ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ

Nr 37 Górnictwo z.3 1961

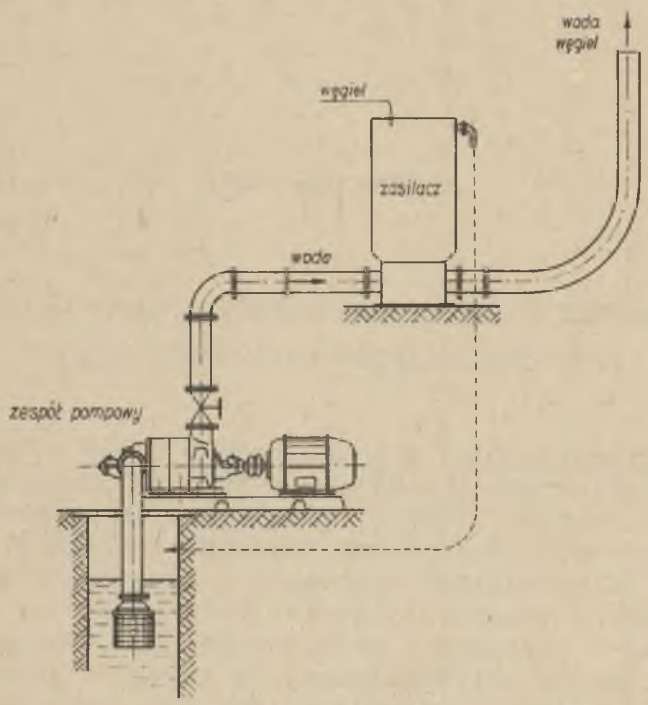
MACIEJ ZARZYCKI

BADANIE ZASILACZY TŁOKOWYCH I OBROTOWYCH DO HYDRAULICZNEGO TRANSPORTU WĘGLA

Streszczenie: W pracy podano opisy dotychczas skonstruowanych w Katedrze Pomp i Silników Wodnych Politechniki Śląskiej oraz w Zakładach Konstrukcyjno Mechanizacyjnych Przemysłu Węglowego, zasilaczy (dawkowników) tłokowych i obrotowych do hydraulicznego transportu węgla. Podano również wyniki badań i obserwacji przeprowadzonych w skali laboratoryjnej i półtechnicznej. W artykule wskazano kierunki w jakich prowadzone są prace nad skonstruowaniem nowych modeli zasilaczy tłokowych i obrotowych, które po ukończeniu badań będą podstawą do opracowania zasilaczy przemysłowych.

1. Wstęp

Równolegle z opracowaniem nowych projektów pomp do hydraulicznego transportu węgla prowadzi się również prace nad konstrukcją i badaniem zasilaczy (dawkowników). Przy hydraulicznym transporcie węgla za pomocą zasilaczy, pompy tłoczą czystą wodę, a odpowiednio rozdrobniony węgiel jest wprowadzany do tłocznego przewodu rurowego przy pomocy specjalnych urządzeń (rys.1). Zastosowanie zasilaczy umożliwia transport hydrauliczny węgla o większej średnicy ziarna na duże wysokości bądź większe odległości, gdyż węgiel nie przepływa wraz z transportującą wodą przez pompy, a jest wprowadzany do przewodów rurowych już poza pompami. Dotychczas opracowane zasilacze



Rys.1. Transport hydrauliczny węgla za pomocą pomp i zasilaczy

do hydraulicznego transportu węgla, można podzielić [1] [2] [3] [4] [5] [6] [8] [9] [10] na trzy zasadnicze rodzaje:

a) komorowe,

b) tłokowe,

c) obrotowe.

Każdy poprawnie działający zasilacz powinien spełniać następujące zadania:

a) wprowadzać węgiel do przewodu rurowego przez który przepływa woda pod wysokim ciśnieniem,

b) zapewnić możliwie ciągłe i równomierne ładowanie węgla do przewodu rurowego,

c) umożliwić regulację ilości ładowanego węgla,

d) ładować do przewodu rurowego największe ziarna węgla przewidziane do transportu,

e) nie powodować zbyt dużego kruszenia węgla i wyciekania wody pod ciśnieniem.

