

JAN RYNIK  
INSTYTUT MECHANIZACJI GÓRNICtwo  
POLITECHNIKA ŚLĄSKA  
GLIWICE

## BADANIA TRWAŁOŚCI I NIEZAWODNOŚCI CIĄGNIKÓW ŚCIANOWYCH KOMBajnÓW WĘGLOWYCH

Przedstawiono wyniki badań eksploatacyjnych ciągników łańcuchowych C-20-27/R stosowanych w ścianowych kombajnach węglowych KWB-3RDS, KWB-3RDU i KWB-3DS. W oparciu o wyniki badań eksploatacyjnych scharakteryzowano najczęściej spotykane uszkodzenia podstawowych zespołów ciągników. Wyprowadzono wnioski w zakresie poprawy trwałości i niezawodności badanych ciągników.

### 1. Wstęp

Ciągniki krajowych ścianowych kombajnów węglowych wyposażone są w napędowe koło łańcuchowe współpracujące z łańcuchem pociągowym rozpiętym wzdłuż wyrobiska ścianowego. Regulacja prędkości posuwu kombajnów jest uzyskiwana za pomocą umieszczonej w ciągniku przekładni hydrostatycznej. Istotną zaletą tych ciągników jest stosunkowo lekka i prosta konstrukcja oraz mała wrażliwość podzespołów na przeciążenia dynamiczne. Wadą ich natomiast jest stwarzanie w czasie pracy warunków zagrożenia dla załogi przodka ścianowego oraz stosunkowo duża awaryjność niektórych podzespołów. Szczególnie groźne dla załogi są drgania i ruchy poprzeczne łańcucha /biczowanie/ oraz pęknięcia ogniw wadliwie wykonanych lub zużytych.

Prowadzone w Zespole Maszyn do Urabiania i Ładowania Instytutu Mechanizacji Górnictwa badania nad udoskonaleniem konstrukcji ciągników ścianowych kombajnów węglowych skupiono zasadniczo w kierunku:

- konstrukcji ciągników bezpiecznych dla załogi. W oparciu o wyniki badań opracowano oryginalne konstrukcje ciągników łańcuchowych wyposażo-

nych w urządzenia do bezpiecznego prowadzenia łańcucha pociągowego [5,6] oraz oryginalną konstrukcją bezciągnącego mechanizmu posuwu [4]. Badania prototypów tych urządzeń są prowadzone aktualnie na stanowiskach badawczych oraz w warunkach eksploatacyjnych,

- udoskonalenia konstrukcji podstawowych podzespołów seryjnie produkowanych ciągników.

Podstawą do prac nad udoskonaleniem podstawowych podzespołów aktualnie stosowanych ciągników kombajnowych są badania trwałości i niezawodności prowadzonych w warunkach eksploatacyjnych na podstawowych typach kombajnów ścianowych. Wyniki badań eksploatacyjnych ciągników hydraulicznych C-20/27R, stosowanych w około 90 % produkowanych kombajnach, przedstawiono w dalszej części artykułu.

## 2. Przedmiot i metodyka badań

Przedmiotem badań jest ciągnik hydrauliczny C-20/27R [7] kombajnów węglowych KWB-3DS, KWB-3RDS i KWB-3RDU, zlokalizowanych w kopalniach Anna, Bolesław Śmiały, Julian, Powstańców Śląskich i Knurów.

Przekładnia hydrostatyczna ciągnika zbudowana jest z pompy A2V107 RAUCH, połączonej dwoma przewodami z silnikiem hydraulicznym SHT-1-630W. Okres badań dotyczył fabrycznie nowych ciągników i wynosił średnio od 6 + 8 miesięcy. Rejestrowano rodzaje usterek oraz przerwy w wydobywaniu powyżej 20 min, spowodowane tymi usterekami. Nie uwzględniono przerw w wydobywaniu spowodowane koniecznością wstępnego napinania łańcucha pociągowego /przerwy te wynoszą średnio od 20 + 30 min./. Rejestrowano ponadto łączny czas przerw spowodowanych awariami maszyn i urządzeń w ścianie, całkowite przerwy spowodowane awariami kombajnu oraz sumaryczny czas postoju ściany.

W celu przeprowadzenia analizy rodzajowej awarii ciągników dokonano podziału awarii ciągników na grupy zależne od podzespołów i przyczyn ich niesprawności. Dla poszczególnych podzespołów ciągnika określono średnie wartości miesięcznych wskaźników postojów oraz ich udziały procentowe.

