

# LABORATORY INVESTIGATION OF TEMPERATURE RATES OF AN AUTOMATIC TRANSMISSION-

Assis.Prof. Boyko GIGOV, Ph.D. - Technical University of Sofia

The results of laboratory bench testing of car automatic transmission are presented in the paper. The main parameters of the transmission have been measured varying the fluid temperature at different rates. Graphic correlations are designed for the changing and loading characteristics and efficiency coefficient, for velocity ratio of the torque converter and reduction ratio of the whole transmission unit including torque converter, mechanical unit and automatic control system. Constant input velocity has been maintained at different gears while changing output loading to the fixed rates. Conclusions are given about the influence of the fluid temperature on the transmission performance.

## I. INTRODUCTION

The temperature of the working fluid in hydro-transmissions largely determined its characteristics and indirectly influences of the hydro-mechanical and volumetric losses arising in the system of automatic control and within hydro or turbomachine. She also influence the additional power consumed by the internal combustion engine (ICE) for powering of the system for automatic control and the losses in mechanical transmission.

For determining these influence on the performance of the overall transmission (hydraulic and mechanical part, along with automatic control) was conducted a study in laboratory conditions of hydrodynamic automatic transmission for passenger cars.

## II. METHODOLOGY AND APPARATUS

Laboratory equipment (the test stand), which is used to study the temperature mode of transmission and the instrumentation, with which is equipped, are described in separate publications [1], [2]. Generally this stand consists of a drive unit, including asynchronous motor and hydrostatic transmission with primary control, tested hydrostatic transmission and brake (load device) consisting of adjustable axial piston pump and valve for creating load by throttling the oil.

The test transmission consists of a complex two-phase torque converter with reactor on the one way clutch and centripetal turbine, planetary gearbox, cylindrical main transmission and differential. The system of automatic control includes hydraulic executing devices, valves and distributors operated via microprocessor unit and solenoids.

Were examined indicators of transmission at a constant input speed and multilevel of load on the output of individual gears and change operating temperature. Maintaining a constant temperature of the transmission and

its adjustment without special cooling system is quite difficult. Therefore the results are summarized for a range of temperatures, and in some of the characteristics of the parameter is assumed load at the output of the transmission (torque) which, at the adopted scheme of the stand can be conveniently adjusted by altering the working volume of the axial piston pump of hydrostatic loading unit.

The rotation speed of the input is maintained in the range  $n' = 1000 \pm 1$  tr / min, by adjusting the working volume of the pump from drive unit and this at the outlet ( $n''$ ) is amended depending on the selected gear and the operating mode.

Output torque ( $M''$ ) is determined by measuring the reactive torque ( $M'''$ ) via strain gages and corresponding calculations, and the rotation speeds of input and output of the transmission are measured by optoelectronic converters and frequency.

Input torque of the transmission  $M'$  [Nm] is determined by measuring the difference in pressure  $\Delta p$  [bar] in the working hydraulic pipework on the driving hydromotor [2]. The amendment to the hydromechanical efficiency is as expressed by either analytical dependence in function of working pressure. The other factors affecting on the value of this efficiency in this particular case, according to the adopted methodology, are supported practically constant: working volume  $V_{XM} = 89$  cm<sup>3</sup> / tr; rotational speed  $n_{XM} = n'$  and the temperature of the working fluid for the hydrostatic transmission of the drive unit  $T_{XOP} = 80 \pm 2$  °C.

The latter is achieved thanks to the supported a constant rotational speed the hydraulic engine, respectively flow in hydrostatic transmission and availability of cooling system, whose fans can be switched on or off as needed.

In this case, the relative hydromechanical losses  $\Delta M$ , respectively hydromechanical efficiency  $\eta_{XM}$  of the hydraulic engine will

depend in practice only by working pressure, presented in dimensionless form via  $K_p$ , and the other factors are calculated via the constants A and B, defined in advance by conducting additional experiments and approximation of experimental data [2]:

$$\overline{\Delta M} = A + B \cdot K_p \quad (1)$$

By the change of the input torque are judged for the load properties of transmission - the product of the coefficient of primary torque of the torque converter  $\lambda$  and the density of the oil.  $\rho$  :

$$\lambda \cdot \rho = \frac{M' \cdot 30^2}{D_a^5 \cdot n'^2 \cdot \pi^2}, \quad \text{kg / m}^3 \quad (2)$$

where  $D_a$  is active diameter on the torque converter, [m].

Transforming properties of transmission are characterized by a change of the torque ratio  $\kappa = M''/M'$  for the calculation of which is determined output torque by the dependence :

$$M'' = K_M \cdot \overline{M'''} \cdot (1 - K_T) - M_{TP0}, \quad \text{Nm} \quad (3)$$

where  $K_T$  is the coefficient of friction torque;  $M_{TP0}$  - frictional torque of idling, [Nm];  $K_M$  -

coefficient of calibration, [Nm/ $\mu\text{st}$ ];  $\overline{M''}$  - indication of the strain gage amplifier, [ $\mu\text{st}$ ].

Kinematic ratio of the torque converter for each experiment is determined from the indications of the input and output revolution counter and the transmission ratios of the mechanical part (the main gear, differential and gearbox), which are known.

