

СЕЛСКОПАНСКА АКАДЕМИЯ

Селскостопанска<sup>®</sup>  
техника

Agricultural  
Engineering

5 1998

# 35 ГОДИНИ

## НАУЧНО СПИСАНИЕ

# СЕЛСКОСТОПАНСКА ТЕХНИКА

### РЕДАКЦИОННА КОЛЕГИЯ

Ст. н.с. I ст. д-р инж. **ДИМИТЪР БАРЕВ**  
отг. редактор

Ст. н.с. д-р инж. **НИКОЛАЙ МАРКОВ**  
зам. отг. редактор

Проф. д-р инж. **АТАНАС МИТКОВ**

Доц. д-р инж. **ГЕОРГИ ТАСЕВ**

Проф. д-р инж. **ЙОРДАН ДИМИТРОВ**

Проф. д-р инж. **КОНДЮ АНДОНОВ**

Ст. н.с. д-р инж. **ПЛАМЕН ПЕТКОВ**

Доц. д-р инж. **БАНКО БАНЕВ**

Ст. н.с. д-р инж. **НИКОЛА ВИЧЕВ**, дсн

Ст. н.с. I ст. д-р инж. **ГЕОРГИ ПЕТРОВ**

Ст. н.с. д-р инж. **ПЕТЪР ПЕТРОВ**

Ст. н.с. д-р инж. **ВЛАДИМИР ВИТКОВ**

### EDITIONAL BOARD

Sen. Sci. Eng. **DIMITAR BAREV**, Ph. D  
editor-in-charge

Sen. Sci. Eng. **NIKOLAY MARKOV**, Ph. D  
deputy-editor-in-charge

Prof. Eng. **ATANAS MITKOV**, Ph. D

Assoc. Prof. Eng. **GEORGI TASSEV**, Ph. D

Prof. Eng. **JORDAN DIMITROV**, Ph. D

Prof. Eng. **KONDYU ANDONOV**, Ph. D

Sen. Sci. Hydr. Eng. **PLAMEN PETKOV**, Ph. D

Assoc. Prof. Eng. **BANKO BANEV**, Ph. D

Sen. Sci. Eng. **NIKOLA VICHEV**, Ph. D, Dr. Sci

Sen. Sci. Eng. **GEORGI PETROV**, Ph. D

Sen. Sci. Eng. **PETAR PETROV**, Ph. D

Sen. Sci. Eng. **VLADIMIR VITKOV**, Ph. D

1998, c/o Jusator  
ISSN 0037-1718  
Коректор: Е. Симеонова  
Печатни коли: 5,75  
Авторски коли: 7,22



**РИАПТ ООД**  
ПРЕДПЕЧАТНА ПОДГОТОВКА,  
ТЕХНИЧЕСКА РЕДАКЦИЯ, РЕКЛАМА  
София, ул. "Гео Милев" 30, тел.: 71-53-68

**НОСИТЕЛ НА ОРДЕН „КИРИЛ И МЕТОДИЙ“ II СТЕПЕН**

**СЪДЪРЖАНИЕ**

**МЕХАНИЗАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ В РАСТЕНИЕВЪДСТВОТО**

Травмиране на картофените клубени при вибриране на камениста почва <i>С. Илиев</i> .....	3
Специална очистка семена на цилиндричском електросепараторе <i>А. Пожелене, С. Линикене</i> .....	6
Изследване върху показателите на едноредов навесен комбайн за царевица <i>Л. Асенов</i> .....	9
Система за експертна оценка при генериране на сеитбообращения в Добруджа <i>В. Илиева, М. Илиева</i> .....	13

**СЪЗДАВАНЕ, ИЗПИТВАНЕ И ВНЕДРЯВАНЕ НА СЕЛСКОСТОПАНСКА ТЕХНИКА**

Опитно определяне диапазона на регулиране на пълнопоточна хидрообемна трансмисия <i>Й. Димитров, Б. Гигов</i> .....	17
Изследване износването на шийките на колянните валове на двигатели Д-240 <i>Г. Стефанов</i> .....	22

**МАШИНОИЗПОЛЗВАНЕ И РЕМОНТООБСЛУЖВАЩА ДЕЙНОСТ**

Общ методически подход за енергетически анализ на зърнено-фуражното производство <i>Д. Иванов</i> .....	26
Изследване на загубите от престой на сеялки <i>Г. Тасев, А. Е. Александров, Д. Корчаков</i> .....	30