W oparciu o wyniki badań niezawodności kombajnów wyznaczono także wartości współczynników gotowości zgodnie z [1].

$$k_g = \frac{E T_k}{E T_k + E T_n}$$

gdzie:  $T_k$  - zmienna losowa czasu pomiędzy uszkodzeniami,  
 $T_n$  - zmienna losowa czasu napraw.

## 3. Najczęściej spotykane uszkodzenia ciągników kombajnów węglowych

Zestawienie najczęściej spotykanych uszkodzeń ciągników zawarto w tabelicy 1. Z tabelicy widać, że do najczęściej uszkodzanych zespołów należy przekładnię hydrauliczną ciągnika /około 53,4 % wszystkich uszkodzeń przy kombajnach KWB-3RDS i KWB-3RDU i około 58,2 % przy kombajnach KWB-3DS/. Pozostałe uszkodzenia dotyczą napędu łańcuchowego ciągnika /napę-

dowe koło gniazdowe, rolki łańcuchowe kierujące i zerwanie łańcucha pociągowego/.

Tablica 1

Zestawienie uszkodzeń ciągników C-20/27/R, średnich wartości miesięcznych wskaźników postojów oraz ich udziały procentowe

Typ kombajnu		KWB-3RDS KWB-3RDU		KWB-3DS	
Liczba obserwowanych ciągników		11		5	
Podstawowe zespoły ciagnika		Okres postoju /min/	Proc. udział. %	Okres postoju /min/	Proc. udział. %
Przekładnia hydrostatyczna	Pompa hydr.	9,6	13,4	4,6	10,9
	Silnik hydr.	7,3	10,2	5,9	14,0
	Przewody, zawory, osprzęt	11,8	16,6	7,3	17,2
	Przecieki oleju	9,4	13,2	6,9	16,1
	Razem:	38,1	53,4	24,7	58,2
Napęd łańcuchowy	Przekładnia zębata	3,3	4,6	-	-
	Napędowe koło łańcuchowe	8,4	11,7	7,7	18,1
	Rolki łańcuchowe	15,4	21,6	7,5	17,6
	Zerwanie łańc. i ogień złącz.	6,2	8,7	2,5	6,1
	Razem:	33,3	46,6	17,7	41,8
Sumaryczny czas postoju		71,4	100	42,4	100

Udział procentowy uszkodzeń ciągników w sumarycznym czasie postojów w ścianie, spowodowanych usterkami kombajnów, wynosi około 16,3 % przy kombajnach KWB-3RDS i KWB-3RDU i 13,6 % przy kombajnach KWB-3DS /tablica 2/.

Badania wykazały mniejszą awaryjność ciągników kombajnów KWB-3DS. Średni miesięczny wskaźnik postojów spowodowanych awariami ciągników wynosi 71,4 min. przy kombajnach KWB-3RDS i KWB-3RDU i tylko 42,4 min. przy kombajnach KWB-3DS. Mniejsza awaryjność ciągników kombajnów KWB-3DS wynika głównie z korzystnego przy tych kombajnach przebiegu i charakteru obciążeń roboczych /mniejsza o około 32 % średnia wysokość ścian i mniejsza o około 25 % średnie wydobycie w badanych ścianach.

Tablica 2

Zestawienie uszkodzeń kombajnów KWB-3RDS, KWB-3RDU i KWB-3DS, średnich wartości miesięcznych wskaźników postojów oraz ich udziały procentowe

Typ kombajnu	KWB-3RDS KWB-3RDU		KWB-3DS	
	Liczba obserwowanych ciągników	11		5
Podstawowe zespoły kombajnu	Okres postoju min.	Proc. udział. %	Okres postoju min.	Proc. udział. %
Ciągnik	71,4	16,3	42,4	13,6
Głowice i organy urabiające	191	43,6	120,4	38,6
Silniki elektryczne i osprzęt	127	28,9	97,4	31,2
Pozostałe podz. /sanie, płozy, zraszanie/	49,6	11,2	51,8	16,6
Sumaryczny czas postoju	438	100,0	312	100

Analiza przyczyn przestoju w badanych ścianach /tablica 3/ wykazuje, że przestoje spowodowane awariami maszyn i urządzeń zainstalowanych w ścianie stanowią tylko około 19 % /kombajny KWB-3RDU i KWB-3RDS/ i około 15 % /kombajny KWB-3DS/ sumarycznego czasu postoju ściany.

