

MASZyny BUDOWLANO- -DROGOWE I DO ROBÓT ZIEMNYCH	N O R M A B R A N Ż O W A	BN-81
	Przekładnie hydrokinetyczne jednostopniowe trójczłonowe Metody badań laboratoryjnych	1156-07
		Grupa katalogowa 0410

NB-92/14

1. WSTĘP

**1.1. Przedmiot normy.** Przedmiotem normy są metody badań laboratoryjnych dotyczące przekładni hydrokinetycznych jednostopniowych trójczłonowych przeprowadzone w celu sprawdzenia parametrów podstawowych wg BN-76/1156-01 oraz wymagań ogólnych wg BN-79/1156-06.

Norma nie obejmuje metod badań specjalistycznych, stosowanych przez producentów przekładni w trakcie procesu badawczo-rozwojowego nowych modernizo-

wanych rozwiązań konstrukcyjnych przekładni hydrokinetycznych.

**1.2. Zakres stosowania normy.** Postanowienia normy powinny być stosowane przy badaniach kwalifikacyjnych przekładni hydrokinetycznych wdrażanych do produkcji krajowej oraz badaniach testacyjnych przekładni importowanych wprowadzanych do obrotu i eksploatacji w maszynach produkcji krajowej, a także przy badaniach kontrolnych jakości przekładni produkowanych seryjnie w kraju.

## 2. NAZWY I OZNACZENIA

Tablica 1

Nazwa	Oznaczenie	Jednostka miary
Prędkość kątowna (obrotowa) wirnika pompy przekładni hydrokinetycznej	$\omega_1$ $n_1$	rad/s obr/min
Prędkość kątowna (obrotowa) wirnika turbiny przekładni hydrokinetycznej	$\omega_2$ $n_2$	rad/s obr/min
Prędkość obrotowa wału silnika spalinowego wysokoprężnego	$n_s$	obr/min
Moment obrotowy na wale wirnika pompy (na wejściu do przekładni hydrokinetycznej)	$M_1$	N · m
Moment obrotowy na wale wirnika turbiny (na wyjściu z przekładni hydrokinetycznej)	$M_2$	N · m
Moment obrotowy na wale silnika spalinowego wysokoprężnego	$M_s$	N · m
Natężenie przepływu oleju na wejściu przekładni hydrokinetycznej	$Q_1$	l/min
Natężenie przepływu oleju na wyjściu przekładni hydrokinetycznej	$Q_2$	l/min
Przecieki z przekładni hydrokinetycznej	$Q_p$	l/min
Ciśnienie oleju na wejściu przekładni hydrokinetycznej	$p_1$	MPa
Ciśnienie oleju na wyjściu przekładni hydrokinetycznej	$p_2$	MPa
Ciśnienie oleju na wyjściu z pompy hydraulicznej układu osprzętu roboczego	$p_{HR}$	MPa
Temperatura oleju na wejściu przekładni hydrokinetycznej	$T_1$	°C
Temperatura oleju na wyjściu przekładni hydrokinetycznej	$T_2$	°C
Współczynnik momentu obrotowego wirnika pompy	$\lambda_1$	rad <sup>2</sup>
Gęstość czynnika roboczego	$\xi$	kg/m <sup>3</sup>
Godzinowe zużycie paliwa przez silnik spalinowy wysokoprężny	$G_c$	kg/h
Jednostkowe zużycie paliwa przez silnik spalinowy wysokoprężny	$g_c$	g/kWh
Godzinowe zużycie paliwa przez silnik w zespole napędowym (silnik spalinowy — przekładnia hydrokinetyczna)	$G'_c$	kg/h
Jednostkowe zużycie paliwa przez silnik w zespole napędowym (silnik spalinowy — przekładnia hydrokinetyczna)	$g'_c$	g/kWh
Moc silnika spalinowego wysokoprężnego	$N_s$	kW
Moc wyjściowa z przekładni hydrokinetycznej pracującej z silnikiem spalinowym	$N_z$	kW

Dopuszcza się stosowanie aparatury pomiarowej do pomiaru wartości momentu obrotowego w kg · m oraz wartości ciśnienia w kg/cm<sup>2</sup> pod warunkiem, że ostateczne wyniki pomiarów i badań będą określone w legalnych jednostkach miary podanych w tablicy.

Zgłoszona przez Przemysłowy Instytut Maszyn Budowlanych  
Ustanowiona przez Naczelnego Dyrektora Zjednoczenia Przemysłu Maszyn Budowlanych dnia 31 stycznia 1981 r.  
jako norma obowiązująca od dnia 1 lipca 1982 r.  
(Dz. Norm. i Miar nr 7/1981 poz. 36)

Nazwy i oznaczenia pozostałych parametrów przekładni hydrokinetycznych — wg BN-76/1156-01.

### 3. PRZYGOTOWANIE DO BADAŃ

**3.1. Dokumentacja techniczna.** Przy przedstawianiu przekładni hydrokinetycznej do badań wymagana jest dokumentacja, w skład której wchodzi co najmniej:

- zaświadczenie KJ producenta,
- kompletna dokumentacja konstrukcyjna przekładni (nie obowiązująca dla przekładni importowanych),
- kompletna dokumentacja techniczno-ruchowa wg BN-77/2058-01 (dla przekładni hydrokinetycznej produkcji krajowej),
- karta gwarancyjna przekładni.

Zaleca się, aby w skład dokumentacji technicznej, przekładni hydrokinetycznej przedstawionej do badań włączono:

- wykaz zmian wprowadzonych przy modernizacji konstrukcji przekładni (jeśli były),
- materiały z poprzednich badań (jeśli były).

Przy przedstawianiu przekładni hydrokinetycznej do badań wg rozdz. 4 wymagane jest, aby silnik biorący udział w badaniach był dostarczony wraz z dokumentacją techniczną i instrukcją obsługi oraz opracowanymi wg PN-80/M-34000 charakterystykami silnika  $M_s$ ,  $N_s$ ,  $G_e$  i  $g_e$  w zależności od prędkości obrotowej wału silnika  $n_s$ , przy stopniowanym wzroście prędkości  $n_s$  co 200 obr/min, w zakresie prędkości od  $n_s = 600$  obr/min do  $n_{smax}$ .

**3.2. Stan techniczny przekładni hydrokinetycznej.** Przekładnia hydrokinetyczna przedstawiana do badań powinna być wykonana zgodnie z dokumentacją konstrukcyjną, w stanie całkowicie zmontowanym (z własną pompą hydrauliczną), po wstępnych próbach ruchowych, sprawna technicznie i przygotowana do eksploatacji zgodnie z instrukcją obsługi podaną przez producenta.

Stan kompletności i wykonania na gotowo (łącznie z pokryciami malarskimi i konserwującymi) oraz przygotowanie przekładni hydrokinetycznej do eksploatacji powinny być potwierdzone przez KJ producenta.