**ХИДРОМЕЛИОРАЦИИ**

Изследване на измененията на основните водно-физични свойства на почвата около безтраншейно положение закрит дренаж <i>П. Петков, Н. Цанков</i> .....	37
Дросел нерегулируем - ДН 100 <i>К. Давидов</i> .....	42

## СОДЕРЖАНИЕ

МЕХАНИЗАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ  
РАСТЕНИЕВОДСТВА

- Механические повреждения клубней картофеля при вибрации каменистой почвы  
*С. Ишпеков* ..... 3
- Специальная очистка семян на цилиндрическом электросепараторе  
*А. Пожелене, С. Линикене* ..... 6
- Однорядный навесной кукурузоуборочный комбайн  
*Л. Асенов* ..... 9
- Система экспертной оценки при генерировании севооборотов в Добрудже  
*В. Илиева, М. Илиева* ..... 13

СОЗДАНИЕ, ИСПЫТАНИЕ И  
ВНЕДРЕНИЕ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

- Экспериментальное определение диапазона регулирования полнопоточной гидрообъемной трансмиссии  
*Й. Димитров, Б. Гигов* ..... 17
- Исследование износа шеек коленчатых валов двигателей Д-240  
*Г. Стефанов* ..... 22

МАШИНОИСПОЛЬЗОВАНИЕ И  
РЕМОНТНО-ОБСЛУЖИВАЮЩАЯ  
ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

- Общий методический подход к энергетическому анализу зернофуражного производства  
*Д. Иванов* ..... 26
- Исследование убытков от простоя сеялок для пропашных культур  
*Г. Тасев, А. Е. Александров, Д. Корчаков* ..... 30

## ГИДРОМЕЛИОРАЦИИ

- Исследование изменений основных водно-физических свойств почвы в зоне закрытого бестраншейного дренажа  
*П. Петков, Н. Цанков* ..... 37
- Дроссель нерегулируемый ДН-100  
*К. Давидов* ..... 42

## CONTENTS

MECHANIZATION AND AUTOMATIZATION  
IN PLANT GROWING

- Injuries to the potato tubers in vibrating stony soil  
*S. Ishpekov* ..... 3
- The special of seeds on the cylindrical electroseparator  
*A. Pozeliene, S. Lynikiene* ..... 6
- A single-row tractor-mounted maize harvester  
*L. Assenov* ..... 9
- A system for expert evaluation in generating crop rotations in Dobrudja  
*V. Ilieva, M. Ilieva* ..... 13

DEVELOPMENT, TESTING AND  
INTRODUCTION OF AGRICULTURAL  
MACHINERY

- Experimental determination of the adjustment range of a full-flow positive displacement hydraulic transmission  
*Y. Dimitrov, B. Gigov* ..... 17
- A research on the wear of the D-240 engines crankshaft journals  
*G. Stefanov* ..... 22

## MACHINERY USE AND MAINTENANCE

- A general methodical approach to the power consumption analysis of the grain and forage production  
*D. Ivanov* ..... 26
- A research on the losses due to downtime of row-crop seed drills  
*G. Tassev, A. E. Alexandrov, D. Korchakov* ..... 30

## IRRIGATION AND DRAINAGE

- The changes in the principal hydraulic and physical properties of the soil around the covered drainage laid in a trenchless way  
*P. Petkov, N. Tsankov* ..... 37
- The non-adjustable throttle DN 100  
*K. Davidov* ..... 42

# Опитно определяне диапазона на регулиране на пълнопоточна хидрообемна трансмисия

Йордан Димитров, Бойко Гизов  
Технически университет, София

## УВОД

Изборът на хидроизделията и механичната част на хидрообемните трансмисии най-често се основава на необходимия диапазон на регулиране  $R$ . Под диапазон на регулиране се разбира отношението на максималната към минималната стойност на изходящия въртящ момент или на изходящата честота на въртене, при постоянна мощност на входа на трансмисията, на които при хидрообемна предавка съответстват диапазони на изменение на работното налягане, дебита и работния обем на регулируемата хидромашина [2].