Doceniając ważność hydraulicznego transportu węgla dla górnictwa, w Katedrze Pomp i Silników Wodnych Politechniki Śląskiej oraz w Zakładzie Maszyn Hydraulicznych i Powietrznych Zakładów Konstrukcyjno Mechanizacyjnych Przemysłu Węglowego opracowano różne modele zasilaczy tłokowych i obrotowych. Modele te poddano badaniom laboratoryjnym i półprzemysłowym. Uzyskane wyniki badań i obserwacji ruchowych posłużą do zaprojektowania zasilaczy przemysłowych.

W okresie ostatnich kilku lat w oparciu o studia nad tym zagadnieniem opracowano modele zasilaczy tłokowych ZA-0 i ZA-01 oraz obrotowych ZO-01 i ZO-02. Obecnie przystąpiono do zaprojektowania zasilacza obrotowego ulepszonej konstrukcji ZO-M1.

2. Konstrukcje zasilaczy

2.1. Zasilacz tłokowy do hydraulicznego transportu węgla ZA-0

Zasilacz tłokowy ZA-0 (rys.2,3) składa się z tłoka (nura) o średnicy 90 mm i długości 1070 mm, cylindra, zbiornika załadowczego, mechanizmu korbowego i podstawy. W tłoku znajdują się dwie komory, każda o średnicy 60 mm. Odległość między osiami komór wynosi 160 mm. Tłok w cylindrze ma pasowanie suwliwe. Jest on po obu stronach cylindra uszczelniony dławnicami ze szczeliwem miękkim sznurowym. Po stronie odkorbowej przewidziano osłonę zabezpieczającą tłok. Tłok jest smarowany smarem stałym z dwu smarownic kapturowych. W środku nad cylindrem znajduje się zbiornik załadowczy. Zbiornik zaopatrzony jest w króciec przelewowy do podłączenia przewodu odprowadzającego wodę.

Od góry do cylindra po obu stronach zbiornika załadowczego podłączone są przewody rurowe. Przewody te łączą się z głównym przewodem doprowadzającym wodę pod ciśnieniem wyższym niż ciśnienie wody transportującej. Pod cylindrem na przedłużeniu osi geometrycznych przewodów rurowych znajdują się dwa odgałęzienia rurowe połączone z

Rys.2. Zasilacz tłokowy ZA-O widok od strony silnika

Rys.3. Zasilacz tłokowy ZA-O widok od strony przekładni

głównym przewodem rurowym. Przewód rurowy ma średnicę 80 mm.

Posuwisto zwrotny ruch tłoka jest wywołany uproszczonym mechanizmem korbowym składającym się z wału wykorbionego oraz łącznika. Łącznik posiada łeb korbowy dzielony z łożyskiem ślizgowym. Łeb łącznika od strony tłoka jest niedzielony i połączony jest obrotowo z tłokiem za pośrednictwem czopa. Czop osadzony jest nieruchomo w łbie łącznika, a ułożyskowany w dwu łożyskach ślizgowych w tłoku. Wał wykorbiony ułożyskowany jest w łożyskach kulkowych.

Łożyska wału wykorbionego są smarowane smarem stałym. Łożysko łącznika oraz łożysko w tłoku są smarowane również smarem stałym poprzez smarownice kapturowe i kulkowe.

Cylinder zasilacza oraz obudowy łożysk wału wykorbionego przykręcone są śrubami do wspólnej podstawy, która umocowana jest śrubami fundamentowymi do fundamentu.

Tłok zasilacza wykonany jest ze stali St 5, cylinder z żeliwa ŻL 26. Wał wykorbiony wykonano ze stali St 5. Panewki łożyska łącznika i tłoka wykonane są z brązu BK 331. Zbiornik załadowczy wykonano z blach, a podstawę zasilacza z ceowników. Kołnierze przewodów rurowych są przyspawane.