Tablica 3

Zestawienie przyczyn awarii i przestoju w ścianach wyposażonych w kombajny KWB-3RDS, KWB-3RDU i KWB-3DS

Wyposażenie ściany w maszynę urabiającą	KWB-3RDS KWB-3RDU		KWB-3DS	
	Liczba badanych ścian kombajnowych	11		5
Przyczyny przestoju w ścianie	Okres postoju min.	Proc. udział. %	Okres postoju min.	Proc. udział. %
Awarie maszyn i urządzeń w ścianie	962	19	641	14,9
Awarie kombajnu	438	8,7	312	7,3
Awarie ciągnika kombajnu	71,4	1,5	42,4	1,0
Sumaryczny czas postoju ściany	5060	100,0	4.312	100,0

Dominujący udział w przestojach badanych ścian kombajnowych mają przestoje niezależne od przyjętej technologii wybierania /głównie przestoje

spowodowane brakiem odstawy węgla ze ściany wynikające z braku wozów w punktach załadowniczych i usterek przenośników taśmowych lub z braku dopływu prądu do ścian/.

W tablicy 4 zestawiono wartości liczbowe współczynników gotowości  $k_g$  badanych typów kombajnów. Wartości tych wskaźników wskazują na stosunkowo dużą niezawodność ciągników C-20-27/R / $k_g \approx 0,99$ /.

Tablica 4

Wskaźniki niezawodności kombajnów KWB-3RDS, KWB-3RDU i KWB-3DS oraz ciągników C-20-27/R

Typ kombajnu	Liczba bad. kombajnów	Średni miesięczny czas pracy /min/	Współczynnik gotowości $k_g$	
			kombajn	ciągnik
KWB-3RDS KWB-3RDU	11	9840	0,957	0,992
KWB-3DS	5	8140	0,963	0,994

#### 4. Przyczyny uszkodzeń przekładni hydrostatycznej

Analiza uszkodzeń przekładni hydrostatycznej /tablica 1/ wykazuje, że dominujący udział w niesprawności układu posiadają uszkodzenia pompy silnika hydraulicznego, zaworów, przewodów oraz przecieki oleju. Najczęstszymi przyczynami tych uszkodzeń są:

- niewłaściwa regulacja zaworów bezpieczeństwa, często samowolna przez obsługę maszynową ściany. Zwiększenie maksymalnej wartości ciśnienia oleju w obiegu zamkniętym układu powoduje bardzo szybkie zużycie oraz nierzadko uszkodzenie elementów pompy i silnika hydraulicznego,
- zanieczyszczenia w obiegu oleju lub stosowanie niewłaściwego oleju jako medium hydraulicznego. Dużym zaniedbaniem ze strony obsługi jest niezachowanie dostatecznej ostrożności i czystości podczas wymiany w ciągniku uszkodzonych elementów układu hydraulicznego, zwłaszcza w warunkach dołowych, wskutek czego dostają się do zamkniętego obiegu zanieczyszczenia powodujące uszkodzenie elementów układu, a często powodują zatarcie pompy lub silnika. Praca układu hydraulicznego przy zanieczyszczonym nadmiernie lub uszkodzonym filtrze olejowym wpływa również nader niekorzystnie na trwałość i żywotność elementów przekładni,
- przecieki oleju spowodowane najczęściej uszkodzeniami uszczelnienia wału napędzającego napędowe koło gniazdowe. Mała żywotność uszczelnień oraz bardzo pracochłonne czynności w warunkach dołowych związane z ich wymianą sprawiają że usterki te niechętnie są zaraz usuwane przez obsługę. Przeciągające się w czasie przecieki potęgują ich ujemne skutki dla pracy ciągnika oraz zwiększają nader istotnie zużycie oleju,

- praca przy niesprawnym układzie hydraulicznym. Często objawem lekko-myślności obsługi bywa niereagowanie natychmiastowe na występujące anomalie w pracy układu hydraulicznego, co prowadzi w konsekwencji do poważnych uszkodzeń elementów układu.

