

## Изпитване на хидравлични системи на земеделски трактори

Генчо Попов

*Testing of hydraulic systems of tractors used in agriculture. In this paper some installations which can be used for the testing of tractors, according to the requirements of Code 2 of OECD, are presented. It ensures an opportunity for the hydraulic power and type of the peak pressure of hydraulic drive systems of tractors to be tested in real-time by saving and analyzing the received data base.*

**Key words:** OECD Standard Code 2, a tractor's hydraulic system

### ВЪВЕДЕНИЕ

Във всички съвременни земеделски трактори се използва хидравлично отвеждане на част от тяхната мощност. С помощта на тази мощност се задвижват активни работни органи на прикачни, навесни и други земеделски машини. Параметрите на хидравличната система (налягане и дебит) определят възможността на трактора за задвижване на агрегатирани хидрофицирани земеделски машини. Това налага изискването производителите на земеделски трактори да дават информация за техните хидравлични системи. Определянето им става от независими лаборатории, сертифицирани по Код 2 на Организацията за икономическо сътрудничество и развитие (OECD STANDARD CODE 2). Съгласно този Код параметрите, които трябва да се определят са хидравлична мощност и пиково налягане на системата за отвеждане на мощност, както и товароподемност на хидравличната навесна система

В настоящата работа се разглеждат разработени изпитвателни системи за определяне на хидравличната мощност и големината на пиковото налягане на хидравличните системи на земеделски трактори

### ИЗЛОЖЕНИЕ

Начинът на определяне на хидравличната мощност зависи от схемата на изпълнение на системата за отвеждане на част от мощността (COM) на трактора. В съвременните трактори се използват два принципно различни подхода при изграждане на хидравличните системи за отвеждане на мощност:

- системи с постоянен дебит;
- системи с постоянно налягане.

Първият вид хидросистеми се изпълняват с нерегулируеми помпи (най-често зъбни), а вторият – с регулируеми аксиално бутални помпи. При системите с постоянен дебит захранването на различните едновременно работещи изпълнителни механизми (хидродвигатели), с различни скоростни режими, се постига чрез използването на няколко помпи или дроселни делители и регулатори на дебит.

Използват се различни структурни схеми за отвеждане на част мощността по хидравличен път.

- *Самостоятелно задвижване на хидродвигателите на агрегатирани към трактора земеделски машини* – при тази схема хидравличната система на трактора, дебитът и налягането в която се осигуряват от помпата на трактора, се използва само за задвижване на навесната система. Хидродвигателите на агрегатиранията машина ХМ се задвижват от допълнителна помпа (една или повече), задвижвани от вала за отвеждане на мощност на трактора. В тези случаи хидросистемите за задвижване най-често се изпълняват като самостоятелни системи, разположени върху самите машини.

- *Задвижване на хидродвигателите на агрегатиранията машина от хидросистемата на навесната система на трактора* – това е най-често срещаният случай. Обикновено при тракторите с по-малка мощност се използва нерегулируема хидравлична помпа, която осигурява постоянен дебит при дадена честота на въртене на двигателя с вътрешно горене. Потокът работна течност се отправя към съответния изпълнителен механизъм на системите за хидравлично задвижване на агре-

гатираните земеделски машини чрез многосекционен хидравличен разпределител. Съществуват случаи, когато за задвижване на работните органи на агрегатираните машини допълнително към потока течност от основната помпа се добавя течност от други помпи, използвани в трактора – от помпата за управление на скоростната кутия и (или) от помпата за хидравличното кормилно управление. Сумирането на потоците работна течност става с превключване на съответни клапани.

- *Задвижване на хидродвигателите на агрегатираните машини от самостоятелни гидросистеми на трактора* – в тези случаи се използват две или повече помпи, най-често моноблочно изпълнение като многосекционни с общо механично задвижване. Използването на отделни помпи позволява получаване на независими хидравлични потоци, като по този начин се осигурява отвеждане на мощността към агрегатираните земеделски машини с максимална енергоефективност.

