

**Kazimierz A. Dreszer,
Adam P. Dubowski, Tadeusz Pawłowski,
Jan Szczepaniak, Mariusz Szymanek**

**NAPĘDY HYDROSTATYCZNE
W MASZYNACH ROLNICZYCH**

**Przemysłowy Instytut Maszyn Rolniczych
Poznań 2008**

Dyrektor Przemysłowego Instytutu Maszyn Rolniczych:
dr inż. Tadeusz Pawłowski

Sekretarz Naukowy:
prof. dr hab. inż. Adam Krysztofiak

Rada Programowa:
prof. dr hab. inż. Bronisław Dawidowski
prof. dr inż. Zdzisław Kośmicki, dr h.c. (przewodniczący Rady)
dr hab. inż. Vytautas Kučinskas, Litwa
prof. dr inż. Kazimierz Mielec
prof. dr John E. Morrison, Jr., USA
prof. dr hab. inż. Leszek Powierża
prof. dr hab. inż. Jerzy Weres
prof. dr hab. inż. Bolesław Wojciechowicz, dr h.c.

Recenzenci:
prof. zw. dr inż. Zdzisław Kośmicki
prof. zw. dr hab. inż. Andrzej Osiecki

Wydanie publikacji dofinansowało Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego

Opracowanie edytorskie:
Tadeusz Pawlicki
Hanna Bubis

Wydanie drugie poszerzone

© Copyright by Przemysłowy Instytut Maszyn Rolniczych, Poznań 2008

Wydawca:
Przemysłowy Instytut Maszyn Rolniczych
60-963 Poznań 11, ul. Starołęcka 31
Tel. (0-61) 87-12-200 fax (0-61) 879-32-62
E-mail: office@pimr.poznan.pl
Internet <http://www.pimr.poznan.pl>

Ilość arkuszy wydawniczych: 25
Druk okładki: FOTOKOPIA, Poznań, ul. Kmiecia 4
Skład komputerowy i druk: PIMR, Poznań

ISBN 978-83-927505-0-5

SPIS TREŚCI

Wstęp	9
Wprowadzenie	11
Wykaz najczęściej stosowanych symboli	12
1. CIECZE ROBOCZE STOSOWANE W URZĄDZENIACH HYDRAULICZNYCH	13
1.1. Właściwości cieczy.....	13
1.2. Wymagania stawiane cieczom roboczym.....	17
1.3. Oleje krajowe.....	17
2. PODSTAWOWE WIADOMOŚCI Z MECHANIKI CIECZY	20
2.1. Statyka cieczy.....	20
2.2. Dynamika cieczy	23
2.3. Straty ciśnienia przy przepływie.....	26
2.3.1. Straty liniowe ciśnienia. Wzór Darcy-Weisbacha	27
2.3.2. Straty miejscowe	28
3. POMPY	31
3.1. Systematyka.....	31
3.2. Parametry pracy pomp wporowych.....	32
3.3. Pompy zębate.....	34
3.3.1. Rodzaje pomp zębatych.....	34
3.3.2. Pompy zębate o zazębieniu zewnętrznym	34
3.3.3. Pompy zębate o zazębieniu wewnętrznym	38
3.4. Pompy śrubowe	39
3.5. Pompy łopatkowe	40
3.6. Pompy wielotłoczkowe.....	43
3.6.1. Pompy wielotłoczkowe promieniowe.....	43
3.6.2. Pompy wielotłoczkowe osiowe	46
3.6.3. Pompy wielotłoczkowe rzędowe	49
4. SILNIKI WYPOROWE.....	51
4.1. Systematyka silników wporowych	51
4.2. Parametry silników wporowych	51
4.3. Silniki wporowe szybkoobrotowe	53
4.3.1. Silniki zębate	53