Długość zasilacza wynosi 2000 mm, szerokość 350, wysokość zasilacza łącznie ze zbiornikiem załadowczym wynosi 860 mm. Średnica zbiornika załadowczego na górze wynosi 580 mm. Zasilacz jest przeznaczony do ładowania węgla o średnicy ziarna do 20 mm i może pracować przy ciśnieniu do 15 kG/cm^2. Zasilacz jest napędzany silnikiem elektrycznym o mocy 4 KM za pośrednictwem przekładni zębatej i pasowej z paskami klinowymi. Przez wymianę kół pasowych zmieniano liczbę obrotów wału zasilacza w granicach od 30 do 80 1/min.

Węgiel ze zbiornika załadowczego dostaje się na przemian do obu komór tłoka, a stąd na przemian jest ładowany do przewodu rurowego. W celu przyspieszenia i ułatwienia opróżnienia komór, na węgiel jest skierowany strumień wody pod ciśnieniem większym od ciśnienia strumienia wody transportującej.

Woda, która pozostaje w komorze tłoka po opróżnieniu jej z węgla jest wypierana do zbiornika załadowczego podczas napełniania komory nową porcją węgla. Woda ze zbiornika załadowczego odpływa przez króciec przelewowy.

Należy podkreślić, że w pierwszym okresie prób zasilacza, stosowano podłączenie przewodów podobnie jak w zasilaczach tłokowych konstrukcji Brytyjskiego Stowarzyszenia do badań Hydromechanicznych. [9] Woda pod ciśnieniem była doprowadzana do cylindra od góry, a odprowadzana z dołu wraz z węglem. Zasilacz w tych warunkach wykazywał zbyt silne drganie, które przenosiły się nawet na przewody rurowe. Drgania były spowodowane przecinaniem strumienia wody w czasie ruchu tłoka.

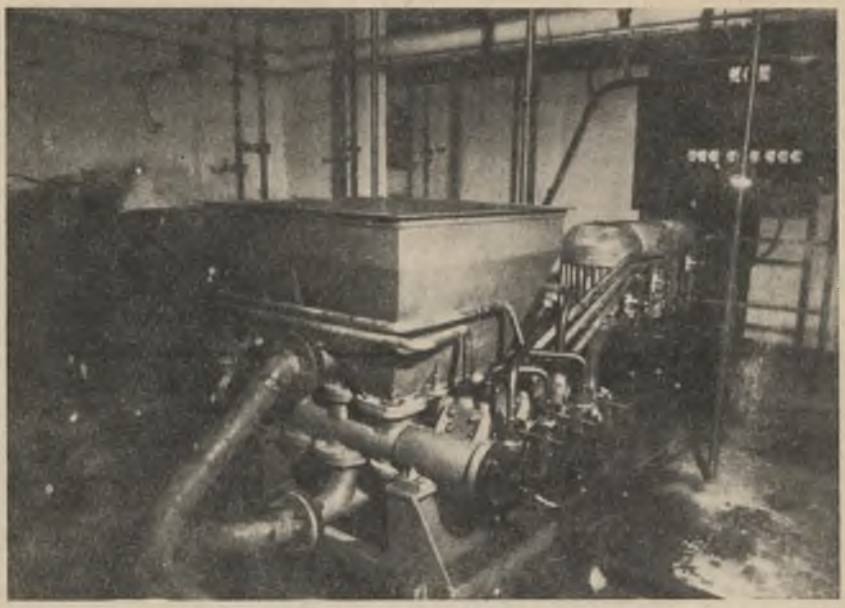
2.2. Zasilacz tłokowy do hydraulicznego transportu węgla ZA-01