- *Системи за хидрозадвижване с регулируема помпа* – Принципът на действие на такива системи се основава на автоматичното изменение дебита на помпата в случай на изменение на налягането в нагнетателната линия. Тези системи работят с постоянно налягане, като скоростните режими на изпълнителните механизми се поддържат в необходимите граници чрез съответни регулатори на дебита. Обикновено чрез специално избирателно устройство (клапан) се поддържа налягането на управление на помпата, равно на налягането в най-натоварения в дадения момент хидродвигател. По този начин се осигурява по-висок КПД на системата.

Както добре е известно, мощността на течностния поток се определя по зависимостта:

$$1) \quad P = \frac{pQ}{60}, \text{ kW},$$

където:  $p$  е налягането в [MPa], а  $Q$  - дебитът в [l/min].

В зависимост от схемата на системата за отвеждане на мощност в конкретния трактор е необходимо да се осигурят условия за измерване на тези величини.

Когато системата е от такъв вид, при който се използва една помпа за захранване на всички изпълнителни механизми на агрегатираните земеделски машини, то измерването на хидравличните параметри става при свързване на измервателната система към единия от изводите на разпределителя, а другите остават затворени.

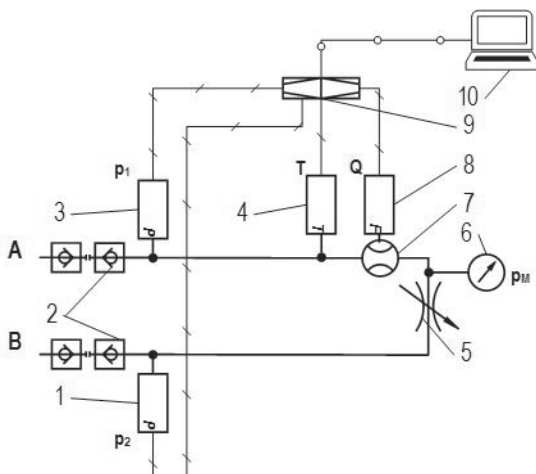
В случаите, когато за задвижване на хидродвигателите се използват две или повече помпи, е необходимо те да работят в паралел, като ако е необходимо, чрез допълнително свързване на изходните линии дебитите им се сумират в обща точка, към която се включва измервателната система.

При системи с регулируеми помпи е необходимо осигуряване на условия (наляганя) за работа на помпата с максимален работен обем.

Налягането, което определя разполагаемата хидравлична мощност на изводите на разпределителя, зависи от съпротивленията, включени в хидравличната линия. За получаване на различни работни режими на хидравличната система при нейното изпитване е необходимо чрез товарно устройство да се имитира натоварването на изпълнителните механизми. За тази цел се използват товарни дросели или клапани, като изискването към тях е техните характеристики – налягане-дебит, да са квадратични или близки до квадратичните. Освен това трябва да имат минимални съпротивления при напълно отворено положение.

Максималната стойност на хидравличната мощност при даден дебит (при дадена честота на въртене на двигателя на трактора) ще бъде при максималното работно налягане на гидросистемата. Това е налягането непосредствено преди отваряне на предпазния клапан, включен в гидросистемата на трактора (обикновено той е монтиран в разпределителя). Много често предпазните клапани са с двойно действие (т.н. предпазно-преливни клапани), като тяхното работно налягане е по-голямо от налягането на сработване на управляващия клапан, което трябва да се има предвид.

На фиг. 1 е показана схемата на разработена за целта система за изпитване на тракторни гидросистеми, с цел определяне на хидравличната мощност.



**Фиг. 1** Схема на система за изпитване на тракторни хидросистеми

1 - сензор за налягане, свързан към връщащия отвор (B) на разпределителя; 2 - бързосменни връзки; 3 - сензор за налягане, свързан към подвеждащия отвор (A) на разпределителя; 4 - сензор за температура; 5 - товарен дросел; 6 - контролен манометър; 7 - дебитомер; 8 - сензор, свързан към дебитомера; 9 - измервателен уред; 10 - компютърна система.

При изпитването е необходимо да се поддържа постоянна и да се контролира честотата на въртене на двигателя с вътрешно въртене (сензорът за измерване на честотата на въртене, свързан към вала за отвеждане на мощността на трактора, не е показан на схемата).