При самоходните машини с хидрообемна трансмисия се задават максималната скорост на движение, максималната движеща сила (ограничена от сцеплението) и номиналната мощност на двигателя с вътрешно горене (ДВГ), откъдето се определят необходимите параметри на входа и на изхода на трансмисията. Необходимият диапазон на регулиране може да се получи ако са известни стойностите на общия коефициент на полезно действие (КПД) на трансмисията  $\eta_A$  и  $\eta_B$  в крайните точки на регулиране (т. А и т. В на фиг. 1). Линията А'В' се отнася за идеалния случай, когато  $\eta = \text{const}$  и  $N'' = N' \cdot \eta = \text{const}$ . Линията АВ съответства на реалната изходяща характеристика при  $N' = \text{const}$  и  $\eta \neq \text{const}$ . В общия случай  $\eta_A \neq \eta_B$  и за диапазоните на изменение на въртящия момент  $R_M$  и на честотата на въртене  $R_n$  може да се запише:

$$(1) \quad R_M = \frac{M''_{\max} \cdot n''_{\max} \cdot \pi}{N' \cdot \eta_B \cdot 30 \cdot 10^3} = \frac{M''_{\max}}{M''_{\min}},$$

$$(2) \quad R_n = \frac{M''_{\max} \cdot n''_{\max} \cdot \pi}{N' \cdot \eta_A \cdot 30 \cdot 10^3} = \frac{n''_{\max}}{n''_{\min}},$$

където:

$N'$  е входящата мощност в kW;

$M''_{\max}$  - максималната стойност на въртящия момент в N.m;

$n''_{\max}$  - максималната стойност на честотата на въртене на изхода на трансмисията в  $\text{min}^{-1}$ .

Диапазонът на регулиране се ограничава от максималната честота на въртене и максималния въртящ момент на изхода на трансмисията. Те от своя страна се определят от максималния рабо-

тен обем на регулируемата хидромашина и максималното работно налягане. За да се определи диапазонът на изменение на налягането  $R_p$  или на дебита  $R_q$  може да се запишат уравнения (1) и (2) по отношение на хидравличната мощност на изхода на помпата:

$$(3) \quad R_p = \frac{\Delta p_{\max} \cdot Q_{\max}}{N' \cdot \eta'_B \cdot 60} = \frac{\Delta p_{\max}}{\Delta p_{\min}},$$

$$(4) \quad R_q = \frac{\Delta p_{\max} \cdot Q_{\max}}{N' \cdot \eta'_A \cdot 60} = \frac{Q_{\max}}{Q_{\min}},$$

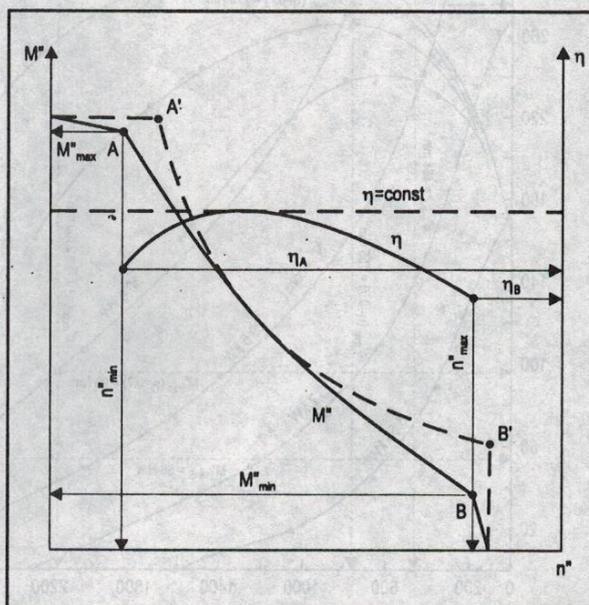
където:

$\Delta p_{\max}$  е максималното работно налягане, определено от настройката на предпазните клапани, МРА;