W celu zwiększenia wydajności w stosunku do wydajności zasilacza typu ZA-0 oraz wyeliminowania napędu mechanizmem korbowym, opracowano zasilacz ZA-01 (rys.4,5). W zasilaczu tym wprowadzono ponadto szereg zmian konstrukcyjnych wynikających z obserwacji pracy zasilacza tłokowego ZA-0. Zasilacz składa się z trzech cylindrów. W każdym z cylindrów porusza się ruchem posuwisto zwrotnym tłok o średnicy 90 mm. Każdy z tłoków posiada dwie komory, które na przemian napełniane są węglem ze zbiornika załadowczego. Komory tłoka rozszerzają się ku dołowi, przechodząc z przekroju kołowego o średnicy 70 mm na przekrój prostokątny o wymiarach 70x80 mm. Rozstaw osi komór wynosi 200 mm.

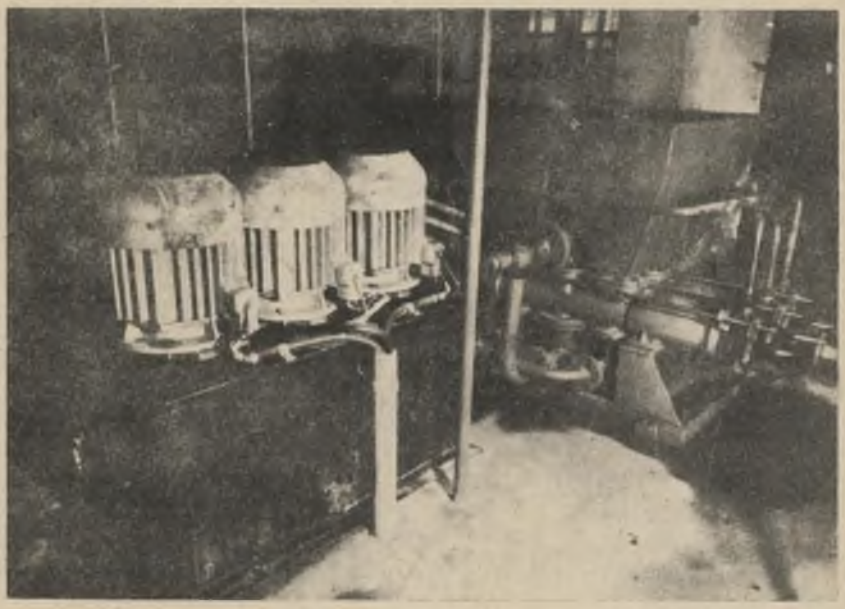
Woda transportująca jest doprowadzana do zasilacza przez króciec znajdujący się w środku górnej części cylindra. Węgiel jest ładowany ze zbiornika załadowczego przez dwa otwory znajdujące się po obu stronach króćca. W celu przyspieszenia załadowania komór węglem, w dolnej części cylindra znajduje się szereg otworów połączonych przewodem ze stroną ssawną pompy wirowej podającej wodę transportującą. Zadaniem pompy jest usunąć z komór wodę w momencie napełniania ich węglem.

W czasie gdy jedna z komór jest napełniana węglem, druga komora tłoka znajduje się pomiędzy dwoma króćcami, przez które przepływa woda pod ciśnieniem. Woda porywa węgiel z komory i unosi go do przewodu rurowego o średnicy 80 mm. Rozszerzająca się ku dołowi komora tłoka ułatwia wypłukanie węgla z komory.

Ruch tłoka zasilacza jest wywołany przy pomocy serwomotorów i tłokowych silników hydraulicznych. Silniki są umieszczone po obu stronach każdego tłoka. Cylindry silników hydraulicznych mają średnice 40 mm. Skok tłoka wy-



Rys.4. Zasilacz tłokowy ZA-01 oraz tablica z wyłącznikami



Rys.5. Zasilacz tłokowy ZA-01 widok od strony zespołów pompowych podających olej pod ciśnieniem do napędu zasilacza

nosi 200 mm. Serwomotory są umieszczone z boków cylindrów. Drągi tłokowe silników hydraulicznych są wykonane z rur i są umocowane nieruchomo w pokrywach cylindrów zasilacza. Ruch wykonują natomiast tłoki zasilacza wraz ze znajdującymi się w nich cylindrami silników hydraulicznych. Dopływ i odpływ oleju w silnikach hydraulicznych jest sterowany za pomocą suwaków serwomotorów. Suwaki serwomotorów przesuwając się w cylindrach serwomotorów łączą lub zamykają odpowiednie przewody olejowe i w ten sposób olej jest doprowadzany lub odprowadzany z cylindrów silników hydraulicznych.