4.3.2.	Silniki łopatkowe.....	54
4.3.3.	Silniki wielotłoczkowe	54
4.4.	Silniki wolnoobrotowe (wysokomomentowe).....	55
4.4.1.	Silniki wolnoobrotowe zębate	55
4.4.2.	Silniki wolnoobrotowe tłokowe osiowe	58
4.4.3.	Silniki wolnoobrotowe tłokowe promieniowe.....	58
4.5.	Ogólne porównanie pomp i silników waporowych.....	61
5.	SIŁOWNIKI	63
5.1.	Systematyka siłowników	63
5.2.	Podstawowe określenia i zasady doboru siłowników	64
5.3.	Hamowanie dobiegu tłoka	68
5.4.	Budowa i przykłady rozwiązań konstrukcyjnych siłowników	69
6.	ZAWORY	71
6.1.	Systematyka.....	71
6.2.	Zawory sterujące kierunkiem przepływu.....	71
6.2.1.	Rozdzielacze.....	71
6.2.2.	Zawory odcinające.....	75
6.3.	Zawory sterujące ciśnieniem	77
6.3.1.	Zawory maksymalne.....	77
6.3.2.	Regulatory ciśnienia	79
6.4.	Zawory sterujące natężeniem przepływu.....	82
6.4.1.	Zawory dławiące	82
6.4.2.	Regulatory przepływu.....	83
7.	AKUMULATORY	86
7.1.	Systematyka i ogólna charakterystyka pracy	86
7.2.	Podstawowe określenia i zasady doboru akumulatorów	87
7.3.	Włączanie akumulatorów do układu	88
7.4.	Przykłady rozwiązań konstrukcyjnych akumulatorów gazowych	89
8.	FILTRY	91
8.1.	Rodzaje i klasyfikacja zanieczyszczeń cieczy	91
8.2.	Zadania i zasady działania filtrów	93
8.3.	Umieszczenie filtra w układzie	94
8.4.	Przykładowe konstrukcje filtrów	95

9.	ELEMENTY PRZEWODZĄCE I MAGAZYNUJĄCE CIECZ ROBOCZĄ	98
9.1.	Zbiorniki	98
9.2.	Chłodnice – wymienniki ciepła	99
9.3.	Przewody	100
10.	USZCZELNIENIA	104
10.1.	Uszczelnienia spoczynkowe	104
10.2.	Uszczelnienia ruchowe	104
11.	STEROWANIE I REGULACJA MASZYN WYPOROWYCH	108
11.1.	Sterowanie i regulacja dławieniowa	108
11.1.1.	Sterowanie i regulacja szeregową	108
11.1.2.	Sterowanie i regulacja równoległą.....	109
11.2.	Sterowanie i regulacja objętościowa.....	110
11.2.1.	Sterowanie wydajnością Q	111
11.2.2.	Regulacja wydajności, $Q = const$	112
11.2.3.	Regulacja ciśnienia, $p = const$	113
11.2.4.	Sterowanie według zasady stałej mocy, $N = p \cdot Q = const$	114
12.	UKŁAD ZAWIESZENIA NARZĘDZI W CIĄGNIKACH ROLNICZYCH.....	117
12.1.	Sposoby agregowania maszyn z ciągnikiem i ich regulacja	117
12.2.	Systemy regulacji podnośników w ciągnikach "URSUS"	118
12.2.1.	Systemy regulacji podnośników w ciągnikach lekkich, średnich i sadowniczych o mocy 28-61 kW	118
12.2.2.	Systemy regulacji podnośników w ciągnikach ciężkich URSUS o mocy 70-140 kW	124
12.3.	Obsługa i eksploatacja urządzeń hydraulicznych stosowanych w ciągnikach rolniczych.....	127
13.	URZĄDZENIA HYDRAULICZNE W WYBRANYCH MASZYNACH ROLNICZYCH.....	129
13.1.	Układy hydrauliczne maszyn do uprawy gleby	129
13.2.	Układy hydrauliczne ładowarek	132
13.3.	Układy hydrauliczne maszyn do nawożenia.....	135
13.4.	Układ hydrauliczny siewnika zbożowego.....	137
13.5.	Układy hydrauliczne kombajnów zbożowych krajowej produkcji	137
13.6.	Układy hydrauliczne maszyn do zbioru okopowych	141