#### 5. Przyczyny uszkodzeń napędu łańcuchowego

Do minory dominujący udział w uszkodzeniach podzespołów napędu łańcuchowego /tablica 1/ posiadają uszkodzenia napędowego koła łańcuchowego i rolek łańcuchowych kierujących /od 70 + 85 % wszystkich uszkodzeń/. Przy stosowanym obecnie łańcuchu pociągowym  $\emptyset 24 \times 86$  mm stosunkowo nieduże są postoje spowodowane zrywaniem się łańcucha /15 + 20 % wszystkich uszkodzeń/. Do rzadkości należą uszkodzenia przekładni zębatej /około 10 % wszystkich uszkodzeń przy ciągnikach kombajnów KWB-3RDS i KWB-3RDU, przy kombajnach KWB-3DS uszkodzeń przekładni zębatej nie stwierdzono/. Najczęstszymi przyczynami uszkodzeń napędowych kół gniazdowych i rolek łańcuchowych są:

- wadliwa konstrukcja zarysu zębów i gniazd kół oraz niekorzystna ich położenie w kadłubie ciągnika,
- niska żywotność łożysk rolek łańcuchowych,
- wadliwe działanie stosowanych kompensatorów sprężystych i niewłaściwy wybór wielkości napięcia wstępnego.

Wadliwa konstrukcja kół gniazdowych i rolek łańcuchowych jest przyczyną powstawania nieprawidłowości w procesie współpracy kół gniazdowych i łańcuchów ogniowych [3]. Do nich należą:

- zakleszczanie się ogniów łańcucha w gniazdach kół i rolek spowodowane niekorzystną postacią konstrukcyjną zębów i gniazd. Niewystarczająca długość gniazd oraz niekorzystny kształt powierzchni obu gniazd nie zapewnia ogniwowi łańcucha swobodnego poślizgu w gniazdach w miarę wzrostu zużycia ogniów łańcucha i gniazd kół. Zjawisko to jest przyczyną zakleszczania się ogniów we wrębach międzyzębnych, intensywnego zużywania się powierzchni roboczych ogniów łańcucha i kół i utrudnienia przez siłę tarcia wyjścia ogniów z ząbienia oraz konieczności stosowania znacznego napięcia wstępnego łańcucha pociągowego [3].
- mały zakres czynnej współpracy koła z łańcuchem.

Przy stosowanym obecnie w ciągnikach łańcuchowych charakterze ząbienia napędowych kół gniazdowych obciążenie ogniów na kole zasadniczo przebiega tylko w zakresie niedużego kąta obrotu koła i praktycznie obciążone są tylko dwa zęby i znajdujące się między tymi zębami gniazdo koła. Mały zakres czynnej współpracy koła z łańcuchem wpływa intensywnie na proces zużywania się powierzchni roboczych kół i łańcuchów.

Niekorzystne położenie w ciągniku posiada napędowe koło gniazdowe i rolki łańcuchowe kierujące. Poziome usytuowanie tych kół w dolnej części ciągnika pod maszyną jest przyczyną bardzo kłopotliwego montażu i demontażu tych podzespołów. Wymiana w ścianie napędowego koła gniazdowego lub rolek łańcuchowych trwa średnio od 16 + 20 godzin,

podczas gdy wymiana np. pompy lub silnika hydraulicznego nie przekracza zwykle 3 godzin.

Stosowane w ścianowych kombajnach węglowych kompensatory sprężyste do kompensacji zmian wydłużeń sprężystych łańcucha pociągowego nie spełniają w sposób należyty swego zadania i są źródłem powstawania znacznych nadwyżek obciążeń w napędzie łańcuchowym. Stosowanie jednego typu kompensatora sprężystego niezależnie od długości ściany i obciążenia średniego kombajnu oraz niekontrolowany wybór wielkości napięcia wstępnego przez wstępne napinanie łańcucha za pomocą ciągnika prowadzi do znacznego wzrostu napięcia w gałęzi roboczej łańcucha pociągowego [2]. Nadwyżki napięć w łańcuchu pociągowym obniżają współczynnik bezpieczeństwa łańcucha na rozrywanie, zwiększają stopień zużycia się ogniw łańcucha, napędowych kół gniazdowych i rolek łańcuchowych oraz znacznie powiększają naciski na wały, osie i łożyska kół na skutek sumowania się napięć w obu cięgnach łańcucha /roboczym i biernym/. Do bardzo znacznych nadwyżek napięć w gałęzi roboczej łańcucha dochodzi zwłaszcza przy pokonywaniu przez kombajn pofałdowań pokładu /nadwyżki te często przekraczają wartość obciążenia roboczego kombajnu/.