Ruch suwaków jest wywołany przy pomocy mechanizmów dźwigniowych oraz cięgieł sterujących i suwaków. Przestawienie mechanizmów dźwigniowych jest spowodowane ruchem tłoków zasilacza, które kolejno przedstawiają mechanizmy dźwigniowe odpowiednich serwomotorów.

Olej do cylindrów silników dopływa i odpływa przez nieruchome rurowe drągi tłokowe. W celu stopniowego zmniejszenia prędkości tłoków zasilacza przy ich zbliżaniu się do martwych położeń, w cylindrach silników hydraulicznych przewidziano stożkowe wkładki dławiące. Powodują one stopniowe przymykanie dopływu oleju i w ten sposób uzyskuje się w martwych położeniach łagodne zatrzymanie się tłoków zasilacza.

W celu zapewnienia możliwie jak największej równomierności zasilania węglem przewodu rurowego, tłoki zasilacza w poszczególnych cylindrach są przesunięte względem siebie. Wszystkie trzy cylindry zasilacza są ustawione na wspólnej ramie. Cylindry i pokrywy zasilacza są wykonane z żeliwa ŻL 26, tłoki ze stali St 5, tuleje na drągach tłokowych z brązu BK 331. Cylindry serwomotorów wykonano z żeliwa ŻL 26, a pręty sterujące i suwakowe ze stali St 37. Zbiornik załadowczy oraz rama zasilacza jest konstrukcją spawaną.

Pionowe silniki elektryczne i zębate pompy olejowe są ustawione na zbiorniku olejowym obok zasilacza. Przewody tłoczne pomp zaopatrzone są w zawory bezpieczeństwa. Każda z pomp olejowych posiada wydajność 20 l/min oraz ciśnienie maksymalne 30 atn. Moc silników napędzających pompy olejowe wynosi 4 KM. Do napędu zasilacza zastosowano olej maszynowy specjalny według normy PN-54/C-96091 "Olmasz Z-3".

Długość zasilacza wynosi około 1500 mm, szerokość około 860 mm, a wysokość łącznie ze zbiornikiem 950 mm.

2.3. Zasilacz obrotowy do hydraulicznego transportu węgla ZO-01

Dla umożliwienia zastosowania do napędu normalnych silników elektrycznych bez potrzeby stosowania mechanizmów korbowych lub napędów hydraulicznych opracowano zasilacz obrotowy ZO-01.

Zasilacz ZO-01 składa się z trzech kadłubów w których obraca się rura zamknięta z obu stron pokrywami. Rura ma średnicę zewnętrzną 106 mm. Jedna z pokryw rury jest wyprowadzona z kadłuba przez dławnicę i jest ukształtowana w formie czopa na którym osadzono koło pasowe. Rura na jednej ze swoich tworzących posiada trzy otwory o średnicy 65 mm. Odległości między środkami otworów wynoszą 528 mm. Rura obracając się w tulejach kadłubów łączy za pośrednictwem na przemian wnętrze rury ze zbiornikiem załadowczym oraz z króćcami przez które dopływa i odpływa woda pod ciśnieniem. Jeżeli otwory rury są skierowane ku górze, wtedy następuje załadowanie węgla do rury ze zbiornika załadowczego. W tym czasie dopływ i odpływ cieczy transportującej jest zamknięty. Węgiel opadając do rury wypiera z niej wodę. Woda odpływa przez króciec odpływowy umieszczony na zbiorniku załadowczym. Gdy rura obróci się i otwory rury skierowane są ku dołowi, następuje przepływ cieczy przez rurę. Przepływająca woda porywa znajdujący się w rurze węgiel i unosi go do przewodu rurowego. W czasie przepływu wody pod ciśnieniem przez rurę zasilacza, otwór zbiornika załadowczego jest zamknięty i węgiel nie dostaje się do rury zasilacza.