13.7.	Układ hydrauliczny kosiarki rotacyjnej	146
13.8.	Układ hydrauliczny przyczepy rolniczej samowyladowczej	146
13.9.	Układ hydrauliczny wybieraka kisonki.....	147
13.10.	Układy hydrauliczne innych maszyn rolniczych nowej generacji.....	149
13.10.1.	Układ hydrauliczny dla typoszeregu wałów uprawowych 9-15 m	149
13.10.2.	Układ hydrauliczny wału wahadłowego Campbella „Terra I”	151
13.10.3.	Układ hydrauliczny kombajnu do zbioru ziemniaków Z-652.....	153
13.10.4.	Układ hydrauliczny agregatu samozaładowczego wozu paszowego WP 20.....	156
13.10.5.	Układ hydrauliczny rozdrabniacza do bel sianokisonki z dozownikiem koncentratów paszowych.....	158
13.10.6.	Układ hydrauliczny kosiarki do wykaszania poboczy i żywopłotów zawieszanej na przednim TUZ ciągnika	160
13.10.7.	Układ hydrauliczny kombajnu do przetwarzania materiałów organicznych.....	160
13.11.	Obsługa i eksploatacja układów hydraulicznych w maszynach rolniczych.....	164
13.12.	Diagnostyka układów hydraulicznych.....	165
14.	OBLICZENIA I PROJEKTOWANIE UKŁADÓW HYDRAULICZNYCH Z WYKORZYSTANIEM WSPOMAGANIA KOMPUTEROWEGO.....	169
	Literatura	178
	Załącznik (s. I – IV).....	181

Wstęp

Przekazywany czytelnikom podręcznik pt. "Napędy hydrostatyczne w maszynach rolniczych" jest uaktualnionym, uzupełnionym i poprawionym wydaniem książki pt. "Elementy i układy hydrostatyczne w maszynach rolniczych, Wyd. WAR, Lublin 2001.

W stosunku do pierwszego wydania różni się on:

- ujęciem równania Bernoulliego,
- podziałem i ujęciem funkcji zaworów w układach hydrostatycznych,
- ujęciem zagadnień funkcji związanych ze sterowaniem i regulacją maszyn wyporowych,
- ujęciem problemu uszczelnień w urządzeniach i maszynach hydrostatycznych,
- ujęciem opisu układów hydrostatycznych zastosowanych w maszynach rolniczych.

Podręcznik adresowany jest do słuchaczy kierunku eksploatacyjnego uczelni przyrodniczych i użytkowników maszyn rolniczych. Zatem pominięto w nim rozważania teoretyczne, ograniczając się jedynie do podania opisu budowy i zasad działania poszczególnych maszyn hydraulicznych oraz finalnych zależności określających omawiany parametr (proces). Podobnie również postąpiono w przypadku opisu hydrauliki ciągnika rolniczego. W tym przypadku ograniczono się do omówienia układu umożliwiającego współpracę ciągnika z maszynami rolniczymi (podnośnika).

Obok treści dotyczących opisu budowy i użytkowania urządzeń hydraulicznych, zamieszczono pewne partie materiału uzupełniającego, obejmujące głównie wybrane zagadnienia z mechaniki płynów i właściwości cieczy roboczych, stanowiących medium przeniesienia energii w napędach hydrostatycznych.

Autorzy pragną wyrazić wdzięczność wszystkim tym, którzy pomagali nam przygotować tę pozycję, a zwłaszcza tym, z których materiałów korzystaliśmy. Szczególne podziękowanie składamy recenzentom wydawniczym Panom: prof. zw. dr. hab. inż. Andrzejowi Osieckiemu oraz prof. zw. dr. inż. Zdzisławowi Kośmickiemu. Ich cenne uwagi pozwoliły nam na wprowadzenie wielu korekt i uzupełnień, co niewątpliwie podniosło rangę pracy i ułatwi jej odbiór przez Czytelników.