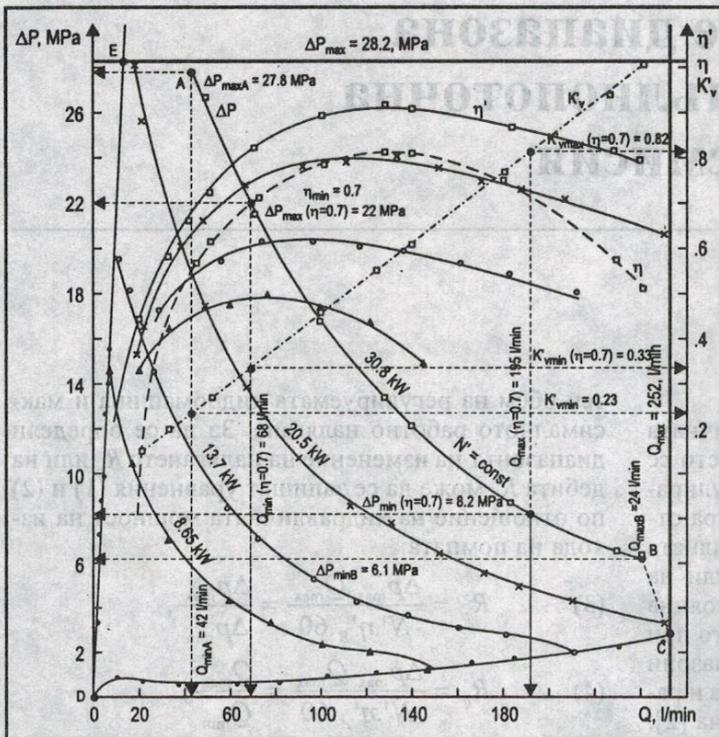
$Q_{\max}$  - максималният дебит на помпата, определен от максималния работен обем и честотата на въртене на помпата,  $\text{l/min}$ ;

$\eta'_A$  и  $\eta'_B$  - общите КПД на помпата в крайните точки на регулиране.

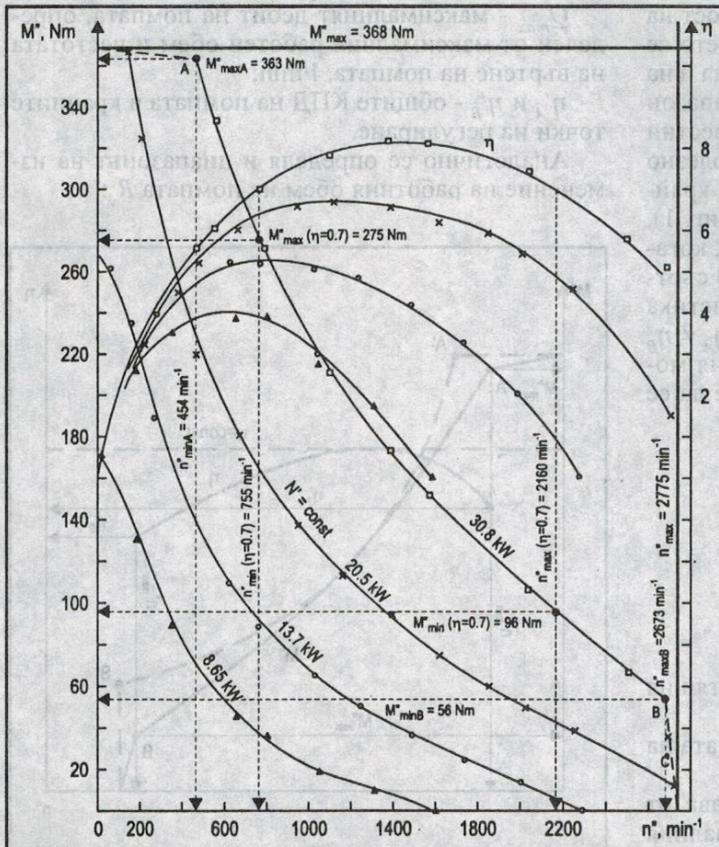
Аналогично се определя и диапазонът на изменение на работния обем на помпата  $R_v$ :



Фиг. 1. Определяне диапазона на регулиране  
Fig. 1. Determination of the range of adjustment



Фиг.2. Характеристики на помпата  
Fig.2. Characteristics of the pump



Фиг.3. Изходящи характеристики на трансмисията  
Fig.3. Output characteristics of the transmission

$$(5) R_v = \frac{\Delta p_{max} \cdot V'_{max} \cdot n'}{N' \cdot \eta'_{ХМА} \cdot 60 \cdot 10^3} = \frac{V'_{max}}{V'_{min}}$$

където:

$V'_{max}$  е максималният работен обем на регулируемата помпа в  $cm^3$ ;

$n'$  - честотата на въртене на помпата в  $min^{-1}$ ;

$\eta'_{ХМА}$  - хидромеханичният КПД на помпата в точка А.