Każdy z trzech kadłubów zasilacza obrotowego w miejscach wyjścia rury z cylindrów jest uszczelniony dławnicami ze szczeliwem miękkim sznurowym. Rura obraca się w tulejach kadłubów i jest smarowana smarem stałym ze smarownic kapturowych. Zasilacz jest ustawiony na podstawie i jest napędzany silnikiem elektrycznym za pośrednictwem przekładni zębatej i pasowej (paski klinowe). Cylindry zasilacza są wykonane z żeliwa sferoidalnego ZSP-55f. Tuleje cylindrów z brązu BK 331, a część obrotowa z rury stalowej bez szwu. Podstawa zasilacza oraz zbiornik załadowczy są konstrukcją spawaną.

Długość zasilacza wynosi około 1660 mm, szerokość 490 mm, wysokość 1468 mm. Króciec dolotowy i wylotowy ma średnicę wewnętrzną 80 mm. Zasilacz jest napędzany silnikiem o mocy 4 KM.

2.4. Zasilacz obrotowy do hydraulicznego transportu węgla ZO-02

Dla bardziej równomiernego zasilania węglem przewodu rurowego oraz uniknięcia pulsacji w przewodzie rurowym, opracowano zasilacz obrotowy ZO-02 (rys.6,7).

Zasilacz ten jest właściwie urządzeniem składającym się z trzech zasilaczy ZO-01 napędzanych od wspólnego wału napędowego za pośrednictwem stożkowych przekładni zębatych. Wał zasilacza napędzany jest silnikiem elektrycznym przez przekładnię zębatą i pasową (paski klinowe). Jest on ułożyskowany w łożyskach ślizgowych smarowanych smarem stałym ze smarownic kapturowych. Wał wykonany jest ze stali St 5. Pozostałe części są wykonane z takich samych materiałów jak w zasilaczu ZO-01.

Długość zasilacza wynosi 1900 mm, szerokość 1500 mm, a wysokość 1408 mm. Silnik napędowy ma moc 12 KM.

2.5. Zasilacz obrotowy do hydraulicznego transportu węgla ZO-M1

W oparciu o dotychczasowe obserwacje ruchowe i badania oraz w dążeniu do zmniejszenia wymiarów zasilaczy, przy pozostawieniu ruchu obrotowego opracowano zasilacz obrotowy ZO-M1. Bliższe dane o konstrukcji działaniu i wynikach badań tego zasilacza zostaną opublikowane po zakończeniu doświadczeń.

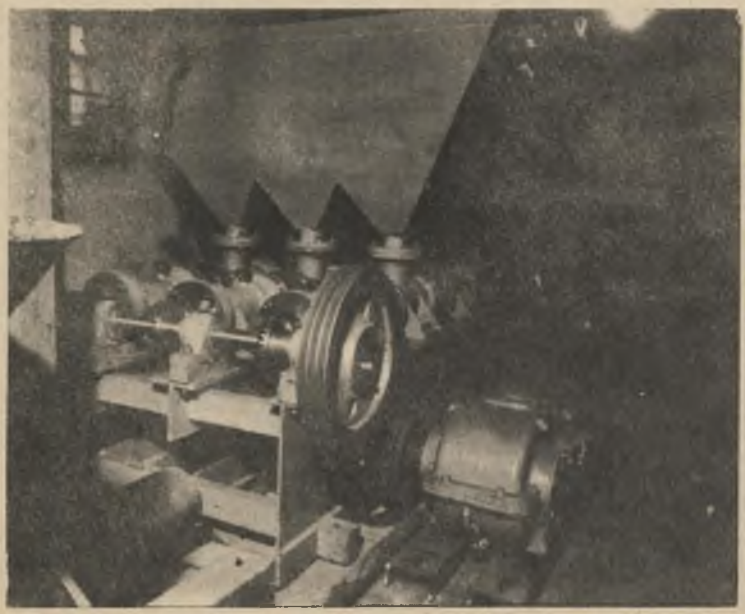
3. Badania i obserwacje ruchowe zasilaczy