**3.3. Badania wstępne.** Przed przystąpieniem do badań powinny być przeprowadzone oględziny zewnętrzne przekładni hydrokinetycznej mające na celu sprawdzenie:

- a) kompletności i stanu aktualności dokumentacji technicznej przekładni wg 3.1,
- b) jakości i stanu opakowania przekładni wg BN-79/1156-06 p. 3.1,
- c) kompletności przekładni i jej wyposażenia na zgodność z dokumentacją konstrukcyjną,
- d) grubości i estetyki pokryw malarskich zewnętrznych elementów przekładni na zgodność z wymaganiami w dokumentacji konstrukcyjnej oraz wg BN-79/1156-06 p. 2.5.7,
- e) cechowania na zgodność z wymaganiami wg BN-79/1156-06 p. 2.6,
- f) pewności połączeń gwintowych na zgodność z wymaganiami w dokumentacji konstrukcyjnej oraz wg BN-79/1156-06 p. 2.4.1,

g) oporów własnych ruchu obrotowego wałka wirnika pompy oraz wałka wirnika turbiny przeprowadzane przez obracanie ręczne na zgodność z wymaganiami wg BN-79/1156-06 p. 2.5.1.

### 4. BADANIA

**4.1. Postanowienia ogólne.** Badania laboratoryjne przekładni hydrokinetycznych przeprowadzane są głównie w ramach badań kwalifikacyjnych i kontrolnych.

Badania kwalifikacyjne obejmują:

- badania pełne typu przeprowadzane na wyrobach prototypowych lub z serii próbnej przed wprowadzeniem przekładni hydrokinetycznej do produkcji seryjnej,
- badania niepełne typu, przeprowadzane na przekładniach hydrokinetycznych importowanych, przed wprowadzeniem danego typu przekładni do maszyn produkcji krajowej.

Badania kontrolne obejmują:

- badania pełne przeprowadzane na przekładniach wybranych z partii wyrobów produkowanych seryjnie i przedstawionych do odbioru,
- badania niepełne przeprowadzane na wszystkich (100 %) produkowanych seryjnie i przedstawionych do odbioru przekładniach.

Zakresy badań laboratoryjnych, przeprowadzanych w ramach badań kontrolnych przekładni hydrokinetycznych produkowanych seryjnie w kraju, określają normy przedmiotowe poszczególnych typów przekładni, a zakresy badań laboratoryjnych przeprowadzanych w ramach badań kwalifikacyjnych — obowiązujące normy i przepisy dotyczące wprowadzania wyrobów do produkcji, obrotu i eksploatacji.

Pełny zakres badań laboratoryjnych przekładni hydrokinetycznych podano w 4.2.2.

#### 4.2. Opis badań

**4.2.1. Ogólne warunki badań.** Badania laboratoryjne przekładni hydrokinetycznej powinny być przeprowadzane na stanowiskach badawczych znajdujących się w pomieszczeniach odizolowanych od wpływów zewnętrznych mogących mieć wpływ na wyniki pomiarów, przy stałej temperaturze od 15 °C do 25 °C i wilgotności względnej powietrza nie przekraczającej 75 %. W skład wyposażenia pomieszczeń i stanowisk badawczych do badań wg 4.2.3 ÷ 4.2.7 powinny wchodzić:

- wyposażenie laboratorium metrologicznego w zakresie aparatury i przyrządów pomiarowych umożliwiających przeprowadzenie badań makro- i mikrometrycznych elementów przekładni hydrokinetycznej,
- urządzenia do pomiaru masy przekładni, w postaci wagi lub dynamometru o zakresie pomiarowym do 1000 kg i klasie dokładności 0,5,
- przyrządy i narzędzia pomiarowe ogólnego zastosowania do pomiaru długości w zakresie pomiarowym umożliwiającym pomiary wymiarów zewnętrznych przekładni, z dokładnością określoną w dokumentacji konstrukcyjnej,
- przyrządy miernicze do pomiaru objętościowego ilości oleju z dokładnością do 50 cm<sup>3</sup>,

— przyrządy do pomiaru czasu z dokładnością do 0,1 s,

— przyrządy i aparatura do badania pokryw malar-  
skich przekładni hydrokinetycznej wg BN-74/2001-01  
i norm przedmiotowych,

— termometry stykowe o zakresie pomiarowym do  
150 °C i dokładności pomiarów do 1 °C,

— zestaw kluczy dynamometrycznych.

Aparatura pomiarowa oraz urządzenia, narzędzia  
i przyrządy pomiarowe wchodzące w skład wyposażenia  
laboratorium oraz poszczególnych stanowisk badaw-  
czych powinny mieć aktualne atesty legalizacyjne. Wy-  
posażenie stanowisk badawczych do badań wg 4.2.8,  
4.2.9 i 4.2.10 powinno umożliwiać wykonanie pomia-  
rów momentu obrotowego z dokładnością do  $\pm 0,5\%$ ,  
prędkości obrotowej z dokładnością do  $\pm 0,2\%$ , natęże-  
nia przepływu z dokładnością do  $\pm 3\%$ , mierzonych  
wielkości. Do pomiarów temperatury oleju powinny być  
stosowane mierniki o dokładności wskazań  $\pm 1\text{ °C}$ , a do  
pomiarów ciśnienia oleju mierniki klasy 0,5. Przy bada-  
niach natężenia hałasu emitowanego przez pracującą  
przekładnię hydrokinetyczną wg 4.2.11 powinno być sto-  
sowane wyposażenie wg PN-71/N-01300. Wartości para-  
metrów zmierzone na początku badań należy uważać  
za ustalone, jeżeli w trakcie badań ich wahania nie  
przekraczają  $\pm 1\%$  mierzonej wielkości.

Liczba punktów pomiarowych powinna być dosta-  
teczna dla pełnego przedstawienia przebiegu krzywych  
funkcjonalnych zależności, ze wszystkimi osobliwo-  
ściami w całym zakresie.

Temperatura cieczy roboczej w trakcie przeprowa-  
dzania pomiarów nie powinna podlegać większym waha-  
niom niż  $\pm 5\text{ °C}$ ; temperatura oleju w czasie badań nie  
powinna przekraczać wartości dopuszczalnej określonej  
przez producenta tego oleju.

**4.2.2. Zakres badań laboratoryjnych.** Badania labo-  
ratoryjne przekładni hydrokinetycznych obejmują:

a) pomiary wymiarów zewnętrznych przekładni,

b) pomiary masy (własnej i eksploatacyjnej) prze-  
kładni,

c) pomiary mikrometryczne elementów i zespołów  
przekładni,

d) pomiary momentów dokręcania połączeń gwinto-  
wych przekładni,

e) badania pokryw malarskich,

f) badania charakterystyk technicznych przekładni  
hydrokinetycznej,

g) badania charakterystyk technicznych przekładni  
hydrokinetycznej pracującej w zespole (silnik spali-  
nowy wysokoprężny — przekładnia hydrokinetyczna),

h) badania trwałościowe przekładni hydrokinetycz-  
nej na stanowisku z silnikiem spalinowym wysokoprę-  
żnym,

i) badania hałasu emitowanego przez pracującą  
przekładnię.