$$i_x = \frac{n'' \cdot i_{\Gamma\Pi} \cdot j_{\Pi K}}{2 \cdot n'} \quad (4)$$

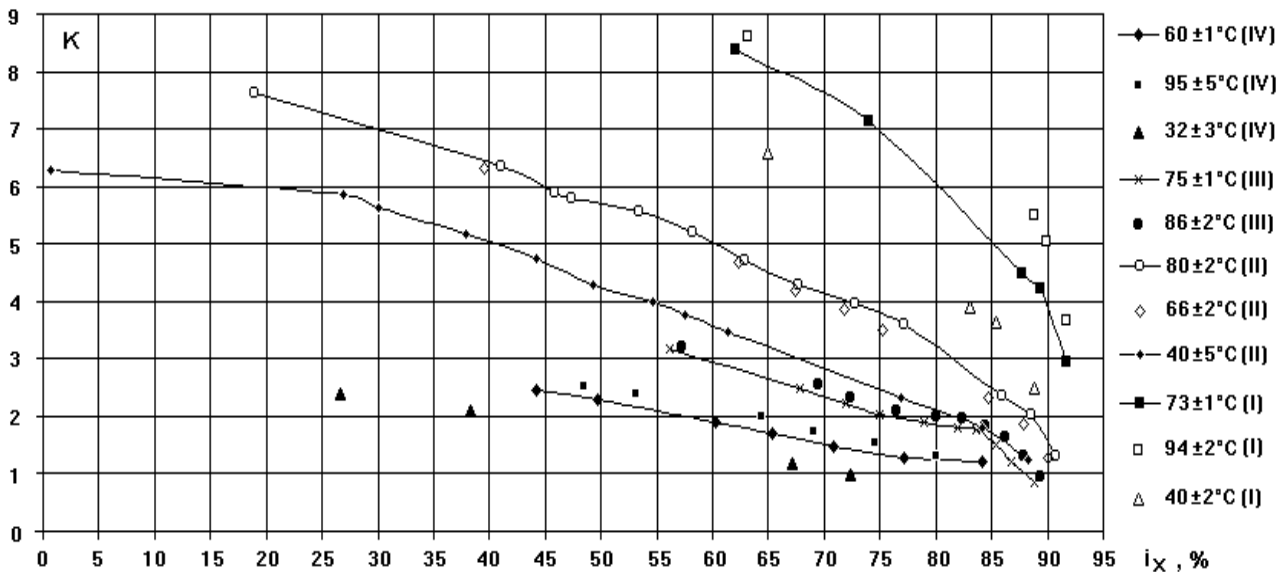
The efficiency of the entire transmission is obtained by calculation of its torque ratio and its kinematics ratio  $i = n''/n'$ :

$$\eta_{TP} = \frac{\kappa \cdot n''}{1000} \quad (5)$$

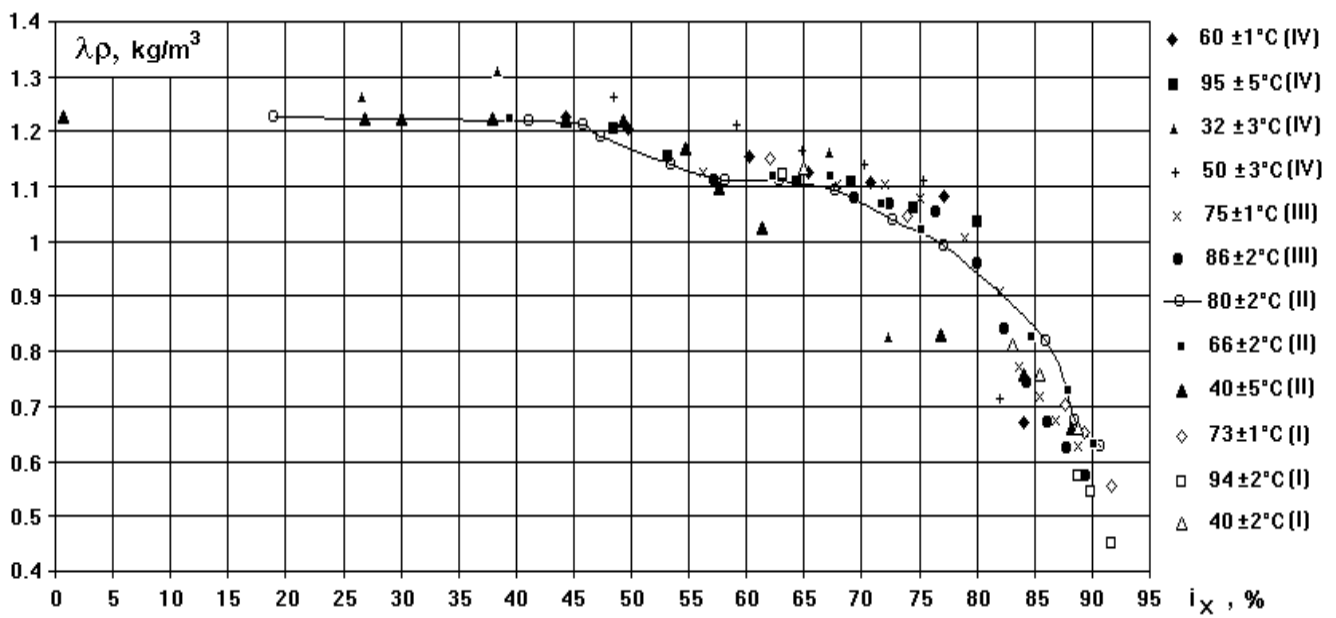
### III. THE TEST RESULTS

Described in point II indicators of hydrodynamic transmission are determined at different working temperature of the oil, which is measured in the crankcase of the test transmission on the individual gears at some fixed values of the torque  $M''$ , that is represented via the relative deformation of the strain beam mounted on the blocked half shaft of the differential in  $\mu\text{st}$ .

