwrotnego w samym pojeździe. Zadziaływanie na układ kierowniczy pojazdu zakłóceniem powoduje jego oscylacje. Miarą stateczności pojazdu jest dekrement i współczynnik tłumienia tychże oscylacji.

2. Opis stanowiska

Stanowisko do badania stateczności pojazdów jednośladowych pokazano na rysunku 1. Składa się ono z zespołu napędu 1 z bezstopniową regulacją prędkości, wyposażonego w silnik elektryczny



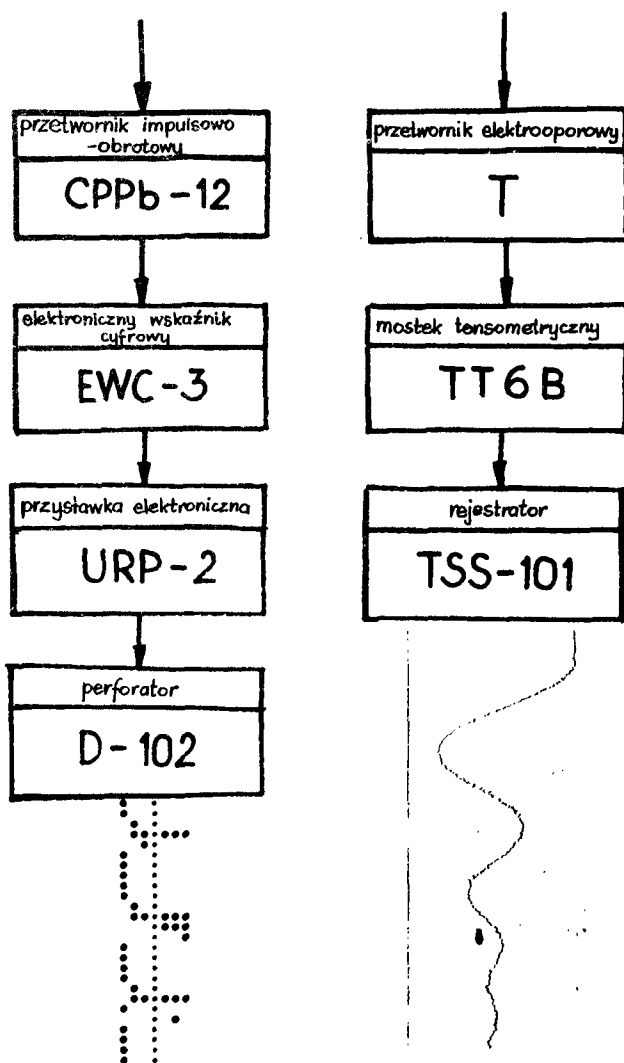
Rys.1. Stanowisko do badania stateczności pojazdów jednośladowych

ny 5 oraz bieżnie 6, stojaka 2 pozwalającego na obrotowe mocowanie pełnego typoszeregu pojazdów oraz z zespołu przetwornika 3.

Stanowisko uzbrojone w aparaturę pomiarową pozwala na rejestrację przebiegu oscylacji układu kierowniczego zależnie od prędkości pozorowanej jazdy. Aparatura stanowiąca wyposażenie stanowiska to: przetwornik impulsowo-obrotowy, przystawka elektroniczna, elektroniczny wskaźnik cyfrowy oraz perforator. Badany pojazd 4 mocuje się w stojaku 2, opierając przednie koła na bieżni 6 zespołu napędu 1, mocuje do kolumny kierownicy pojazdu zespół przetwornika 3.