За връзката между отделните диапазони се получава:

$$(6) R_p = R_M \frac{\eta''_B \Delta p_{max} \cdot Q_{max} \cdot 10^3}{M''_{max} \cdot \eta''_{max} \cdot 2\pi}$$

$$(7) R_q = R_n \frac{\eta''_A \Delta p_{max} \cdot Q_{max} \cdot 10^3}{M''_{max} \cdot \eta''_{max} \cdot 2\pi}$$

$$(8) R_v = R_q \frac{\eta'_{обА}}{\eta'_{обВ}}$$

където:

$\eta''_A$  и  $\eta''_B$  е общият КПД на вторичната част на трансмисията (хидромоторите) в крайните точки на регулиране;

$\eta'_{обА}$  и  $\eta'_{обВ}$  е обемният КПД на помпата в същите точки.

Тези зависимости се използват за грубо определяне на диапазона на регулиране и избор на хидромашини, тъй като не се знаят точно стойностите на различните КПД. За да се отчете изменението на тези коефициенти е необходимо те да се изследват опитно.

### МЕТОДИКА И АПАРАТУРА

За построяването на изходящите характеристики на хидрообемна предавка се използва стенд, подробно описан в [1]. Изследването се извършва в установен режим при постоянен мощност на входа и постоянен работен обем на хидромотора. Измерват се:

- входящата  $n'$  и изходящата  $n''$  честота на въртене с оптоелектронни оборотомери с точност  $1 min^{-1}$ .

- входящият и изходящият въртящ момент  $M'$  и  $M''$  чрез тензометрични валове с токоснемачи устройства и универсален измервателен усилвател на носеща честота с точност  $1,5\%$ .

- работното налягане на изхода на помпата  $p_2$  с точност  $2,5\%$ , дебита - с точност  $1,6\%$  и температурата на работния флуид - с точност  $0,8\%$  чрез комбиниран измервателен прибор тип "ENERPAC" ВНТ 300 R.

- относителният работен обем на помпата  $k_v = V'/V'_{max}$  чрез потенциомет-

ричен преобразувател, включен към един от каналите на универсалния усилвател и цифров волтметър с точност на отчитане 0,1%.

• налягането на входа на помпата  $p_1$  с точност 2,5%.

• налягането на захранващата зъбна помпа  $p_{3n}$  с точност 2,5%.

При различно натоварване на изхода на трансмисията (въртящ момент  $M''$ ) се поддържа постоянна мощност на входа ( $N' = \text{const}$ , респективно  $n' = \text{const}$ ) чрез изменение на работния обем на помпата  $V'$ .

Мощността на входа се изчислява съгласно зависимостта:

$$(9) \quad N' = \frac{(M' - M'_{3n}) \cdot n' \cdot \pi}{30 \cdot 10^3} [kW],$$

Таблица 1.  
Table 1.

N' = 30,8 kW						
M'', Nm	n'', min <sup>-1</sup>	$\eta$ , %	$\eta'$ , %	Q, l/min	$\Delta p$ , MPa	$k_p$ , %
363	454	560	647	43	27,8	235
333	535	606	712	50	26,3	271
271	763	703	822	70	21,7	339
211	1094	785	893	100	16,5	445
173	1385	815	914	126	13,4	538
152	1564	808	907	142	11,8	602
107	2034	740	862	183	8,7	765
68	2510	580	816	225	6,7	938
56	2673	509	792	240	6,1	999
N' = 20,5 kW						
367	140	262	365	16	28,1	104
325	200	330	437	21	25,6	118
252	360	463	605	37	20,1	174
220	460	517	665	47	17,4	208
180	665	612	735	66	13,7	281
138	939	661	768	90	10,5	373
114	1149	672	778	110	8,7	455
92	1392	658	800	133	7,4	540
75	1615	619	766	152	6,2	613
61	1866	582	736	174	5,2	700
49	2025	511	718	188	4,7	753
39	2262	454	700	210	4,1	840
11	2741	154	630	250	3,1	999
N' = 13,7 kW						
261	80	160	240	10	19,7	59
236	150	270	352	16	18,1	88
189	274	396	465	26	14,7	118
110	617	520	579	56	8,5	229
89	762	518	622	73	7,0	295
65	1022	505	614	97	5,2	387
50	1243	476	598	117	4,2	459
36	1484	412	588	138	3,5	540
25	1734	329	568	161	2,9	629
14	2003	213	556	183	2,5	714
0	2317	0	511	210	2,0	817
N' = 8,65 kW						
168	10	20	198	7	14,7	42
130	171	269	334	17	10,2	79
88	340	362	432	32	7,0	131
48	640	372	474	60	4,1	238
39	800	378	491	75	3,4	291
20	1070	259	462	100	2,4	384
11	1310	175	443	121	1,9	464
0	1599	0	346	145	1,2	555