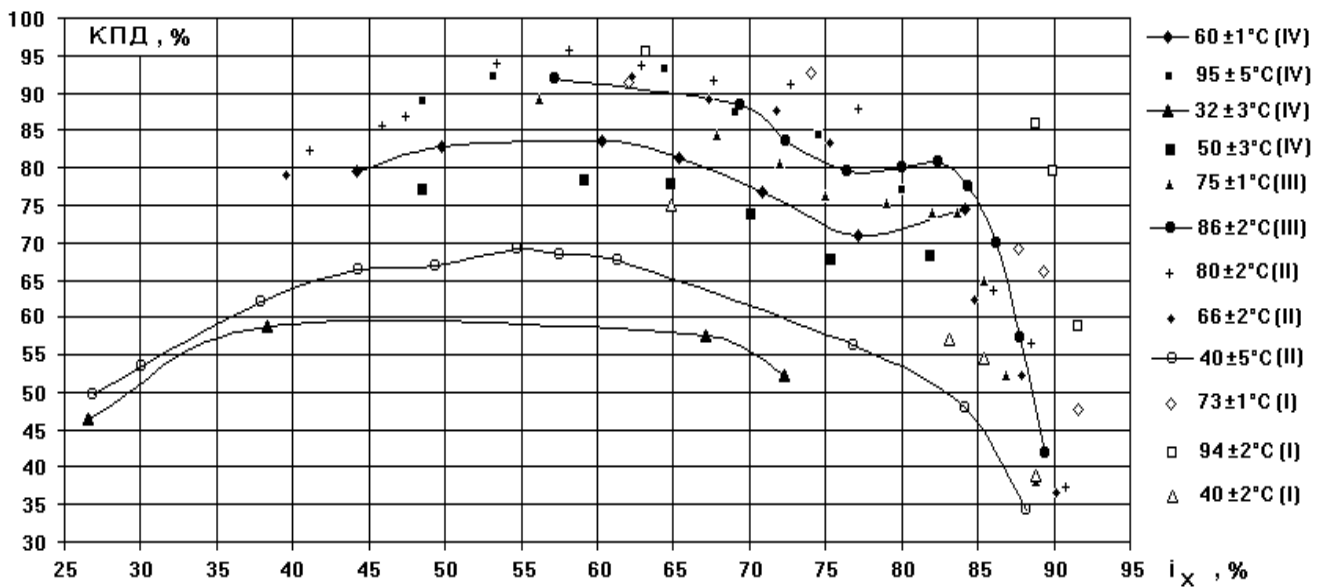
Some of the obtained results are given in Fig. 1a, 1b, 1c, 1d, 1e, 1f and 1g:



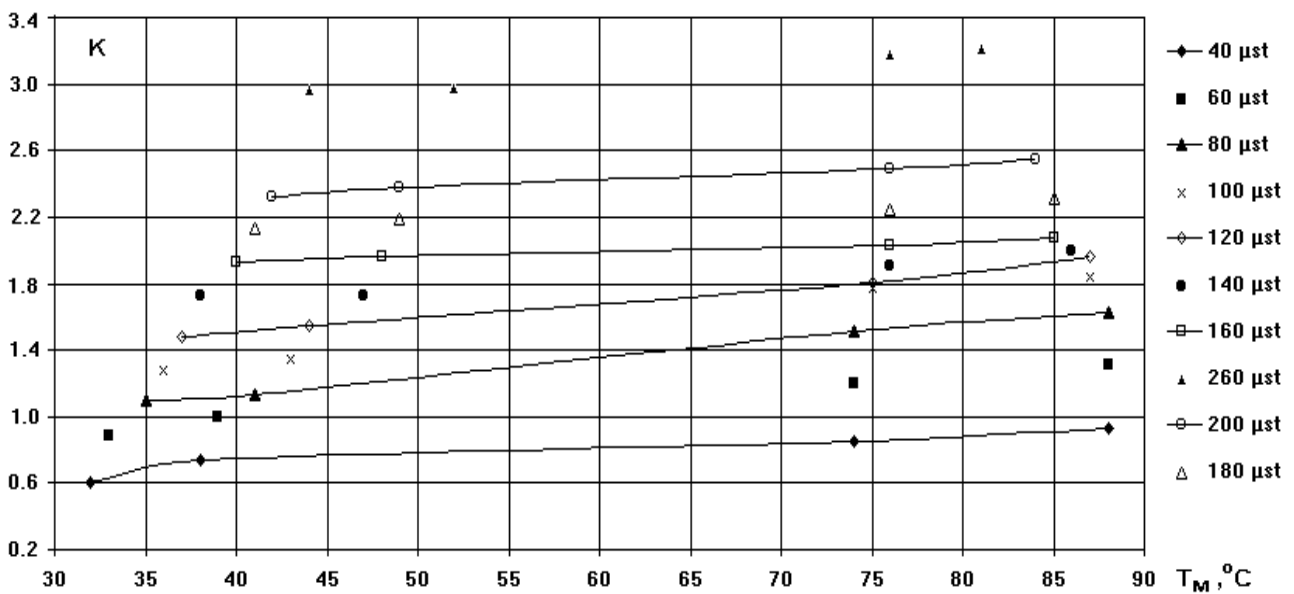
a) transforming properties - I-st to IV-th gear