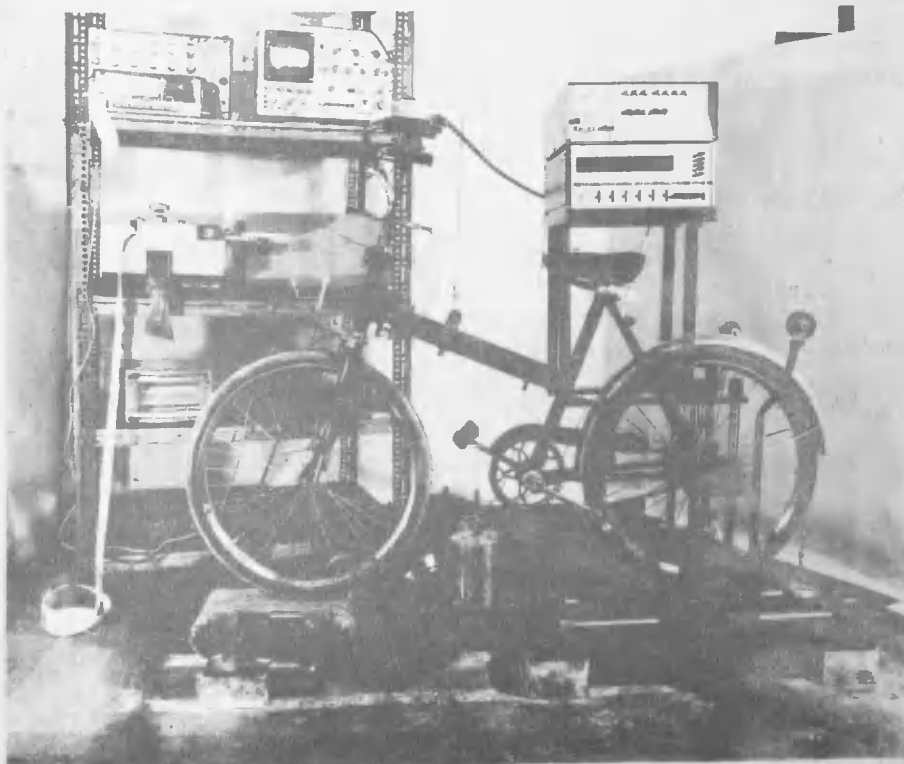
Układ pomiarowy dostosowany jest do trzech rodzajów pracy różniących się sposobem sterowania. Wskazania elektronicznego wskaźnika cyfrowego i czasu rejestrowane na taśmie perforowanej uzyskuje się przy sterowaniu asynchronicznym, natomiast rejestrację samych wskazań przy sterowaniu synchronicznym. Sterowanie synchroniczne nie wymaga rejestracji czasu, gdyż odstęp czasu między rejestracjami danych są znane i jednakowe. Układ dostosowany jest do sterowania automatycznego oraz ręcznego. Stanowisko może być wyposażone dodatkowo w układ pomiarowy składający się z przetwornika elektro-oporowego, mostka tensometrycznego oraz rejestratora. Układ ten umożliwia zapis graficzny przebiegów oscylacji układu kierowniczego pojazdu.

Schematy blokowe aparatury pomiarowej przedstawione są na rysunku 2.

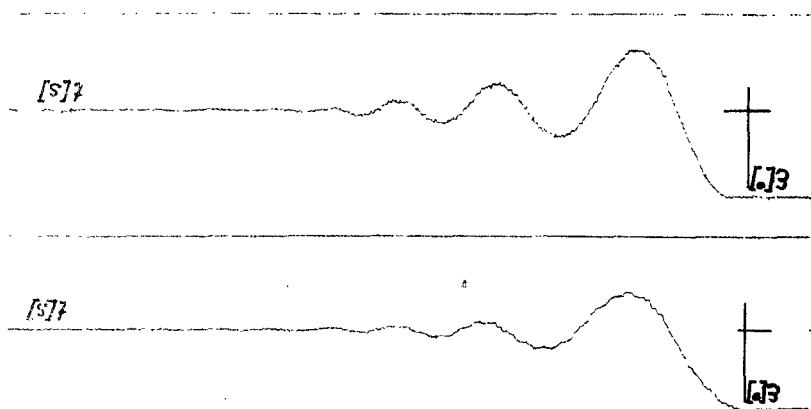


Rys.2. Schematy blokowe aparatury do rejestracji oscylacji w zapisie dyskretnym i analogowym

Opisane stanowisko do badania stateczności pojazdów jednośladowych /rys.3/ wykonano w Zakładzie Podstaw Konstrukcji Maszyn Akademii Techniczno-Rolniczej im. J.J. Śniadeckich w Bydgoszczy, na którym przeprowadzono z powodzeniem badania stateczności rowerów. Przykładowy zapis graficzny przebiegu oscylacji układu kierowniczego roweru uzyskany na stanowisku pokazano na rysunku 4.