където:

$M'$  е измерен въртящ момент на входящия вал, Nm;

$M'_{3n}$  - въртящ момент необходим за задвижване на захранващата зъбна помпа на трансмисията, който се изчислява чрез измереното налягане на помпата ( $p_{3n}$ ), Nm.

Получените резултати при няколко постоянни мощности са нанесени в таблица 1 и от тях са построени характеристиките на помпата в координатна система работно налягане ( $\Delta p$ ) - дебит ( $Q$ ) - фиг. 2 и изходящите характеристики на трансмисията - фиг. 3. Преди започване на експериментите при постоянна мощност на входа се провеждат още два допълнителни опита - на празен ход и на стоп режим, резултатите от които са нанесени в таблици 2 и 3.

При изпитването на празен ход се отстранява натоварващото устройство на стенда и постепенно се увеличава работния обем на помпата от 0 до  $V'_{max}$ , при което изходящата честота на въртене се изменя от 0 до  $n'_{max}$ . Измерват се работното налягане и дебита, който в този случай може да се приеме за равен на теоретичния, поради ниското работно налягане и пренебрегването на обемните загуби. Зависимостта между работното налягане и дебита, която е показана на фиг. 2 с линията CD се получава нелинейна и се определя от големината на хидромеханичните загуби в трансмисията.

При изпитването на стоп режим изходящият вал е запънат, така че  $n' = 0$ , а въртящият момент

Таблица 2. Изпитване на празен ход ( $M''=0$ )  
Table 2. Testing at idle running ( $M''=0$ )

Q, l/min	$\Delta p$ , MPa	T, °C	$p_2$ , MPa	$p_1$ , MPa	n'', min <sup>-1</sup>	$k_p$ , %
252	2,68	98	3,60	0,92	2775	999
230	2,37	99	3,30	0,93	2538	902
210	2,06	98	3,00	0,94	2317	817
187	1,80	94	2,80	1,00	2066	724
167	1,72	90	2,75	1,03	1844	647
145	1,24	88	2,30	1,06	1599	555
125	1,18	85	2,20	1,02	1382	479
103	0,95	84	2,00	1,05	1138	394
81	0,70	96	1,75	1,05	893	309
62	0,64	94	1,70	1,06	680	236
38	0,63	82	1,70	1,07	420	145
35	0,62	92	1,70	1,08	385	133
21	0,72	82	1,80	1,08	235	80
10	0,92	82	2,00	1,08	110	38

Таблица 3. Изпитване на стоп режим ( $n''=0$ )  
Table 3. Testing at steady-state regime ( $n''=0$ )

n', min <sup>-1</sup>	$p_2$ , MPa	$p_1$ , MPa	$\Delta p$ , MPa	$k_p$ , %	$Q_{3n}$ , l/min
2971	4,5	1,22	3,28	2	0,53
2967	8,6	1,12	7,48	8	1,85
2966	9,6	1,09	8,51	14	2,90
2963	11,1	1,08	10,02	21	3,95
2958	13,7	1,06	12,64	30	5,27
2955	15,1	1,05	14,05	38	6,31
2952	16,6	1,04	15,56	44	7,36
2908	29,2	0,98	28,22	97	12,05

на изхода нараства от 0 до  $M'_{max}$  чрез увеличаване на работния обем и работното налягане на помпата. Зависимостта между налягането и дебитът в този случай се получава практически линейна и характеризира обемните загуби в трансмисията (линията DE на фиг. 2). Колкото е по-стръмна тази линия, толкова утечките са по-малки и трансмисията е в по-добро състояние. На фиг. 2 са нанесени също така и линиите на общия коефициент на полезно действие на помпата  $\eta'$ , които се изчисляват за всяка една изолиния съгласно зависимостта:

$$(10) \quad \eta' = \frac{\Delta p \cdot Q}{N' \cdot 60},$$

където:

$\Delta p = p_2 - p_1$  - работното налягане в МРа;

$Q$  - измерения дебит в l/min.