b) load properties – I-st to IV-th gear



c) efficiency - I-st to IV-th gear



d) torque ratio - III-th gear

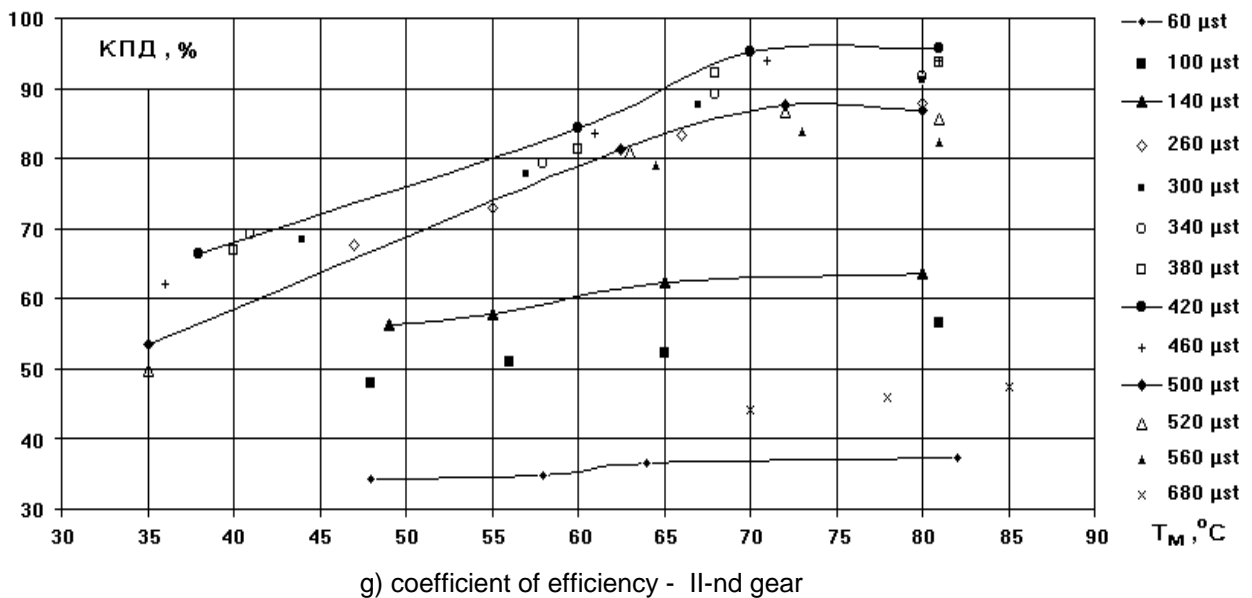
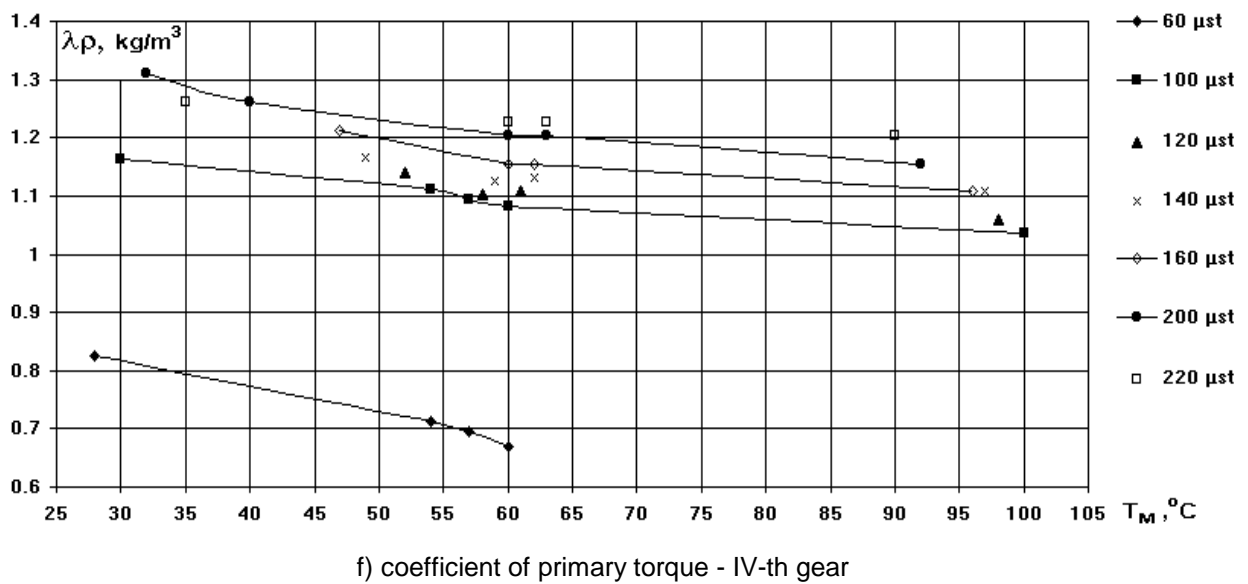
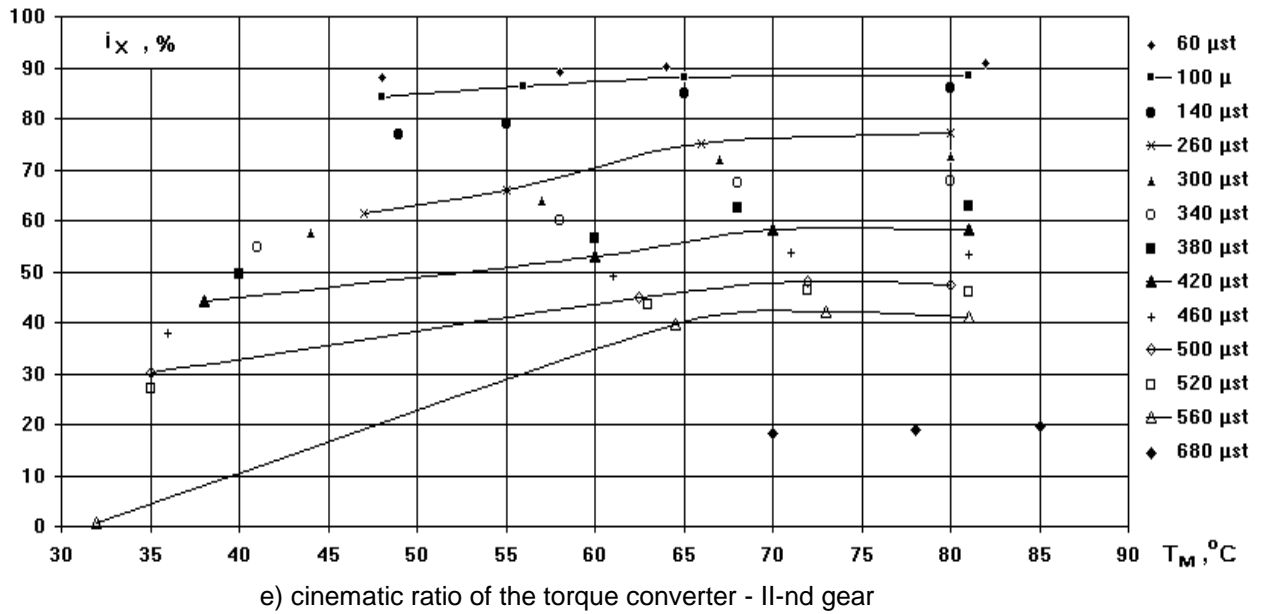


Fig.1. Change indicators of the hydro-transmissions depending on the working temperature (working fluid - hydraulic oil type МХП 40А)

#### IV CONCLUSIONS

Are studied complex the indicators of hydrodynamic automatic transmission for passenger cars on the a testbed in the laboratory depending on the change in temperature of the working fluid.