Rys.3. Stanowisko do badania stateczności pojazdów jednośladowych uzbrojone w aparaturę pomiarową



Rys.4. Zapisy graficzne oscylacji układu kierowniczego roweru

3. Wnioski

Przeprowadzone próby i badania pozwalają na sformułowanie następujących wniosków:

1. Stanowisko jest uniwersalne, gdyż pozwala badać stateczność pełnego typoszeregu pojazdów jednośladowych od dziecięcych aż po sportowe dla odpowiednich prędkości jazdy. Istnieje możliwość weryfikacji prototypów pojazdów w aspekcie stateczności.
2. Wyniki uzyskane na stanowisku pozwalają na dobór cech geometrycznych gwarantujących odpowiednią stateczność pojazdu [4].

Literatura

1. Łoś W., Steinborn J.: Stanowisko do badania stateczności pojazdów jednośladowych. Wniosek o udzielenie patentu tymczasowego. ATR Bydgoszcz, nr projektu P-188037.
2. Łoś W., Steinborn J.: Ocena stateczności bocznej pojazdów jednośladowych w oparciu o analizę cech geometrycznych układu kierowniczego. Sympozjum . Rozwój konstrukcji rowerowych w Polsce. Komunikaty Informacyjne OBR Pojazdów Jednośladowych. Bydgoszcz 1974.
3. Łoś W., Steinborn J.: Stateczność i jej ocena w odniesieniu do pojazdu jednośladowego. ATR Bydgoszcz, Zeszyty Naukowe Nr 36 - Mechanika 12, 1976.
4. Łoś W., Steinborn J.: Wyznaczanie optymalnej stateczności pojazdów jednośladowych. ATR Bydgoszcz, 1974-76, maszynopis.
5. Maryniak J., Goraj Z.: Stateczność pojazdów jednośladowych na kołach pneumatycznych. Mechanika Teoretyczna i Stosowana. T. 12, Zeszyty 4, PWN, Warszawa 1974.

THE STAND FOR TESTING BICYCLE /MOTOR-BICYCLE/ STABILITY

/Summary/

The stand for testing the effect of a steering system geometrical shape on bicycle /motor-bicycle/ stability has been presented in the article. The stand produced at the Zakł. Podstaw Konstrukcji Maszyn in the Bydgoszcz Technology and Agriculture Academy is an equipment of its laboratory.

СТЕНД ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ОДНОСЛЕДНЫХ СРЕДСТВ ПЕРЕДВИЖЕНИЯ

Резюме

В статье представлен стенд для испытания влияния геометрической формы рулевого механизма на устойчивость односледного экипажа. Этот стенд был сделан на кафедре Основ Конструкции Машин Техническо - сельскохозяйственной академии в Быдгоще и является частью оборудования лаборатории этой кафедры.

Adam Woliński

Józef Flizikowski

SPOSOBY OKREŚLANIA PRĘDKOŚCI KĄTOWEJ I PRZYSPIESZSZENIA
KĄTOWEGO W DYNAMICZNEJ BEZHAMULCOWEJ METODZIE DIAGNOSTYKI
SIŁNIKÓW

W oparciu o krytyczną analizę stanu techniki, przeprowadzoną przed skonstruowaniem przyrządu do diagnostycznej oceny silników metodą "samoobciążenia" w stanie niustalonym, wykazano teoretyczne podstawy, metody i sposoby zrealizowania bloków przyrządu do wyznaczania przyspieszenia kąтового wału silnika, momentu obrotowego i mocy.