Badania oraz obserwacje ruchowe zasilaczy przeprowadzono na specjalnie do tego celu zaprojektowanej instalacji badawczej zlokalizowanej w laboratorium Katedry Pomp i Silników Wodnych na terenie Wydziału Mechaniczno Energetycznego Politechniki Śląskiej.

Przeprowadzone na modelach zasilaczy badania i obserwacje miały na celu sprawdzenie ich działania, wprowadzenie potrzebnych zmian konstrukcyjnych oraz udoskonaleń, które doprowadziły w wyniku do zaprojektowania wysokosprawnych i pewnych w działaniu zasilaczy przemysłowych.

W początkowym okresie eksperymentów z zasilaczem ZA-0, zmieniano kilkakrotnie system doprowadzenia wody transportującej do zasilacza i odprowadzenia mieszaniny wody i węgla. Zmieniano również system wprowadzenia węgla do komór tłoka, jak również sposób ich opróżniania.

Rys.6. Zasilacz obrotowy ZO-02 widok od strony silnika



Rys.7. Zasilacz obrotowy ZO-02 widok od strony przekładni

W wszystkich przypadkach, gdy zachodziło przecinanie przez tłok strumienia przepływającej pod ciśnieniem wody transportującej, stwierdzono pulsacje w przewodach, a nawet drganie poszczególnych części zasilacza i instalacji badawczej. Pulsacje w strumieniu wody powodowały tworzenie się zatorów i zatykanie się przewodów rurowych.

Po zmianach konstrukcyjnych zasilacz ZA-0, pracował pewnie i właściwie.

Zebrane i przeanalizowane wyniki doświadczeń posłużyły do zaprojektowania dalszych, doskonalszych zasilaczy. Skonstruowany w wyniku wstępnych eksperymentów model zasilacza tłokowego ZA-01, po usunięciu przyczyny powodującej nieznaczne przeciekanie oleju w systemie napędowym i po wyregulowaniu napędu hydraulicznego, pracował poprawnie.

Modele zasilaczy obrotowych ZO-01, a zwłaszcza ZO-02 pracowały spokojnie i zadowalająco, jednak pobór mocy jest większy niż w zasilaczach tłokowych, gdyż występuje większe tarcie w dławnicach. W czasie badań stwierdzono, że komory organów roboczych w zasilaczach tłokowych, łatwiej napełniają się węglem jak w zasilaczach obrotowych. Zasilacze obrotowe mają natomiast prostszy napęd, gdyż do napędu ich można stosować normalne silniki elektryczne i przekładnie, zamiast napędów hydraulicznych lub napędów z mechanizmami korbowymi.

Obserwacje pracy zasilaczy tłokowych i obrotowych oraz przeprowadzone pomiary wykazują, że przy wprowadzeniu czystego węgla i zastosowanych tworzywach, zużycie części zasilaczy jest nieznaczne. Przecieki przy ciśnieniu 20 atmosfer nie przekraczają po 100 godzinach ruchu, dla zasilaczy tłokowych 0,5% i dla zasilaczy obrotowych 0,3% natężenia przepływu wody transportującej. Przy wprowadzaniu węgla z piaskiem (około 5%) szczelność zasilaczy zmniejsza się i straty po tym samym okresie czasu wynoszą dla zasilaczy tłokowych 0,8% do 1,2%, a dla obrotowych około 1%. Stwierdzono na podstawie oględzin, że największemu uszkodzeniu w zasilaczach tłokowych ulegają gładzie cylindrowe, na których można zauważyć rysy zwłaszcza w dolnych częściach cylindrów.