## 6. Wnioski

1. Stosowane w ścianowych kombajnach węglowych ciągniki łańcuchowe C-20/27R charakteryzują się stosunkowo wysokim wskaźnikiem niezawodności /współczynnik gotowości  $k_g = \sim 0,99$ /. Zespołem ciągnika najbardziej awaryjnym jest przekładnia hydrostatyczna /od 53 + 58 % wszystkich uszkodzeń/.
2. Poprawę trwałości i niezawodności przekładni hydrostatycznej uzyskać można przez właściwą eksploatację elementów i podzespołów przekładni w szczególności przez prawidłową regulację zaworów bezpieczeństwa oraz przez poprawę szczelności ułożyskowania wału napędowego koła gniazdowego.
3. Warunkiem poprawy trwałości i niezawodności napędu łańcuchowego ciągnika jest wydatne zwiększenie trwałości i żywotności napędowego koła gniazdowego i rolek łańcuchowych kierujących oraz zmianą ich położenia w kadłubie ciągnika celem wydatnego skrócenia czasu ich wymiany w razie uszkodzenia. Szczególnie korzystne dla współpracy z rozpiętym łańcuchem pociągowym jest usytuowanie pionowe tych kół od strony zastawek przenośnika, zapewniające łatwy dostęp oraz montaż i demontaż.
4. Udoskonalenia konstrukcji wymagają zarysy napędowych kół gniazdowych i rolek łańcuchowych. W szczególności celowe jest zwiększyć powierzchnie den gniazd i zakres czynnej współpracy kół z łańcuchem przez dobór optymalnego stosunku podziałek ogniw łańcucha i koła. Zmiany te pozwolą na wydatne zmniejszenie jednostkowych nacisków pomiędzy powierzchniami roboczymi gniazd kół i ogniw łańcucha i wyeliminować niekorzystne zjawisko klinowania się ogniw w gniazdach kół.

5. Stosowane obecnie kompensatory sprężyste są źródłem znacznych nadwyżek napięć statycznych w łańcuchu pociągowym, obniżających w istotny sposób trwałość podzespołów napędu łańcuchowego ciągnika. Bardzo celowe jest zastąpienie kompensatorów sprężystych kompensatorami hydraulicznymi, zapewniającymi wymaganą stałą wartość napięcia w gałęzi biernej łańcucha pociągowego.

## LITERATURA

- [1] Niezawodność w technice. Wskaźniki niezawodności. PN-77/N-04005.
- [2] Rynik J.: Rozkład napięć w kombajnowych łańcuchach pociągowych w świetle badań dołowych. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej - Górnictwo nr 44, 1970.
- [3] Rynik J.: Nieprawidłowości w procesie współpracy kół gniazdowych i łańcuchów ogniowych napędów łańcuchowych maszyn górniczych. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, Górnictwo nr 72, 1976.
- [4] Rynik J.: Bezciągnowy mechanizm posuwu dla kombajnów węglowych. Mechanizacja i Automatyzacja Górnictwa nr 1/98, 1977.
- [5] Rynik J.: Problemy doskonalenia konstrukcji mechanizmów posuwu kombajnów węglowych. Zagadnienia Postępu Technicznego i Ekonomiki Górnictwa. Kierunki Mechanizacji Górnictwa Podziemnego /materiały z sympozjum Sekcji Mechanizacji Górnictwa przy Komitecie Górnictwa PAN/. Katowice, grudzień 1977.
- [6] Rynik J.: Problemy poprawy bezpieczeństwa w ścianach kombajnowych. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej. Górnictwo nr 87, 1977.
- [7] Maszyny górnicze. Ścianowe kombajny węglowe. COFKMG "KOMAG". Gliwice 1976.

ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЧНОСТИ И НАДЕЖНОСТИ ПОДАЮЩИХ МЕХАНИЗМОВ  
УГОЛЬНЫХ КОМБАЙНОВ ДЛЯ РАБОТЫ В ЛАВЕ.

## Резюме

Представлены результаты исследований эксплуатационных цепных подающих механизмов С-20-27/Р применяемых в угольных комбайнах для работы в лаве К В - 3Р и К В - 3

На основе результатов эксплуатационных исследований дана характеристика самых частых повреждений соответствующих узлов механизма подачи. Предложены выводы в области улучшения прочности и надежности исследуемых механизмов подачи.



LONGEVITY AND RELIABILITY INVESTIGATIONS  
OF CHAIN DRIVES IN MECHANICAL FACE MINERS

S u m m a r y

The results of exploitation tests of the C 20 - 27/R type chain drives used in mechanical face miners of types KWB - 3RDS, KWB-3RDU and KWB-3DS, are presented in the paper. Based on exploitation test data the most prevalent defects in particular drive units have been pointed out. Conclusions as to the improvements in longevity and reliability of tested chain drives have been also drawn.