1. Wstęp

Dla oceny stanu technicznego silnika używa się oprócz wskaźników stanu technicznego poszczególnych elementów silnika, wskaźniki energetyczne: moment obrotowy silnika, moc silnika oraz wskaźniki paliwowo-ekonomiczne: godzinowe zużycie paliwa. W praktyce do diagnostycznej oceny stanu silnika wyżej wymienione wskaźniki stosuje się sporadycznie, ze względu na

konieczność użycia do ich wyznaczenia stanowiska dynamicznego. Stanowiska te są drogie i mają małą "przepustowość/ około 1 godziny trwa pomiar 1 silnika/. Ich stosowanie nie spełnia podstawowego założenia diagnostyki: szybko i tanio. Ponadto bez wymontowania silnika z pojazdu można jedynie badać silniki pojazdów /ciągników/ posiadających wał przekaźnika mocy. Operacje matematyczne i logiczne potrzebne do obliczenia wskaźników na podstawie zmierzonych wielkości wykonuje się po przeprowadzeniu pomiarów, co znacznie przedłuża proces ich wyznaczania, a przede wszystkim jest pracochłonne.

Z analizy dotychczas znanych operatywnych metod określania podstawowych wskaźników energetycznych i paliwowo-ekonomicznych wynika, że dla warunków diagnostyki najodpowiedniejsza jest dynamiczna bezhamulcowa metoda. Jest ona oparta na wykorzystaniu zjawiska samoobciążenia polegającego na powstawaniu reakcyjnego momentu obrotowego M_r w przypadku zmiany prędkości wału korbowego silnika po gwałtownym wychyleniu dźwigni zmiany dawki paliwa /w silniku wysokoprężnym / lub włączeniu zapłonu w silniku z zapłonem iskrowym /wał korbowy w chwili włączenia zapłonu obraca się z prędkością kątową ω /.

Równanie różniczkowe ruchu silnika w stanie nieustalonym bez obciążenia zewnętrznego ma postać

$$J \frac{d^2 \varphi}{dt^2} + \frac{1}{2} \frac{dJ}{d\varphi} \left(\frac{d\varphi}{dt} \right)^2 = M_i - M_{sw} \quad (1)$$

gdzie:

J - moment bezwładności ruchomych elementów silnika redukowany na oś wału korbowego $[\text{kg m}^2]$

φ - kąt obrotu wału $[\text{rad}]$,

M_i - moment indukcyjny silnika $[\text{Nm}]$

M_{sw} - moment obrotowy potrzebny na pokonanie oporów wewnętrznych $[\text{Nm}]$

ponieważ

$$M_i - M_{sw} = M_e \quad (2)$$

M_e - moment efektywny, jaki może być odbierany z silnika przy danej prędkości $\frac{d\varphi}{dt}$

to

$$J \frac{d^2\varphi}{dt^2} + \frac{1}{2} \frac{dJ}{d\varphi} \left(\frac{d\varphi}{dt} \right)^2 = M_e \quad (3)$$

czyli moment efektywny M_e odpowiadający chwilowemu momentowi obrotowemu podczas przyspieszenia kątowego jest równoważny przez moment reakcyjny M_r /lewa strona równania 3 /.

Człon

$$\frac{1}{2} \frac{dJ}{d\varphi} \left(\frac{d\varphi}{dt} \right)^2 \quad (4)$$

określa wielkość zmiany momentu reakcyjnego M_r w zależności od zmiany zredukowanego momentu bezwładności I jako funkcji położenia wału korbowego określonego przez kąt φ . Z badań [3] wy -

nika, że człon ten można w równaniu (1) pominąć, jeżeli czas trwania stanu nieustalonego jest większy od czasu trwania jednego cyklu kinematycznego silnika.

Równanie (3) przyjmuje postać:

$$I \frac{d^2 \varphi}{dt^2} = M_e \quad (5)$$

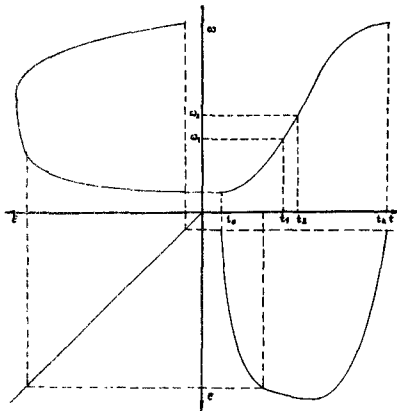
Równanie (5) jest praktycznie wykorzystane w dynamicznej bezhamulcowej metodzie diagnostyki silnika.