**4.2.3. Pomiary zewnętrznych wymiarów przekładni  
hydrokinetycznej** należy przeprowadzać mierząc wiel-  
kości wymiarów charakterystycznych, w tym wymiarów  
przyłączeniowych podanych na rysunku katalogowym  
przekładni. Sprawdzeniu i ocenie podlegają wartości

nominalne wymiarów i zachowanie tolerancji wykonaw-  
czych na zgodność z wymaganiami podanymi  
w dokumentacji konstrukcyjnej.

**4.2.4. Pomiary masy przekładni** należy przeprowa-  
dzać przez ważenie, określając:

a) masę eksploatacyjną kompletnej przekładni hydro-  
kinetycznej, zawierającej olej w przestrzeni wirnikowej  
wraz z pompą zasilającą,

b) masę własną kompletnej przekładni hydrokinety-  
cznej, bez oleju w przestrzeni wirnikowej i pompy za-  
silającej.

**4.2.5. Pomiary mikrometryczne elementów i zespołów  
przekładni** należy przeprowadzać w ramach badań kwa-  
lifikacyjnych oraz badań kontrolnych okresowych, przy  
demontażu przekładni przed rozpoczęciem badań  
charakterystyk przekładni i po zakończeniu badań  
trwałościowych przeprowadzanych wg 4.2.10.

Pomiarom mikrometrycznym podlegają co najmniej:

— wirniki pompy, turbiny i kierownicy przekładni,

— wały pompy (na wejściu przekładni) i turbiny  
(na wyjściu z przekładni),

— osłona wirnika pompy o korpus główny obudowy  
przekładni.

Pomiary mikrometryczne powinny być przeprowa-  
dzone przy użyciu wyposażenia laboratorium metrologicz-  
nego, w identycznych warunkach badawczych, przed  
rozpoczęciem badań charakterystyk i po zakończeniu  
badań trwałościowych przekładni.

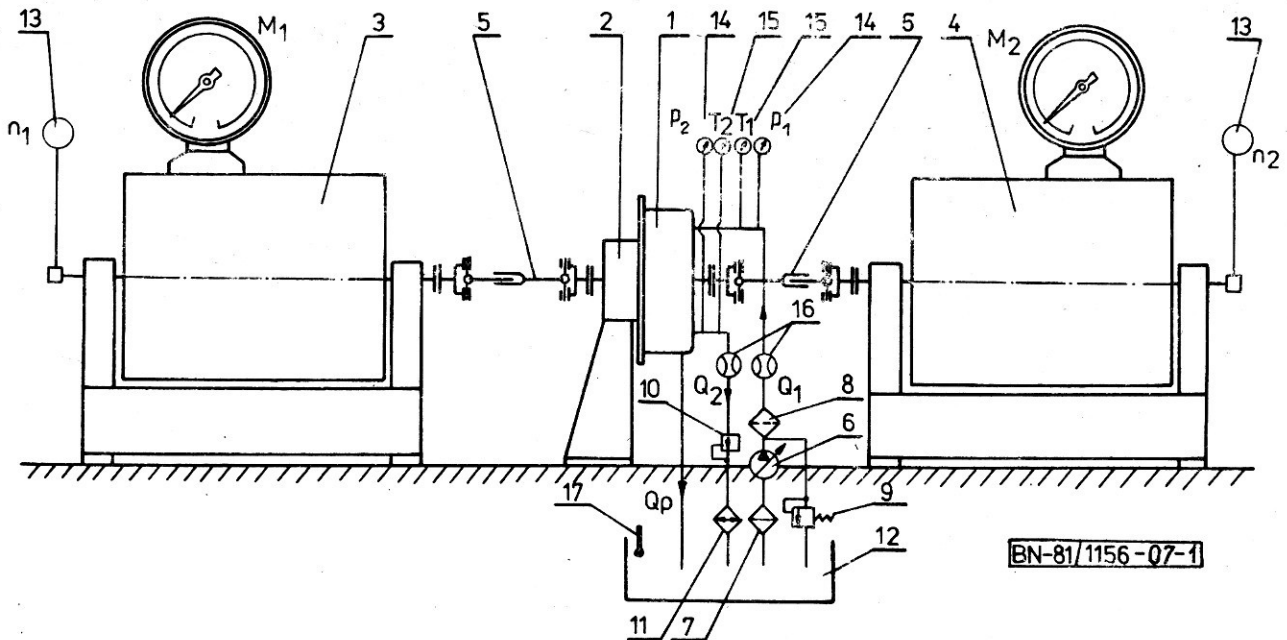
Na podstawie wyników pomiarów mikrometrycznych  
sprawdzeniu i ocenie podlega stan lub stopień zuży-  
cia wytypowanych elementów przekładni przed i po pra-  
cy przekładni pod obciążeniem w trakcie określonych  
badań.

**4.2.6. Pomiary momentów dokręcenia połączeń gwin-  
towych** przekładni należy przeprowadzać stosując od-  
powiednie klucze dynamometryczne. Sprawdzeniu i oce-  
nie stanu spełnienia wymagań wg BN-79/1156-06  
p. 2.4.1 powinny być poddane wszystkie zewnętrznie do-  
stępne połączenia elementów przekładni w stanie kom-  
pletnie zmontowanym zarówno przed rozpoczęciem jak  
i po zakończeniu badań przekładni hydrokinetycznej,  
jak również po każdym częściowym montażu elementów  
i zespołów przekładni przeprowadzanym w trakcie ba-  
dań.

**4.2.7. Badania pokryw malarskich** na zewnętrznych  
niepracujących powierzchniach elementów przekładni  
należy przeprowadzać wg BN-74/2001-01.

**4.2.8. Badania charakterystyk przekładni hydrokine-  
tycznej** mają na celu określenie parametrów pracy,  
poznanie rzeczywistych własności eksploatacyjnych  
przekładni i porównanie ich z wartościami podanymi  
w charakterystyce technicznej wyrobu (przekładni  
hydrokinetycznej w wykonaniu prototypowym, z serii  
próbnej lub z przemysłowej produkcji seryjnej).

Przykładowy schemat stanowiska badawczego do  
badań charakterystyk przekładni hydrokinetycznej po-  
dano na rys. 1.



Rys. 1. Przykładowy schemat stanowiska do badań charakterystyk przekładni hydrokinetycznej

1-przekładnia hydrokinetyczna, 2-wspornik, 3-elektryczna maszyna napędzająca, 4-elektryczna maszyna hamująca, 5-wały napędowe przegubowe, 6-pompa olejowa o regulowanym wydatku z własnym napędem, 7-filtr zgrubnego oczyszczania, 8-filtr dokładnego oczyszczania, 9-zawór przelewowy, 10-zawór ustalający wielkość ciśnienia oleju na wyjściu z przekładni, 11-chłodnica oleju, 12-zbiornik oleju, 13-mierniki prędkości obrotowej (obrotomierze), 14-mierniki ciśnienia oleju, 15-mierniki temperatury oleju, 16-mierniki przepływu oleju (przeptywomierze), 17-termometr.