W zasilaczach obrotowych rysy są widoczne na wewnętrznych powierzchniach tulei, w których obracają się organy robocze zasilaczy. Po 300 godzinach ruchu zauważono również lekkie zaokrąglenie krawędzi komór, w tłokach zasilaczy tłokowych oraz otworów w organach roboczych zasilaczy obrotowych,

Na podstawie dotychczasowych obserwacji stwierdzono, że przecieki można zmniejszyć, stosując materiały bardziej odporne na ścieranie. W mechanizmie hydraulicznego napędu zasilacza tłokowego po zmianie w pierwszym okresie prób, uszczelnienia tłoków w silnikach hydraulicznych, nie stwierdzono żadnych niedomagań przy dalszych próbach. Napędy zasilaczy obrotowych działały poprawnie.

Powyższe obserwacje już obecnie upoważniają do stwierdzenia, że odpowiednią konstrukcją będzie ze względu na napęd i wymiary, zasilacz o ruchu obrotowym. Przewiduje się, że obecnie projektowany model zasilacza ZO-M1 powinien być już właściwym rozwiązaniem konstrukcyjnym i powinien posłużyć do zaprojektowania zasilacza przemysłowego na wydajność około 100 t/godz. Jak wynika z obliczenia, koszt takiego zasilacza będzie znacznie niższy od kosztów dotychczas znanych zasilaczy (na te same parametry pracy), a dzięki małym wymiarom będzie mógł być ustawiony w kopalni w oddziale w pobliżu przodków.

BIBLIOGRAFIA

1. R.Worster: Hydraulic Transport of Solid Material In Pipes, Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Nr 32, 1955 r.
2. M.Borecki, T.Radowicki: Wysoko ciśnieniowy hydrauliczny transport węgla, WG-H Katowice 1958 r.
3. Hydraulische Kohlenförderung in der Sowjetunion, Glückauf, Nr 9/10, 1958 r.
4. Hydraulische Kohlenförderung in der Sowjetunion. Fördem und Heben, Nr 8, 1958 r.
5. Scivier: Hydraulic transport of cool, Colliery Guardian Nr 4807, 1953 r.
6. Berger: Hydraulische Schachtenfärderung, Bergbau Rundschau, Nr 8, 1952.
7. A.Taylor: Transport hydraulique de charbon, Ann. Min. Belg. Nr 6, 1952 r.
8. G.Wauchope: Moving coal by pipeline, Colliery Engineering, wrzesień 1953 r.
9. G.Wauchope: Moving coal by pipeline Colliery Engineering, październik 1953 r.
10. Hydraulic transportation at Wooded, Colliery Engineering, październik 1955 r.

Исследование поршневых и ротационных питателей для гивралического транспорта угля

Сокращение

В работе привёден перечень поршневых и ротационных питателей (дозировочных устройств) для гидравлического транспорта угля. Питатели эти были построены Кафедрой насосов и водяных двигателей Политехнического Института в Гливицах и в Конструкционно-механизационных Заводах угольной промышленности в Гливицах. Приведены результаты исследований и наблюдений проведенных в лабораторном и политехническом масштабе.

В статье указываются направления в каких ведутся работы по конструкции новых моделей поршневых и ротационных питателей, которые после завершения исследований будуть основой для разработки промышленных питателей.

Summary

Research on reciprocating and rotary feeders for hydraulic transport of coal

Data are given in the paper on recently conotructed reciprocating and rotary feeders for hydraulic transport of coal at the Department of Water Pumps and Motors of the Silesian Politechnic and at the Establishments for Mining Machinery Designing and Mechanisation of the Polish Coal Mining Industry. Results are also given of the research and experiments on laboratory and semi — industrial seale.

The author shaws in the paper directions for working on the construction of new models of reciprocating and rotary feeders which finaliy after necessary tests will serve as basis for construction of industrial feeders.