Moc silnika określana jest jako iloczyn wartości momentu M_e i prędkości kątowej ω , przy której wartość momentu obrotowego M_e została zmierzona.

$$P = I \frac{d^2 \varphi}{dt^2} \cdot \frac{d\varphi}{dt} \quad (6)$$

2. Opis metod określania prędkości kątowej, przyspieszenia kątowego, momentu obrotowego i mocy silnika.

Uogólniając czasową funkcję prędkości kątowej ω dla wału korbowego silnika w stanie nieustalonym można ją przedstawić graficznie, jak na rysunku 1.

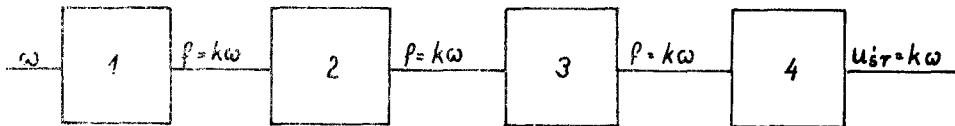


Rys.1. Wykres funkcji prędkości kątowej i przyspieszenia kąowego wału korbowego silnika spalinowego

Czas $t_e = t_k - t_0$ trwania stanu nieustalonego w nowoczesnych silnikach szybkoobrotowych może wynosić około 0,5 s. W tym czasie wał korbowy obróci się o około 30-120 rad. W związku z tak krótkim czasem trwania stanu wymagana jest duża czułość obrotomierza, który dokładnie odwzorowywałby funkcję prędkości kątowej $\omega = F(t)$ w postaci napięcia u .

$$u = k_1 \omega = k_1 F(t)$$

Z tego względu najodpowiedniejsze jest zastosowanie bezdotykowego obrotomierza z przetwornikiem fotoelektrycznym lub reluktancyjnym o czułości $k = 15 \frac{\text{impuls}}{\text{rad}}$. Układ taki w postaci blokowej jest przedstawiony na rysunku 2.



Rys.2. Schemat blokowy obrotomierza impulsowego:

- 1 - przetwornik impulsowy,
- 2 - przerzutnik Schmitta,
- 3 - przerzutnik monostabilny,
- 4 - blok uśredniający,

Przetwornik impulsowy przetwarza prędkość kątową na ciąg impulsów o częstotliwości f

$$f = k\omega \quad (7)$$

ponieważ

$$\omega = F(t)$$

to

$$f = k \cdot F(t)$$

Blok 2 przetwarza impulsy o dowolnym kształcie na ciąg impulsów prostokątnych o dużej stromości zbocza i stałej amplitudzie, blok 3 wytwarza impulsy o stałej amplitudzie U_{\max} i czasie trwania T_p w całym zakresie pomiarowym obrotomierza. Blok uśredniający 4 uśrednia napięcie ciągu impulsów z bloku 3.

$$U_{\text{śr}} = U_{\max} \frac{T_p}{T} \quad (8)$$

ponieważ

$$T = \frac{1}{k \omega} \quad (9)$$

to

$$U_{\text{śr}} = U_{\text{max}} T_p k \omega \quad (10)$$

$$k_1 = U_{\text{max}} T_p k \quad (11)$$

$$U_{\text{śr}} = k_1 \omega \quad (12)$$

gdzie:

U_{max} - amplituda impulsu z bloku 3 [V]

T_p - czas trwania impulsu z bloku 3 [s]

$U_{\text{śr}}$ - napięcie wyjściowe z bloku 4 [V]

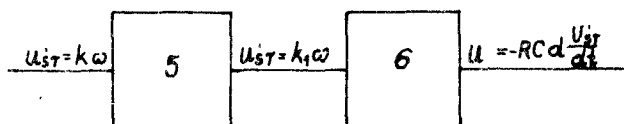
T - okres cyklu w przetworniku 1 [s]