W skład wyposażenia stanowiska badawczego do badań charakterystyk przekładni hydrokinetycznej powinny wchodzić:

- urządzenie (wspornik) do ustawienia i zamocowania przekładni,
- urządzenia do napędu i hamowania przekładni hydrokinetycznej — zaleca się stosowanie elektrycznych maszyn dynamometrycznych, o zakresach pracy prądnicowej i silnikowej i maksymalnej prędkości obrotowej  $n_{max} = 3000$  obr/min,
- wały napędowe przegubowe,
- układ zasilania olejem przekładni hydrokinetycznej,
- układ chłodzenia oleju,
- aparatura i przyrządy pomiarowe do pomiarów prędkości obrotowej i momentu obrotowego, ciśnienia i temperatury oraz natężenia przepływu oleju,
- pulpity sterownicze (zaleca się umieszczenie go w wydzielonej izolowanej akustycznie kabinie) umożliwiającej sterowanie z jednego miejsca pracą urządzeń i aparatury pomiarowo-kontrolnej.

Przekładnia hydrokinetyczna na stanowisku badawczym powinna być usytuowana i zamocowana zgodnie z zaleceniami producenta, a wały napędowe przegubowe powinny być usytuowane poziomo i połączone z wałami: wejściowym i wyjściowym przekładni w taki sposób, aby kąty pomiędzy osiami wału napędowego przegubowego oraz osią wału wejściowego lub wyjściowego przekładni nie przekroczyły wartości  $\pm 2^\circ 30'$ .

Po zamocowaniu przekładni hydrokinetycznej na stanowisku badawczym, podłączeniu przewodów oraz aparatury pomiarowo-kontrolnej należy przeprowadzić wstępne próby ruchowe przekładni sprawdzając szczelność połączeń i prawidłowość działania wszystkich

elementów i zespołów wyposażenia stanowiska badawczego.

Po pozytywnych wynikach wstępnych prób ruchowych należy przeprowadzić docieranie przekładni hydrokinetycznej przy momencie obrotowym na wyjściu przekładni  $M_2 = 0$  oraz prędkościach obrotowych wirnika pompy przekładni  $n_1$  podanych w tabl. 2.

Tablica 2

Prędkość obrotowa wirnika pompy przekładni mierzona na wale wejściowym, $n_1$	Czas pracy przekładni przy określonej prędkości obrotowej $n_1$ wału wirnika pompy, $t$
obr/min	min
600	90
1000	60
1500	60
2000	45
$n_{1max}$	30

Po przeprowadzeniu docierania przekładni hydrokinetycznej należy przeprowadzić szczegółowe oględziny zewnętrzne miejsc połączeń elementów i zespołów przekładni oraz miejsc połączeń przewodów w układzie zasilania olejem oraz chłodzenia oleju.

Badania obejmują:

- wyznaczanie strat wewnętrznych przekładni hydrokinetycznej,
- badania kawitacji,
- wyznaczenie charakterystyk przekładni hydrokinetycznej,
- wykonanie charakterystyki uniwersalnej.

a) Wyznaczanie strat wewnętrznych przekładni hydrokinetycznej. Przebieg strat wewnętrznych przekładni należy wyznaczać przy pracy przekładni z nie-

obciążonym wałem wyjściowym ( $M_2 = 0$ ) w zakresie prędkości obrotowej wału wejściowego od  $n_1 = 0$  do  $n_1 = n_{1max}$ , przy stopniowaniu wartości  $n_1$  co 200 obr/min. W trakcie pracy przekładni należy mierzyć i rejestrować wartości momentu obrotowego  $M_1$  na wale wejściowym przekładni, w zależności od  $n_1$ .

b) Badania kawitacji obejmują wyznaczenie charakterystyk bezwymiarowych przekładni, w tym przełożenia dynamicznego  $i_d$  oraz sprawności  $\eta = f(i_k)$ , przy prędkości obrotowej wału wirnika pompy (na wejściu do przekładni)  $n_1 = n_{1max}$  i stopniowym obniżaniu ciśnienia oleju na wejściu do przekładni  $p_1$  aż do wartości, przy której wystąpią objawy świadczące o powstaniu kawitacji w przestrzeni roboczej przekładni tj.:

— nastąpi znaczące obniżenie osiągow przekładni określone zmniejszeniem wartości przełożenia dynamicznego  $i_d$  oraz sprawności przekładni  $\eta$ ,

— wystąpi znaczący wzrost głośności pracy przekładni.

c) Wyznaczenie charakterystyk przekładni hydrokinetycznej przy

— pracy przekładni normalnej w zakresie przełożeń kinematycznych od  $i_k = 0$  do  $i_k = i_{kp}$  ( $i_{kp}$  — przełożenie kinematyczne przekładni przy  $i_d = 0$ )

— w trakcie pracy przekładni z ustaloną prędkością obrotową wału wejściowego w zakresie od  $n_1 = 600$  obr/min do  $n_{1max}$  stopniowaną co 200 obr/min, należy wykonać charakterystyki  $M_1$ ,  $M_2$ ,  $\eta$ ,  $i_d$  oraz  $\lambda_1$  w zależności od  $i_k$ , przy zmianach prędkości obrotowej wału wyjściowego przekładni od  $n_{2max}$  (przy  $M_2 = 0$ ) do  $n_2 = 0$ .

Pomiarom i rejestracji podlegają wartości:

— momentów obrotowych na wejściu i wyjściu —  $M_1$  i  $M_2$ ,

— prędkości obrotowych wałów na wejściu i wyjściu —  $n_1$  i  $n_2$ ,

— natężenia przepływu oleju na wejściu i wyjściu —  $Q_1$  i  $Q_2$ ,

— ciśnienia oleju na wejściu i wyjściu —  $p_1$  i  $p_2$ ,

— temperatury oleju na wejściu i wyjściu —  $T_1$  i  $T_2$  podczas:

— pracy przekładni z unieruchomionym wałem turbiny ( $n_2 = 0$ ,  $i_k = 0$ ) — w trakcie pracy przekładni z ustaloną prędkością wału wejściowego w zakresie od  $n_1 = 600$  obr/min do  $n_{1max}$  stopniowaną co 200 obr/min, należy wykonać pomiary rejestrując wartości parametrów tych samych jak w c). Na podstawie wyników pomiarów należy wykonać charakterystyki  $M_1$ ,  $M_2$  i  $i_d$  w zależności od  $n_1$ .

— pracy przekładni na nadbiegu ( $i_k > i_{kp}$ ) — w trakcie pracy przekładni z ustaloną prędkością wału wejściowego  $n_1$ , nadbieg (przy zmienności od  $i_k = i_{kp}$  do  $i_{kmax}$ ) uzyskuje się poprzez włączenie napędu wału turbiny o kierunku obrotów zgodnym z kierunkiem obrotów wirnika pompy (i wału wejściowego przekładni). W trakcie pracy przekładni z nadbiegiem należy wykonać charakterystyki  $M_1$ ,  $M_2$ ,  $\eta$ ,  $i_d$  oraz  $\lambda_1$  w zależności od  $i_k$  — przy prędkościach obrotowych wału wejściowego przekładni  $n_1 = 800, 1000, 1200, 1400$

i 1600 obr/min, nie przekraczając w trakcie badań największej dopuszczalnej prędkości obrotowej wału wyjściowego przekładni ( $n_2 \leq n_{2max}$ ).