За определяне на диапазона на изменение на работния обем на помпата на същата фигура са нанесени и данните за измерения относителен обем  $k_v$  за една изолиния (30,8 kW) и е начертана зависимостта му от дебита с прекъснатата линия с точки.

#### РЕЗУЛТАТИ ОТ ИЗСЛЕДВАНЕТО

Представените на фиг. 3 семейство изходящи характеристики показват реалните възможности на конкретната хидрообемна трансмисия с първично регулиране. Като допълнително ограничително условие при определяне на диапазона на регулиране може да се постави условието общия КПД да не спада под определена минимално допустима стойност (например  $\eta > \eta_{min} = 0,7$ ).

За определяне на диапазоните на изменение на налягането, дебита и работния обем при това условие за изолинията  $N' = 30,8$  kW е нанесена на фиг. 2 с прекъснатата линия и кривата на общия КПД на трансмисията.

#### ИЗВОДИ

Реалният диапазон на регулиране на хидрообемната трансмисия се ограничава от намаляването на нейния КПД. При работа с ниско налягане това се дължи на увеличаването на относителния дял на хидромеханичните загуби, а при работа с високо работно налягане - на увеличаване на относителния дял на обемните загуби.

Увеличаването на диапазона на регулиране не трябва да бъде за сметка на увеличаване на максималния работен обем на помпата, тъй като това води до преоразмеряване на хидрообемната трансмисия и неефективна работа с ниско минимално работно налягане.

Увеличаването на диапазона на регулиране чрез увеличаване на максималното работно налягане е оправдано само при висококачествени хидромашини (с малки загуби от утечки). В противен случай е целесъобразно това налягане да се ограничи, за да не се преоразмерява излишно механичната част на хидрообемната трансмисия.

С намаляване на мощността, предавана от трансмисията, се намалява и зоната на работа с относително висок КПД.

За постигане на максимален диапазон на регулиране, освен високото качество на хидромашините, е необходимо оптимално да се изберат и техните типоразмери в зависимост от номиналната мощност на двигателя.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Димитров, Й. Н. и др. Стенд за изследване на хидрообемна трансмисия, Селскостопанска техника, 1993, № 6-7.
2. Nikolaus, H. W. Hydrostatischer Fahrtrieb., O+P 21, 1977, No 4.

*Статията е постъпила в редакцията на 15.VI. 1998 г.*

## Экспериментальное определение диапазона регулирования полнопоточной гидрообъемной трансмиссии

Й. Димитров, Б. Гизов  
Технически университет, София

#### РЕЗЮМЕ

Исследована гидрообъемная передача (без механической части), состоящая из аксиально-поршневого регулируемого насоса и аксиально-поршневого нерегулируемого гидромотора на стенде, разработанном на кафедре автомобилей, тракторов и каров Технического университета в Софии. Для иллюстрации полученных результатов построена семья исходных характеристик - крутящий момент ( $M''$ ) от частоты вращения ( $n''$ ) на выходе при параметре входящей мощности ( $N'$ ).

# Experimental determination of the adjustment range of a full-flow positive displacement hydraulic transmission

*Y. Dimitrov, B. Gigov*  
Sofia Technical University

## ABSTRACT

A positive-displacement hydraulic transmission (without the mechanical part) was investigated, consisting of an axial-piston variable-delivery pump and an axial-piston constant-delivery hydraulic motor, on a test bench developed in the department of "Automobiles, tractors and industrial trucks" of Sofia Technical University. To illustrate the obtained results, were constructed a family of output curves: torque ( $M''$ ) from frequency of rotation ( $n''$ ) at the axis with a parameter of input power ( $N'$ ).