It was found, that with an increase in working temperature at the same other conditions increased torque gear ratio of the transmission as a whole and the kinematic gear ratio on the torque converter, on which corresponds reduction of the primary torque (Fig.1f). This increase is more pronounced in the range  $30 \div 65$  °C at kinematics ratio (Fig.1e), while above  $65$  °C the temperature influence is much weaker (the relationship is nonlinear). At temperatures above  $80$  °C of some modes of load is observed even slight lowering the kinematic gear ratio and from thence on the common efficiency (Fig.1f and 1g)

Load properties vary mainly due to the change in the density of the oil, while the coefficient  $\lambda$  is retained practically constant. This is confirmed by the dependence of the

product  $\lambda\rho$  from kinematic gear ratio on the torque converter, which practically does not change with temperature change (Fig.1b), while at the remaining dimensionless characteristics influence of temperature is significantly (Fig 1a and 1c).

The recommended temperature regime for the studied transmission and working fluid is obtain in the range -  $65 \div 80$  °C.

#### BIBLIOGRAPHY

1. Димитров Й., Б. Гигов, Я. Моллов, Стенд за изследване на автоматична хидромеханична трансмисия за леки автомобили, Международна научна конференция по двигатели и автомобили "MOTAUTO '2000", София, 18-20 октомври 2000г., Сборник доклади.

2. Гигов Б., Я. Моллов, Изследване КПД на автоматична хидромеханична трансмисия за лек автомобил в лабораторни условия., сп. Машиностроене кн. 11-12/2001г.

# МАШИНО- СТРОЕНЕ

№1-2

ГОДИНА LII

2003



ИЗДАНИЕ НА МАШИНИТЕЛЕКТ - ЕООД



**ИНТЕРВЮ:** Международен изложбен център - София,  
прозорец към най-новите достижения в света на  
техниката и технологиите - разговор с г-н Иванов,  
изпълнителен директор на Международния  
изложбен център

**ПАНАИРИ И ИЗЛОЖБИ:** МСV - Бърно -  
Входната врата за централноевропейския пазар  
**ХАНОВЕРСКИЯТ ПАНАИР** - световният индустриален форум

**SCHENKER**  
Stimmes Logistics

№1-2

ГОДИНА LI

2003

Гл. редактор: инж. ИВАЙЛО ИВАНОВ  
Редактор: ОГНЯН ДИМИТРОВ  
Сътрудник: МИНА АНДРЕЕВА

СОФИЯ 1000, пк. 550,  
ул. "Цар Иван Шишман" 27Б  
<http://machinebuilding.bgcatalog.com>  
e-mail: [machinebuilding@bgcatalog.com](mailto:machinebuilding@bgcatalog.com)  
Телефон: 981 99 72; тел/факс 981 07 67  
Търговска банка "БИОХИМ" - клон "Батенберг"  
София 1000, пл. "Батенберг" 12  
Банков код: 66084219, с-жа 1010774705

# МАШИНО- СТРОЕНЕ®

НАУЧЕН БРОЙ

ISSN 0025-455X

ЦЕНА: 3,50лв.

ИЗДАНИЕ НА МАШИНИНТЕЛЕКТ - ЕООД

## СЪДЪРЖАНИЕ

Балансът на интереси между малките  
предприятия и обслужваните от тях  
големи предприятия  
Л. Парашкевова ..... 2

Възможност за оценка на увличането на  
колелата в съвременното транспортно средство.  
Част II: четириопорен кинетостатичен модел  
В. Драганов, Б. Гигов ..... 7

Изследване температурния режим  
на автоматична хидродинамична трансмисия  
Б. Гигов ..... 12

Аналитични зависимости за параметрични  
програми при шлифоване на зъбите  
на ротационни ножове за разделителни  
операции  
П. Хаджийски ..... 16

Редакционна колегия: проф. д-р инж. Владимир Костов, проф. д-р инж. Георги Цветков,  
проф. д-р инж. Димитър Стоянов, доц. д-р инж. Жулиета Калейчева, проф. д-р инж. Иван  
Коларов, проф. д-р инж. Йордан Димитров, доц. д-р инж. Камен Веселинов, проф. д-р инж.  
Кирил Арnaudов, проф. д.т.н. Митко Миховски, доц. д-р инж. Наско Начев, доц. д-р юр.  
Стефан Стефанов, проф. д.т.н инж. Христо Шехтов, проф. д.т.н. инж. Виктор Анчев

Списание се издава със съдействието на Българската браншова камара по  
машиностроене, Научно-техническия съюз по машиностроене и Българска браншова  
камара на електротехниката

The Magazine is published with assistance of the Bulgarian Branch Chamber - Machine Building,  
The Scientific - Technical Union of Machine Building and Bulgarian Branch Chamber of  
Electrical Engineering

## ИЗСЛЕДВАНЕ ТЕМПЕРАТУРНИЯ РЕЖИМ НА АВТОМАТИЧНА ХИДРОДИНАМИЧНА ТРАНСМИСИЯ

Гл. ас. д-р инж. БОЙКО ГИГОВ, bgigov@vmei.acad.bg, Технически университет - София

### LABORATORY INVESTIGATION OF TEMPERATURE RATES OF AN AUTOMATIC TRANSMISSION

Assis.Prof. Bojko Gigov, Ph.D. - Technical University of Sofia

The results of laboratory bench testing of car automatic transmission are presented in the paper. The main parameters of the transmission have been measured varying the fluid temperature at different rates. Graphic correlations are designed for the changing and loading characteristics and efficiency coefficient, for velocity ratio of the torque converter and reduction ratio of the whole transmission unit including torque converter, mechanical unit and automatic control system. Constant input velocity has been maintained at different gears while changing output loading to the fixed rates. Conclusions are given about the influence of the fluid temperature on the transmission performance.