— pracy przekładni na przeciwbiegu ( $i_k < 0$ ) — w trakcie pracy przekładni z ustaloną prędkością wału wejściowego  $n_1$ , pracę na przeciwbiegu uzyskuje się poprzez włączenie napędu wału turbiny o kierunku obrotów przeciwnym do kierunku obrotów wirnika pompy (i wału wejściowego przekładni). W trakcie pracy przekładni z ustaloną prędkością obrotową wału wejściowego w zakresie od  $n_1 = 600$  obr/min do  $n_{1max}$  stopniowaną co 200 obr/min, należy wykonać charakterystyki  $M_1$ ,  $M_2$ ,  $i_d$  oraz  $\lambda_1$  w zależności od  $i_k$ , przeprowadzając pomiary i rejestrując wartości parametrów jak w c).

d) Wykonanie charakterystyki uniwersalnej. Charakterystyka uniwersalna przekładni hydrokinetycznej określająca przebieg zależności momentu obrotowego na wejściu przekładni od prędkości obrotowej wału wejściowego przekładni  $M_1 = f(n_1)$  przy stałej wartości przełożenia kinematycznego przekładni ( $i_k = \text{constans}$ ) powinna być opracowana na podstawie charakterystyki wg c) dla zakresu wartości przełożenia kinematycznego przekładni od  $i_k = 0$  do  $i_k = i_{kp}$  stopniowanych co 0,1.

**4.2.9. Badania charakterystyk przekładni hydrokinetycznej w zespole (silnik spalinowy wysokoprężny — przekładnia hydrokinetyczna)** mają na celu określenie parametrów pracy i poznanie rzeczywistych własności eksploatacyjnych zespołu napędowego.

Przykładowy schemat stanowiska do badań charakterystyk przekładni hydrokinetycznej w zespole (silnik — przekładnia hydrokinetyczna) podano na rys. 2.

W skład wyposażenia stanowiska badawczego powinny wchodzić:

— urządzenie do ustawienia i zamocowania zespołu napędowego (silnik — przekładnia hydrokinetyczna),

— silnik spalinowy wysokoprężny określonego typu, z którym dana przekładnia hydrokinetyczna ma współpracować po zamontowaniu w maszynie; silnik powinien być wyposażony w prądnicę lub alternator, filtr powietrza, wentylator, termostat, tłumik wydechu oraz układ chłodzenia, przewidziane w fabrycznym wyposażeniu przez producenta silnika,

— urządzenie do hamowania zespołu napędowego, np. hamulec wodny, elektrodynamiczny,

— instalacja zasilająca silnik paliwem,

— instalacja wydechowa odprowadzająca gazy spalinowe podczas pracy silnika,

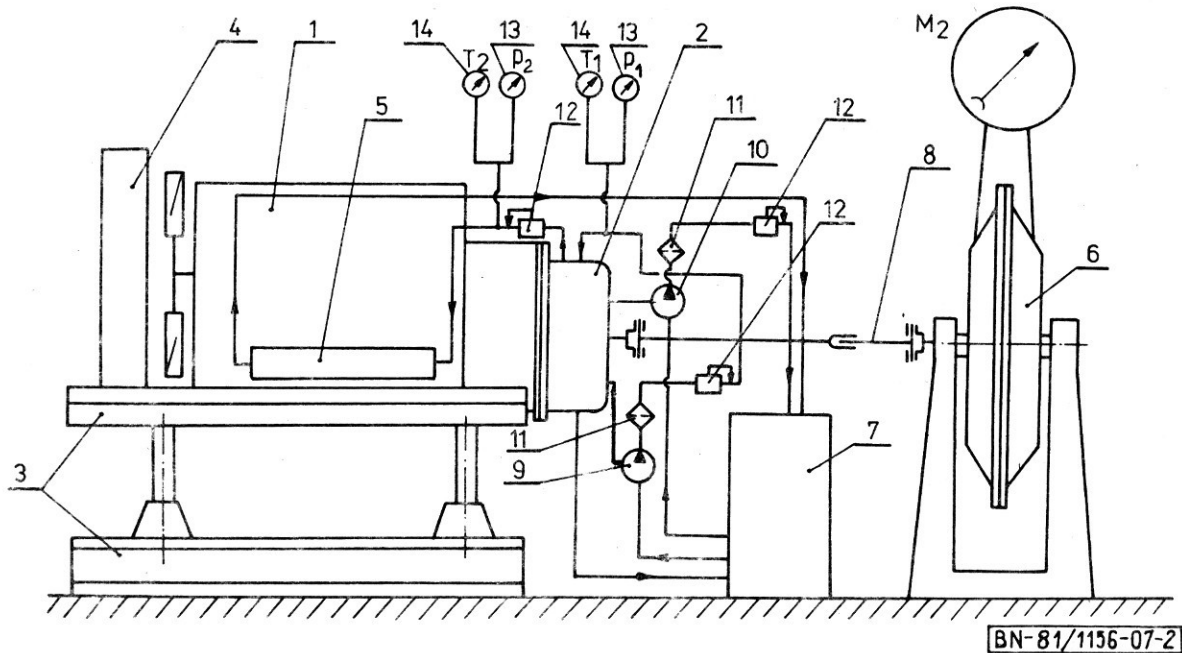
— wał napędowy przegubowy,

— układ zasilania olejem przekładni hydrokinetycznej oraz jej pompy roboczej,

— układ chłodzenia oleju,

— aparatura i przyrządy pomiarowe do pomiarów prędkości obrotowej i momentu obrotowego, ciśnienia i temperatury oraz natężenia przepływu oleju,

— pulpity sterownicze (zaleca się umieszczenie go w wydzielonej, izolowanej akustycznie kabinie) umożliwiające sterowanie z jednego miejsca pracą urządzeń i aparatury pomiarowo-kontrolnej.



Rys. 2. Przykładowy schemat stanowiska do badań charakterystyk przekładni hydrokinetycznej w zespole (silnik-przekładnia hydrokinetyczna) 1-silnik spalinowy wysokoprężny, 2-przekładnia hydrokinetyczna, 3-podstawa silnika, 4-chłodnica wody i oleju, 5-chłodnica oleju przekładni, 6-hamulec wodny, 7-zasilacz hydrauliczny (zbiornik oleju), 8-wał napędowy przegubowy, 9-pompa hydrauliczna zasilania przekładni, 10-pompa hydrauliczna układu roboczego, 11-filtry dokłanego oczyszczania oleju, 12-zawory ustalające ciśnienie ( $P_1$ ,  $P_2$ ,  $P_{HR}$ ), 13-mierniki ciśnienia oleju, 14-mierniki temperatury oleju

Przekładnia hydrokinetyczna na stanowisku badawczym powinna być usytuowana i połączona z silnikiem zgodnie z zaleceniami producentów silnika i przekładni. Wał napędowy przegubowy łączący wał wyjściowy przekładni z wałem wejściowym urządzenia hamującego powinien być usytuowany poziomo i połączony w taki sposób, aby kąty pomiędzy osiami poszczególnych wałów nie przekraczały wartości  $\pm 2^\circ 30'$ .