Określenie przyspieszenia kątowego wału korbowego można najłatwiej wykonać analogową metodą przez różniczkowanie funkcji $\omega = F(t)$

$$\varepsilon = \frac{d\omega}{dt} = \frac{dF(t)}{dt} \quad (13)$$

Różniczkowanie można wykonać w układzie jak na rysunku 3 składającym się z filtra dolnoprzepustowego 5, który zapobiega przedostaniu się do analogowego bloku różniczkującego 6 wyższych częstotliwości. Analogowy blok różniczkujący 6 zbudowa -

ny w oparciu o wzmacniacz operacyjny, różniczkuje napięcie podane na jego wejście według wzoru:



Rys.3. Schemat blokowy układu różniczkującego:

5 - aktywny filtr dolnoprzepustowy,

6 - blok różniczkujący,

$$U_{wy} = -RC \frac{dU_{we}}{dt} \quad (14)$$

$$U_{we} \cong U_{sr} = k_1 \omega$$

$$U_{wy} = -RC k_1 \frac{d\omega}{dt} \Rightarrow \frac{d\omega}{dt} = -\frac{U_{wy}}{RCk_1} \quad (15)$$

gdzie:

R - oporność opornika w sprzężeniu zwrotnym wzmacniacza operacyjnego $[\Omega]$,

C - pojemność na wejściu wzmacniacza operacyjnego $[F]$,

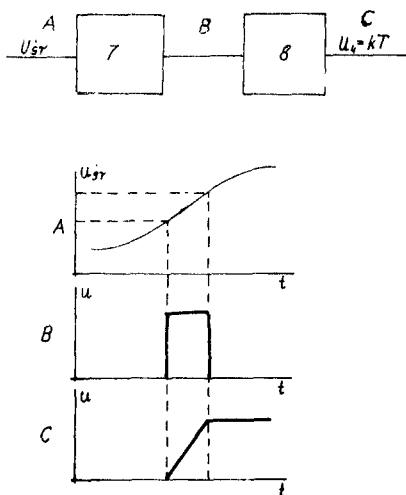
Często interesujące jest poznanie przyspieszenia kąowego ε przy określonej prędkości kątovej ω /patrz rys.1/. Wartość tego przyspieszenia obliczyć można ze wzoru

$$\varepsilon = \frac{\omega_2 - \omega_1}{\Delta t} = \frac{\Delta \omega}{\Delta t} \quad (16)$$

Dla małych wartości $\Delta\omega$ można przyjąć, że w tym przedziale ω zmienia się liniowo i przypisać tak obliczone przyspieszenie prędkości kątowej ω .

$$\omega = \frac{\omega_1 + \omega_2}{2} \quad (17)$$

Przyjmując we wzorze (16) $\Delta\omega$ za stałą, ε jest funkcja odwrotnie proporcjonalną do Δt , a tym samym każdej wartości Δt można jednoznacznie przypisać wartość ε . Układ, który służy do wyznaczania tym sposobem ε jest przedstawiony na rysunku 4.



Rys.4. Schemat blokowy układu do pomiaru czasu przyspieszenia wału korbowego z prędkości kątowej ω_1 do ω_2 :

- 7 - dyskryminator okienkowy,
- 8 - układ całkujący,
- A - przebieg napięcia na wejściu dyskryminatora,
- B - przebieg napięcia na wyjściu dyskryminatora,
- C - przebieg napięcia na wyjściu układu całkującego,

Blok 7 jest dyskryminatorem okienkowym. Wspólną cechą dyskryminatorów jest to, że służą do stwierdzenia, czy napięcie doprowadzone na wejście znajduje się w przedziale określonym przez napięcia odniesienia U_1 i U_2 . Fakt, że napięcie wejściowe znajduje się w tym przedziale dyskryminator okienkowy sygnalizuje impulsem prostokątnym o stałej amplitudzie, który trwa przez cały czas, gdy napięcie wejściowe znajduje się w wyznaczonym przedziale. Przypisując napięcie odniesienia U_1 prędkości kątowej ω_1 oraz napięcie U_2 prędkości ω_2

$$U_1 = k_1 \omega_1$$

$$U_2 = k_2 \omega_2$$

po doprowadzeniu na wejście dyskryminatora napięcia

$$U_{\text{śr}} = k \omega$$

dyskryminator wytworzy impuls prostokątny o napięciu U_3 i czasie trwania ΔT . Całkując następnie impuls w bloku 8, który jest analogowym układem całkującym zbudowanym w oparciu o wzmacniacz operacyjny na jego wyjściu uzyskamy napięcie