#### I. УВОД

Температурата на работния флуид при хидротрансмицията определя до голяма степен неговите характеристики и влияе косвено върху хидромеханичните и обемните загуби, възникващи в системата за автоматично управление и в самите хидро-или турбомашини. Тя се отразява и на допълнителната мощност, консумирана от двигателя с вътрешно горене (ДВГ) за захранване на системата за автоматично управление и на загубите в механичната част на трансмицията.

За определяне на това влияние върху показателите на трансмицията като цяло (хидравлична и механична част, заедно със системата за автоматично управление) е проведено изследване в лабораторни условия на автоматична хидродинамична трансмисия за леки автомобили.

#### II. МЕТОДИКА И АПАРАТУРА

Лабораторното съоръжение (стендът), който е използван за изследване на температурния режим на трансмицията, както и измервателната апаратура, с която е оборудван са описани в отделни публикации [1], [2]. Най-общо този стенд се състои от задвижващ агрегат, включващ асинхронен електродвигател и хидрообемна предавка с първично регулиране, изпитвана трансмисия и хидрообемна спирачка (натоварващо устройство), състояща се от аксиално-бутална регулируема помпа и клапан за създаване на натоварване чрез дроселиране на маслото.

Изпитваната трансмисия се състои от комплексен двуфазен хидротрансформатор с реактор на муфа за свободен ход и центростремителна турбина, планетна предавателна кутия, цилиндрично главно предаване и диференциал. Системата за автоматично управление включва хидравлични изпълнителни устройства, клапани и

разпределители управлявани чрез електромагнити от микропроцесорен блок.

Изследвани са показателите на трансмицията при постоянна честота на въртене на ахода и няколко нива на натоварването на изхода на отделните предавки и при изменение на работната температура. Поддържането на постоянна температура на трансмицията и регулирането ѝ без специална охлаждаща система е доста трудно. Затова резултатите са обобщени за определен температурен интервал, а при някои от характеристиките за параметър се приема натоварването на изхода на трансмицията (въртящият момент), който при възприетата схема на стенда може удобно да се регулира чрез изменение на работния обем на аксиално-буталната помпа на хидрообемното натоварващо устройство.

Честотата на въртене на входа се поддържа в диапазона  $n=1000\pm 1$  tr/min, чрез регулиране на работния обем на помпата на задвижващия агрегат, а тази на изхода ( $n''$ ) се изменя в зависимост от включената предавка и режима на работа.

Изходящият въртящ момент ( $M''$ ) се определя чрез измерване на реактивния момент ( $M'''$ ) по тензометричен път и съответни пресмятания, а честотите на въртене на входа и изхода на трансмицията се измерват с оптоелектронни преобразователи и честотомери.

Въртящият момент на входа на трансмицията  $M'$  [Nm] се определя от измерената разлика на налягането  $\Delta p$  [bar] в работните магистрали на задвижващия хидромотор [2]. Изменението на хидромеханичния коефициент на полезно действие (КПД) е отчетено чрез аналитична зависимост във функция от работното налягане. Останалите фактори, влияещи върху стойността на този КПД в конкретния случай съгласно възприетата методика са или се поддържат практически постоянни: работен обем  $V_{\text{хм}}=89\text{cm}^3/\text{tr}$ ; честота на въртене  $n_{\text{хм}}=n'$  и температура на работния флуид за хидрообемната предавка на задвижващия агрегат  $T_{\text{хол}}=80\pm 2^\circ\text{C}$ .

Последното се постига благодарение на поддържаната постоянна честота на въртене на хидромотора, респективно дебит в хидрообемната предавка и наличието на охлаждаща система, чиито вентилатори могат да се включват или изключват според необходимостта.

В такъв случай относителните хидромеханични загуби  $\Delta M$ , респективно хидромеханичният КПД на хидромотора ще зависят на практика само от работното налягане, представено в безразмерен вид, а останалите



фактори се отчитат с константите А и В, определни предварително чрез провеждане на допълнителни опити и апроксимация на опитните данни [2]:

$$\overline{\Delta M} = A + B \cdot k_p \quad (1)$$

По изменението на входящия въртящ момент се съди за натоварващите свойства на трансмисията - произведението на коефициента на първичния момент  $\lambda$  на хидротрансформатора и плътността на маслото  $\rho$ .

$$\lambda \cdot \rho = \frac{M' \cdot 30^2}{D_a^5 \cdot n'^2 \cdot \pi^2}, \quad \text{kg/m}^3$$

където  $D_a$  е активен диаметър на хидротрансформатора, [m].

Преобразуващите свойства на трансмисията се характеризират с изменението на силовото предавателно число  $k = M''/M'$ , за пресмятането на което се определя изходящият въртящ момент по зависимостта:

$$M'' = k_M \cdot \overline{M'''} (1 - k_T) - M_{TPO}, \quad \text{Nm} \quad (3)$$

където  $k_T$  е коефициент на триещия момент;  $M_{TPO}$  - триещ момент на празен ход, [Nm];  $k_M$  - тарировъчен коефициент, [Nm/ $\mu\text{st}$ ];  $\overline{M''}$  - показанието на тензометричния усилвател, [ $\mu\text{st}$ ].

Кинематичното предавателно отношение на хидротрансформатора за всеки опит се определя от показанията на входящия и изходящия оборотомер и предавателните числа на механичната част (главното предаване, диференциала и предавателната кутия), които са известни.