Po zamocowaniu silnika i przekładni na stanowisku badawczym, połączeniu wałem napędowym przegubowym wałów przekładni i urządzenia hamującego oraz podłączeniu przewodów i aparatury pomiarowo-kontrolnej, należy przeprowadzić wstępne próby ruchowe sprawdzając działanie wszystkich elementów i zespołów wyposażenia stanowiska oraz szczelność wszystkich połączeń.

Po pozytywnych wynikach prób ruchowych należy wykonać charakterystyki prędkościowe  $M_2$ ,  $N_2$ ,  $n_s$  oraz  $i_k$ , w zależności od  $n_2$  całego zespołu napędowego, rozpoczynając badania od prędkości obrotowej wału silnika  $n_s = n_1 = 600$  obr/min zwiększając stopniowo co 200 obr/min prędkość obrotową silnika do  $n_s = n_{max}$  dla zasilania własnego z pompą roboczą.

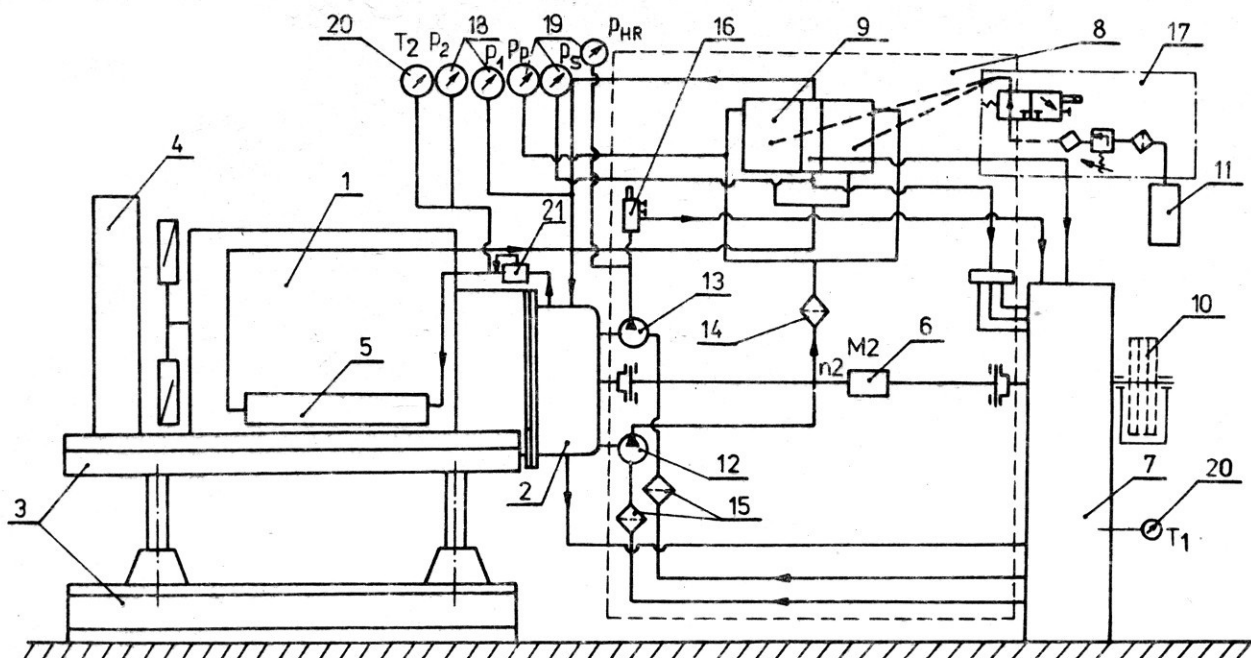
Wykorzystując charakterystyki prędkościowe silnika należy nanieść na wykresy zmienności  $i_d$  oraz  $\eta$  w zależności od  $n_2$ ,

**4.2.10. Badania trwałościowe przekładni hydrokinetycznej na stanowisku z silnikiem spalinowym wysokoprężnym** mają na celu określenie niezawodności i trwałości przekładni przy pracy w zespole z silnikiem określonego typu, w możliwie krótkim czasie, przy obciążeniach ekwiwalentnych do rzeczywistych obciążeń występujących w cyklach pracy maszyny, dla której dana przekładnia jest przeznaczona. Badania mają również na celu śledzenie zależności i zmienności para-

metrów eksploatacyjnych oraz stanu technicznego przekładni hydrokinetycznej w trakcie prób. Przykładowy schemat stanowiska do badań trwałościowych przekładni hydrokinetycznej na stanowisku z silnikiem spalinowym podano na rys. 3.

W skład wyposażenia stanowiska badawczego powinny wchodzić:

- urządzenie do ustawienia i zamocowania zespołu napędowego (silnik — przekładnia hydrokinetyczna),
- silnik spalinowy wysokoprężny, z którym dana przekładnia ma współpracować po zamontowaniu w maszynie; silnik powinien być wyposażony w prądnicę lub alternator, filtr powietrza, wentylator, termostat, tłumik wydechu oraz układ chłodzenia, przewidziane w fabrycznym wyposażeniu przez producenta silnika,
- urządzenie hamujące wał wyjściowy przekładni hydrokinetycznej np. hamownica cierna lub urządzenie odwzorowujące zredukowany moment bezwładności układu napędowego maszyny (masa wirująca),
- instalacja zasilająca silnik paliwem,
- instalacja wydechowa odprowadzająca gazy spalinowe podczas pracy silnika,
- wał pomiarowy z końcówkami przegubowymi do połączenia wału wyjściowego przekładni hydrokinetycznej z wałem wejściowym urządzenia hamującego,
- układ hydrauliczny realizujący obciążenie pompy hydraulicznej osprzętu roboczego zamontowanej na przekładni hydrokinetycznej,
- układ automatyczny sterowania (w funkcji czasu) cyklicznym obciążeniem zespołu napędowego (układ ten powinien mieć również możliwość sterowania ręcznego),



BN-81/1156-07-3

Rys. 3. Przykładowy schemat stanowiska do badań trwałościowych przekładni hydrokinetycznej na stanowisku z silnikiem spalinowym 1-silnik spalinowy wysokoprężny, 2-przekładnia hydrokinetyczna, 3-podstawa silnika, 4-chłodnica wody i oleju, 5-chłodnica oleju przekładni, 6-wał pomiarowy, 7-hamownica lub skrzynia biegów, 8-układ zasilania przekładni hydrokinetycznej, hamownicy i pompy roboczej, 9-zawór regulacyjny, 10-masa wirująca, 11-sprężarka, 12-pompa hydrauliczna zasilania przekładni, 13-pompa hydrauliczna układu roboczego, 14-filtr dokładnego oczyszczania, 15-filtry zgrubnego oczyszczania, 16-zawór dławiący, 17-pneumatyczny układ sterujący cyklicznego załączania hamownicy, 18-mierniki ciśnienia  $p_1$  i  $p_2$ , 19-mierniki ciśnień: zasilania sprężel  $p_s$ , ciśnienia oleju za pompą układu roboczego  $p_p$  oraz ciśnienia oleju układu roboczego  $p_{HR}$ , 20-mierniki temperatury, 21-zawór ustalający ciśnienie na wyjściu z przekładni

— układ zasilania olejem przekładni hydrokinetycznej,

— układ chłodzenia oleju,

— aparatura i przyrządy pomiarowe do pomiarów prędkości obrotowej, ciśnienia i temperatury oraz natężenia przepływu oleju,

— pulpity sterownicze (zaleca się umieszczenie go w wydzielonej, izolowanej akustycznie kabinie) umożliwiające sterowanie z jednego miejsca pracą urządzeń i aparatury pomiarowo-kontrolnej.