Данните от сензорите за налягане 1 и 3, за температура 4 и за дебит 8 се подават към измервателния уред 9 "MultiHandy 3050" на фирмата Hydrotechnik GmbH. Софтуерът HydroComSys предлага различни функции за оценка, презентация и принтиране на измерените стойности. Обменът на данни между компютърната система 10 и измервателния уред се осъществява чрез USB или RS 232 интерфейс. Чрез подходяща програма може да се построи графично зависимостта на хидравличната мощност  $P$  във функция на налягането  $p$  при дадена постоянна честота на въртене. От тази графична зависимост се определя максималната, отведена по хидравличен път, мощност, отговаряща на налягането на отваряне на предпазния клапан на тракторната хидросистема.

Съгласно стандарта [3] се определят две мощности:

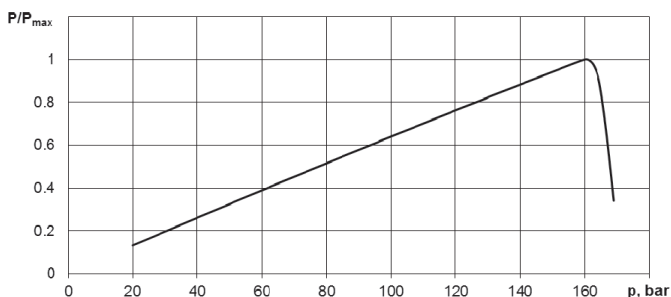
- Максимална хидравлична мощност на изхода на трактора – в този случай по формула (1) мощността се пресмята чрез налягането  $p = p_1$  на входа на измервателната система.
- Максимална разполагаема хидравлична мощност – тук мощността се пресмята чрез определената разлика  $p = p_1 - p_2$  в наляганята между входа и изхода на измервателната система.

Поддържането на постоянна честотата на въртене на двигателя, а следователно и на вала на помпата на хидросистемата, е трудно осъществимо. Поради това е необходимо измереният дебит да се приведе към постоянна честота на въртене  $n$ , при която става изпитването:

$$2) \quad Q = Q_1 \frac{n}{n_1},$$

където  $Q_1$  и  $n_1$  са измерените дебит и честота на въртене.

Удобно е резултатите за измерената хидравлична мощност да се представят в безразмерен вид, като обезразмеряването става със стойността на максималната мощност  $\bar{P} = \frac{P}{P_{\max}}$ . На фиг. 2 е показано изменението на относителната мощност от работното налягане.

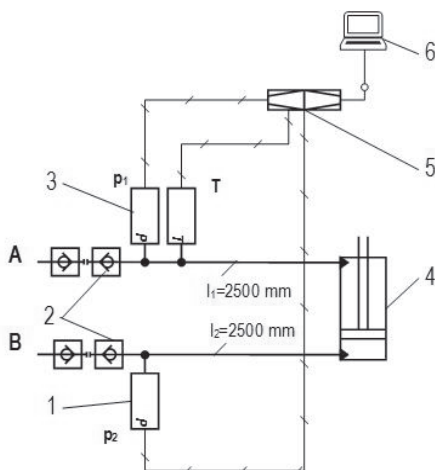


Фиг. 2 Изменение на безразмерната хидравлична мощност на трактора от работното налягане

С помощта на опитно построената графика  $\bar{P} = f(p)$  и с измерената максимална мощност при дадена честота на въртене се получават стойностите на хидравличната мощност при различни работни наляганя.

Измерването на пиковото налягане става като се спазват посочените в стандартите изисквания: тестов гидроцилиндър – двойнодействащ с диаметри на буталото и буталния прът съответно  $D=80\pm 5$  mm,  $d=30\pm$  mm и дължина на работния ход  $L=200\pm 10$  mm. Свързването на изходите на гидросистемата на трактора с гидроцилиндъра е чрез два хидравлични маркуча с условен отвор  $d_n=10$  mm и дължини  $l_1 = l_2=2500 \pm 100$  mm.

На фиг.3 е показана принципната схема на системата за измерване на пиковото налягане на гидросистемите на земеделски трактори.