$$i_x = \frac{n'' \cdot i_{gp} \cdot i_{пк}}{2 \cdot n'} \quad (4)$$

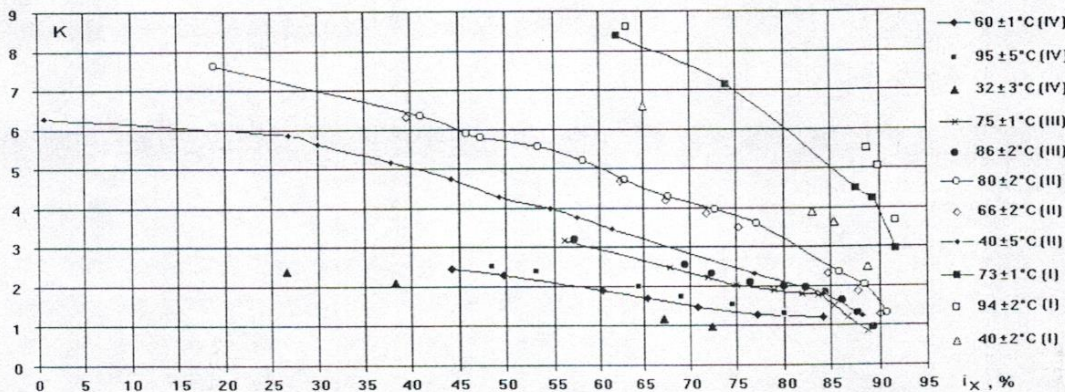
Коефициентът на полезно действие на цялата трансмисия се получава чрез изчисления от силовото и предавателно число и кинематичното и предавателно отношение  $i = n''/n'$ :

$$\eta_{TP} = \frac{k \cdot n''}{1000} \quad (5)$$

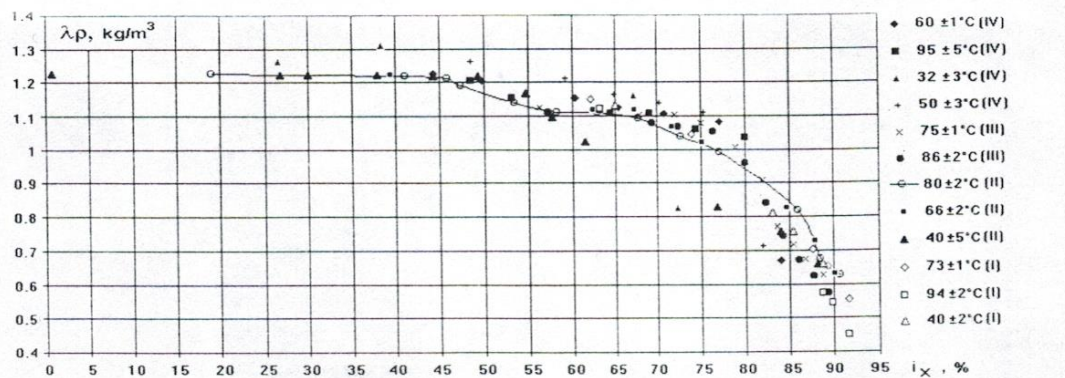
### III. ОПИТНИ РЕЗУЛТАТИ

Описаните в точка II показатели на хидродинамичната трансмисия са определени при различна работна температура на маслото, измерена в картера на изпитваната трансмисия на отделните предавки при няколко фиксирани стойности на момента  $M''$ , изразен чрез относителната деформация на тензометричната греда, монтирана на блокирания полувал на диференциала в  $\mu\text{st}$ .

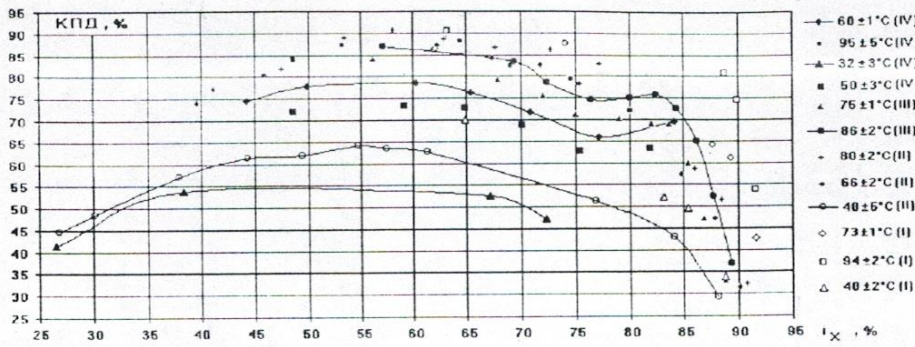
Част от получените резултати са дадени на фиг. 1а, 1б, 1в, 1г, 1д, 1е и 1ж:



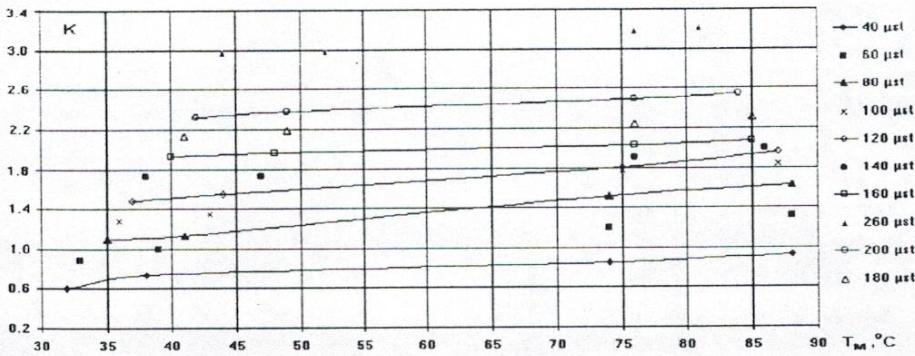
а) преобразуващи свойства - I-ва до IV-та предавка



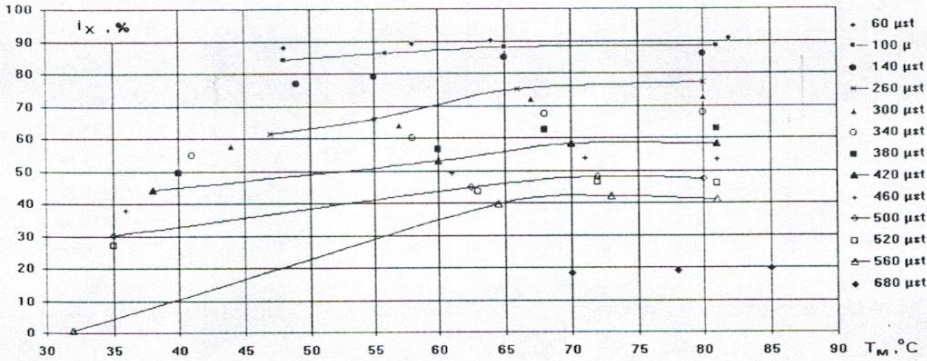
б) натоварващи свойства - I-ва до IV-та предавка