Wielkości masy wirującej należy dobierać w zależności od wartości zredukowanego masowego momentu bezwładności maszyny  $J_r$ , określonego w  $N \cdot m \cdot s^2$  wg wzoru

$$J_r = \frac{G_M}{g} \cdot \frac{r_d^2}{i_1^2} + J_k \frac{1}{i_1^2}$$

w którym:

$G_M$  — ciężar maszyny z urobkiem, N,

$g$  — przyspieszenie ziemskie;  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ ,

$r_d$  — promień dynamiczny jeźdźnego koła napędowego maszyny, m,

$i_1$  — całkowite przełożenie kinematyczne układu jeźdźnego maszyny przy jeździe na 1 biegu,

$J_k$  — moment masy bezwładności układu jeźdźnego,  $N \cdot m \cdot s^2$ .

Przekładnia hydrokinetyczna na stanowisku badawczym powinna być usytuowana i połączona z silnikiem zgodnie z zaleceniami producentów silnika i przekła-

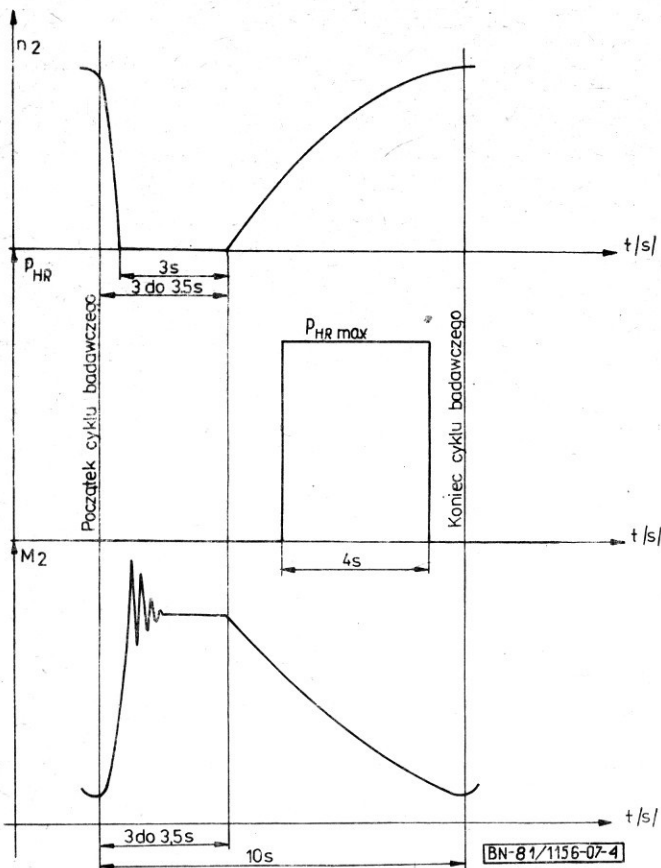
dni. Wał pomiarowy łączący wał wyjściowy przekładni z wałem wejściowym hamownicy powinien być usytuowany poziomo, a oś jego powinna pokrywać się z osiami obu łączonych wałów przekładni i hamownicy.

Po zamocowaniu silnika i przekładni hydrokinetycznej na stanowisku badawczym, połączeniu wałem pomiarowym wałów przekładni i hamownicy oraz podłączeniu przewodów i aparatury pomiarowo-kontrolnej, należy przeprowadzić wstępne próby ruchowe przy włączonych układach zasilania i sterowania, sprawdzając działanie wszystkich elementów, zespołów i układów wyposażenia stanowiska oraz szczelność wszystkich połączeń.

Po pozytywnych wynikach prób ruchowych należy przystąpić do badań trwałościowych zespołu napędowego w zakresie prędkości obrotowych wału silnika przy  $n_s = n_{1max} - 100 \text{ obr/min}$  w cyklu badawczym trwającym 10 s, w którym: od 3 do 3,5 s — praca przy  $i_k = 0$  (zatrzymany wał wyjściowy przekładni), około 7 s — praca przy rozpędzaniu się zespołu napędowego.

W okresie rozpędzania zespołu napędowego przez 4 s pompa robocza powinna pracować przy obciążeniu odpowiadającym maksymalnemu ciśnieniu oleju w układzie roboczym —  $p_{HR}$ . Przykładowy przebieg zmian wielkości  $n_2$ ,  $M_2$  oraz  $p_{HR}$  w funkcji czasu  $t$  przedstawiono na rys. 4.

Liczby cykli badawczych jako cykli zmian obciążeń przekładni hydrokinetycznej na stanowisku z silnikiem spalinowym w trakcie badań trwałościowych podano w tabl. 3.



Rys. 4. Przykładowy przebieg zmian prędkości obrotowej  $n_2$ , momentu obrotowego  $M_2$  na wale wyjściowym przekładni hydrokinetycznej oraz ciśnienia oleju w układzie roboczym  $p_{HR}$  (maszyny), w zależności od czasu pracy  $t$  w cyklu badawczym zespołu napędowego z zastosowaniem hamownicy.

Tablica 3

Moc silnika przewidzianego do współpracy z przekładnią hydrokinetyczną	Wymagany okres trwałości i niezawodności eksploatacyjnej, nie mniej niż	Liczba zmian obciążeń podczas badań trwałościowych przekładni hydrokinetycznej, nie mniej niż
kWh (KM)	h	tys. sztuk
do 110 (do 150)	5 000	200
od 110 do 295 (od 150 do 400)	8 000	300
powyżej 295 (powyżej 400)	10 000	350

W przypadku gdy przekładnia hydrokinetyczna, po przepracowaniu w trakcie badań trwałościowych przy liczbie cykli badawczych wg. tabl. 3, nie uległa awarii uniemożliwiającej dalsze badania, badania trwałościowe należy prowadzić dalej aż do momentu zniszczenia.

W czasie pracy przekładni hydrokinetycznej na stanowisku do badań trwałościowych, powinna być przeprowadzana obsługa techniczna silnika oraz przekładni hydrokinetycznej, zgodnie z zaleceniami w instrukcjach obsługi tych zespołów podanymi przez ich producentów.