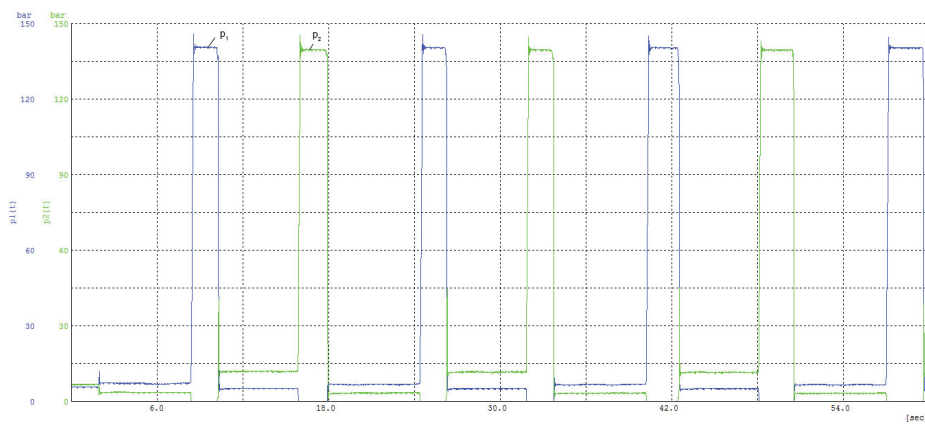
Фиг. 3 Схема на системата за измерване на пиково налягане

1-Сензор за налягане, свързан към отвор (B) на разпределителя; 2-Бързосменни връзки; 3-Сензор за налягане, свързан към отвор (A) на разпределителя; 4-Тестов хидравличен цилиндър –  $D=80$  mm/ $d=30$  mm/ $L=300$  mm; 5-Измервателен уред; 6-Компютърна система

Използваните измервателни средства са същите, както при определяне на хидравличната мощност.

При това изпитване се записва изменението на налягането в буталната и прътвата камери при извършване на 15 двойни хода на тестовия гидроцилиндър. Максималната стойност, отчетена по записа, определя стойността на пиковото налягане на изследваната тракторна гидросистема. На фиг. 4 е показано опитно полученото изменение на налягането в камерите на тестовия гидроцилиндър при прав и обратен ход на буталото. По вида и големината на пиковото налягане може да се прави анализ на особеностите на тракторната гидросистема. За тази цел е необходимо да се познава влиянието на основните елементи на гидросистемата върху то-

зи параметър, например чрез моделиране на динамичните процеси, протичащи в края на хода на буталото на хидроцилиндър, така както се предлага в работа [3].



Фиг. 4 Опитни зависимости за изменение на налягането в работните камери на тестовия хидроцилиндър

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработените системи за хидравлични изпитвания на земеделски трактори напълно отговарят на изискванията на Код 2 на OECD. Те дават възможност за изследване на хидравличната мощност и на вида и големината на пиковото налягане на хидравличните задвижващи системи на земеделски трактори в реално време, чрез записване и подходящо визуализиране на получените резултати. Натрупаната база данни от изпитване на различни марки и модификации съвременни земеделски трактори ще даде възможност за анализ на влиянието на основните елементи на тези системи върху изследваните показатели.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] ISO/OECD 789-10 „Agricultural tractors. Test procedures. Part 10: Hydraulic power at tractor/implement interface“
- [2] OECD Standard Codes for the Official Testing of Tractors - 2013 edition
- [3] Popov, Г., Kr. Ormandjiev. Dynamic Processes Modeling In Measuring Of The Peak Pressure Of Hydrosystems Of Tractors Used In Agriculture. IN: 5 th International Conference on Thermal Engines and Environmental Engineering, University “Dunărea de Jos” of Galați, 2013
- [4] [www.oecd.org/agriculture/code/tractors.htm](http://www.oecd.org/agriculture/code/tractors.htm)

**БЛАГОДАРНОСТИ:** Изследванията са финансирани от Фонд „Научни изследвания“ към Министерството на образованието и науката във връзка с изпълнение на проект ДФНИ-Е01/5 “Сравнително изследване на функционалните и енергетични показатели при земеделски трактори и агрегати”

## За контакти:

Доц. д-р Генчо Попов, Катедра “Топлотехника, хидравлика и екология”, Русенски университет “Ангел Кънчев”, тел.: 082-888 580, e-mail: [gspopov@uni-ruse.bg](mailto:gspopov@uni-ruse.bg)

Докладът е рецензиран.