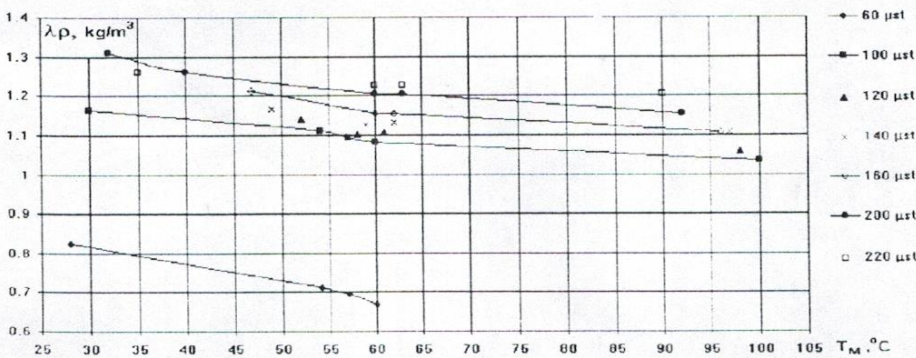
в) коэффициент на полезно действие - I-ва до IV-та предавка



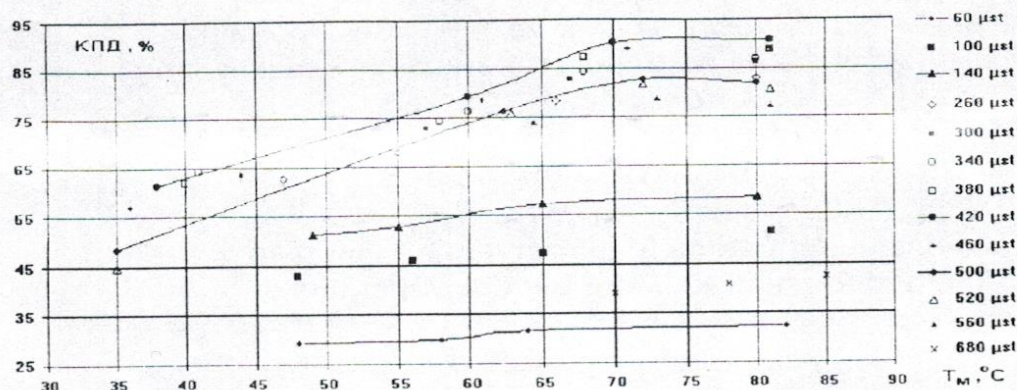
г) силово предавателно число - III-та предавка



д) кинематично предавателно отношение на хидротрансформатора - II-ра предавка



е) коэффициент на първичния момент - IV-та предавка



ж) коэффициент на полезно действие - II-ра предавка

Фиг.1. Изменение на показателите на хидротрансмисията в зависимост от работната температура (работен флуид - хидравлично масло тип МХП 40А)

IV ИЗВОДИ

Изследвани са комплексно показателите на автоматична хидродинамична трансмисия за леки автомобили на стенд, в лабораторни условия в зависимост от изменението на температурата на работния флуид.

Установено е, че с повишаване на работната температура при еднакви други условия нарастват и силовото предавателно число на трансмисията като цяло и кинематичното предавателно отношение на хидротрансформатора, на което съответствува намаляване на първичния въртящ момент (фиг.1е). Това нарастване е по-силно изразено в диапазона 30-65°C при кинематичното предавателно отношение (фиг.1д), а над 65°C влиянието на температурата е много по-слабо (зависимостта е нелинейна). При температури над 80°C на някои режими на натоварване се наблюдава даже леко понижаване на кинематичното предавателно отношение и оттам на общия КПД (фиг.1д,ж)

Натоварващите свойства се изменят най-вече поради изменението на плътността на маслото, докато коефициентът  $\Delta$  се запазва практически постоянен. Това се потвърждава и от зависимостта на произведението  $\Delta \rho$  от кинематичното предавателно отношение на хидротрансформатора, която на практика не се променя с изменение на температурата (фиг.1 б), докато при останалите безразмерни характеристики влиянието на температурата е значително (фиг.1а и в)

Препоръчителният температурен режим за изследваната трансмисия и работен флуид се получава в диапазона - 65-80°C.

ЛИТЕРАТУРА

1. Димитров И., Б. Гигов, Я. Моллов, Стенд за изследване на автоматична хидромеханична трансмисия за леки автомобили, Международна научна конференция по двигатели

и автомобили "MOTAUTO '2000", София, 18-20 октомври 2000г., Сборник доклади.

2. Гигов Б., Я. Моллов, Изследване КПД на автоматична хидромеханична трансмисия за лек автомобил в лабораторни условия., сп. Машиностроене кн. 11-12/2001г.

РЕЗЮМЕ

В статията са представени резултати от изследване показателите на автоматична хидромеханична трансмисия за леки автомобили в лабораторни условия (на стенд) при изменение на температурата на работния флуид. Получени са графични зависимости за преобразуващите и натоварващите свойства и коефициента на полезно действие, за кинематичното предавателно отношение на хидротрансформатора и силовото предавателно число на трансмисията като цяло, включваща хидродинамичен трансформатор, механична част и система за автоматично управление. При опитите на отделните предавки се поддържа постоянна честота на въртене на входа на трансмисията, а натоварването на изхода ѝ се изменя на няколко фиксирани нива. Направени са съответните изводи за влиянието на работната температура върху показателите на трансмисията.

Данни за автора:

Бойко Иванов Гигов - гл. асистент д-р инж., катедра "Двигатели, автомобилна техника и транспорт", Транспортен факултет, Технически университет - София  
сл. тел.: 02/ 965 29 56, 965 34 21, 965 35 81, e-mail: bgigov@vmei.acad.bg