$$U = \frac{1}{-RC} \int_{t_1}^{t^2} U_3 dt \quad (18)$$

Po zaniknięciu impulsu / U_{sr} przekroczyło napięcie U_2 / na wyjściu układu całkującego wystąpi napięcie

$$U_4 = \frac{1}{-RC} U_3 \Delta T \quad (19)$$

$$U_4 = k_3 \Delta T \quad (20)$$

które może służyć do sterowania wskaźnika uchyłkowego lub analogowego układu dzielącego.

Moment obrotowy wyznaczony zostaje przez wymnożenie równania (15) lub (16) przez zredukowany moment bezwładności I . Mnożąc w analogowym układzie mnożącym napięcie U_{wy} i U_{sr} uzyskuje się napięcie U_6 proporcjonalne do mocy rozwijanej przez silnik.

$$U_6 = k_6 U_{wy} U_{sr} \quad (21)$$

$$U_6 = k_6 U_{max} T_p k\omega / -RC k_1 \frac{d\omega}{dt} / \cdot I \quad (22)$$

$$U_6 = k_4 \frac{d\omega}{dt} \omega \cdot I \quad (23)$$

Jeżeli ϵ określone było na podstawie mierzenia Δt , to określenie wartości mocy następuje przez podzielenie U przez U_4 .

$$U = k_1 \frac{\omega_1 + \omega_2}{2} \quad (24)$$

$$U_7 = k_5 \frac{U}{U_4}$$

w analogowym układzie dzielącym.

3. Zakończenie

Wykorzystując liniowe układy scalone można zbudować przyrząd do stosowania dynamicznej bezhamulcowej metody diagnostyki silnika. Nie omówiono realizacji poszczególnych bloków, ponieważ są one ogólnie znane. Wskazano jedynie na możliwość aplikacji. Przyrząd do diagnostycznej oceny silnika za pomocą metody bezhamulcowej jest obecnie budowany w Zespole Eksploatacji Maszyn i Urządzeń Rolniczych ATR w Bydgoszczy.

Literatura

1. Kulka Z., Nadchowski M.: Linowe układy scalone i ich zastosowanie. Ośrodek informacji o energii jądrowej. Warszawa 1973.
2. Mazur T., Niziński C., Pelc H.: Wykorzystanie metody przyspieszeń w badaniach efektywności pracy i strat wewnętrznych silników. Materiały Sympozjum Instytutu Eksploatacji Pojazdów Mechanicznych WAT. Część 4, grudzień 1976.
3. Liwszin B.M., Kliejn A.T.: Dynamiczna bezhamulcowa metoda diagnostycznych badań silników samochodowych. Mechanizacja i elektryfikacja socjalistycznego rolnictwa 6/1976.
4. Patent PRL 79541 z dnia 30.12.1975 r.

A DYNAMIC METHOD OF DETERMINING TURNING MOMENT AND
POWER OF ENGINES

Summary

On the basis of a critical analysis of technological conditions which was carried out before constructing an attachment for diagnostic assessment of engines by means of a "self-load" method in a non-stationary state. There have been shown theoretical principles of the method and means of the construction of blocks for an attachment for determining the angular acceleration of the engine shaft, turning moment and power.

СПОСОБЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УГЛОВОЙ СКОРОСТИ И
УГЛОВОГО УСКОРЕНИЯ ПРИ ДИНАМИЧЕСКОМ БЕЗ-
ТОРМОЗНОМ МЕТОДЕ ДИАГНОСТИКИ ДВИГАТЕЛЕЙ

Резюме

На основании критического анализа состояния техники, проведенного до конструирования прибора для диагностической оценки двигателей методом "самоагрузки" в неопределенном состоянии, показаны теоретические основы метода и способы реализации блоков прибора для определения углового ускорения вала двигателя, момента вращения и мощности.



Biблиотека ГИ
в Бюро

Cena zł 10,—