W trakcie przeprowadzania badań trwałościowych przekładni hydrokinetycznej na stanowisku badawczym kontroli podlegają wartości:

- temperatury wody i oleju w układach silnika,
- ciśnienia oleju w układzie silnika,
- godzinowego zużycia paliwa przez silnik w zespole napędowym  $G'_e$ ,
- temperatury oleju na wejściu i wyjściu z przekładni hydrokinetycznej  $T_1$  i  $T_2$ ,
- ciśnienia oleju na wejściu i wyjściu z przekładni  $p_1$  i  $p_2$ ,
- przecieków przekładni hydrokinetycznej  $Q_p$  oraz zależności  $Q_p = f(t)$ .

Dla każdego 50 000 cykli należy zapisać w formie oscylogramu zmienności wielkości  $M_2$ ,  $n_2$ ,  $n_s$  i  $p_{HR}$  w zależności od czasu  $t$ .

**4.2.11. Badania hałasu emitowanego przez pracującą przekładnię** należy przeprowadzać podczas badań wg 4.2.8. Badania powinny być przeprowadzane wg PN-71/N-01300 przy ustawieniu mikrofonu miernika poziomu dźwięku w płaszczyźnie poziomej, przechodzącej przez oś wału wejściowego, a także w płaszczyźnie poziomej przechodzącej przez oś wału wyjściowego, w co najmniej 5 dowolnych punktach odległych o  $1000 \pm 50$  mm od obudowy przekładni hydrokinetycznej.

Za wynik badań należy przyjmować największą wartość poziomu hałasu określoną na podstawie analizy wyników pomiarów.

**4.3. Ocena wyników badań.** Wyniki badań należy uznać za pozytywne, jeżeli:

— stan techniczny przekładni hydrokinetycznej przedstawionej do badań jest zgodny z wymaganiami wg 3.2, a dokumentacja techniczna przedstawiona wraz z przekładnią spełnia wymagania wg 3.1 w zakresie kompletności,

— wyniki pomiarów zewnętrznych wymiarów, pomiary mikrometryczne elementów i zespołów oraz masy przekładni, przeprowadzonych wg 4.2.3 i 4.2.5 oraz 4.2.4 potwierdzają wykonanie przekładni zgodnie z dokumentacją konstrukcyjną,

— wyniki badań pokrywających malarskich wg 4.2.7 potwierdzają spełnienie wymagań wg BN-79/1156-06 p. 2.5.7,

— wyniki badań charakterystyk przekładni hydrokinetycznej oraz przekładni z silnikiem spalinowym przeprowadzanych wg 4.2.8 i 4.2.9 potwierdzają wykonanie przekładni hydrokinetycznej zgodnie z wymaganiami wg BN-79/1156-06, a wartości badanych parametrów oraz ich wzajemne współzależności są zgodne z charakterystyką techniczną przekładni podaną przez producenta (dotyczy przekładni produkowanych seryjnie).



nie) lub założeniami projektowymi (dotyczy przekładni w wykonaniu prototypowym lub serii próbnej),

— wyniki badań trwałościowych przekładni hydrokinetycznej przeprowadzanych wg 4.2.10 potwierdzają spełnienie wymagań wg BN-79/1156-06 w zakresie doboru materiałów, wykonania i montażu poszczególnych elementów i zespołów przekładni, a podczas badań z określoną liczbą cykli zmian obciążeń podaną w tabl. 3 nie nastąpiło przedwczesne zużycie elementów, uniemożliwiające dalsze prowadzenie badań trwałościowych,

— poziom hałasu emitowanego przez pracującą przekładnię badany wg 4.2.11 nie przekroczył wartości określonych w BN-79/1156-06 p. 2.5.6.

**4.4. Sprawozdanie z badań.** Wyniki badań powinny być ujęte w postaci sprawozdania zawierającego co najmniej następujące rozdziały:

a) część wprowadzająca — rozdział ten powinien zawierać dane dotyczące:

— podstawy, na jakiej przeprowadzono badania,  
— celu badań,  
— obiektu badań, w tym charakterystykę techniczną przekładni i jej przeznaczenie, nazwę i adres producenta, nr fabryczny i rok produkcji wyrobu,  
— wykazu przedstawionej dokumentacji technicznej wyrobu,

— ogólnej informacji o wyrobie, w tym krótki opis określający różnice badanej przekładni w stosunku do poprzednio badanych przekładni (jeżeli takie badania były przeprowadzane),

b) rodzaje badań i wyniki — rozdział ten powinien zawierać treść określającą:

— typy, rodzaje i odmiany przeprowadzonych badań,  
— warunki przeprowadzanych badań i ich wyniki, w tym opis stanowisk badawczych, rodzaj i typ aparatury pomiarowej i kontrolnej oraz przyrządów i narzędzi pomiarowych, opis czynności badawczych, oscylogramy, wykresy i tablice z wynikami pomiarów, fotografie uszkodzonych elementów, karty pomiarów mikrometrycznych, analizy materiałowe uszkodzonych elementów itp.,

c) wnioski i propozycje — rozdział ten powinien zawierać treść dotyczącą:

— ogólnej oceny badanego wyrobu na podstawie wyników badań, w tym oceny przyczyn defektów, przedwczesnego zużycia elementów i innych usterek stwierdzonych w trakcie prób, dogodności obsługi, konserwacji i napraw, prawidłowości instrukcji obsługi i konserwacji przekładni, itp.,

— propozycji zmian, w tym zmian dotyczących rozwiązań konstrukcyjnych poszczególnych elementów i zespołów.

W przypadku badań kontrolnych jakości przekładni hydrokinetycznych produkowanych seryjnie, wyniki tych badań powinny być ujęte w postaci protokołu zawierającego dane z przeprowadzonych badań oraz ocenę wyrobów i partii wyrobów, zgodnie z wymaganiami pełnych przedmiotowych norm zakładowych na określone typy przekładni.

K O N I E C

#### INFORMACJE DODATKOWE

**1. Instytucja opracowująca normę** — Przemysłowy Instytut Maszyn Budowlanych.

#### 2. Normy związane

PN-80/M-34000 Silniki spalinowe o zapłonie samoczynnym. Charakterystyki

PN-63/M-82056 Połączenia gwintowe stalowe. Dopuszczalne momenty dokręcania

PN-71/N-01300 Hałas maszyn i urządzeń. Metody wyznaczania parametrów akustycznych

BN-76/1156-01 Przekładnie hydrokinetyczne jednostopniowe trójczłonne. Określenia. Parametry podstawowe. Oznaczenia

BN-79/1156-06 Przekładnie hydrokinetyczne jednostopniowe trójczłonne. Wymagania ogólne

BN-74/2001-01 Maszyny i urządzenia do robót budowlanych. Pokrycia malarskie. Wymagania i badania

BN-77/2058-01 Maszyny i urządzenia do robót budowlanych ziemnych. Wytyczne opracowywania dokumentacji techniczno-ruchowej (DTR)

#### 3. Normy zagraniczne

ZSRR ГОСТ 17069-71 Передачи гидродинамические. Методы стендовых испытаний

**4. Autorzy projektu normy** — mgr inż. Zenon Koperniak, mgr inż. Mariusz Wieleciński, inż. Sławomir Kisiel.