



ДИАГНОСТИКА НА ХИДРАВЛИЧНАТА СИСТЕМА НА МИНИ ВЕРИЖЕН БАГЕР

Мартин Пушкарров¹, Данаил Терзийски¹

¹катедра „Разработване на полезни изкопаеми“, МТФ, Минно – геоложки университет „Св. Иван Рилски“, България, e-mail: m.pushkarov@mgu.bg

¹катедра „Разработване на полезни изкопаеми“, МТФ, Минно – геоложки университет „Св. Иван Рилски“, България, e-mail: d.terzyiski@mgu.bg

РЕЗЮМЕ

В статията са разгледани съвременните начини за извършване на диагностика на мобилна хидравлична система (използвана в мини верижен багер). Използвани си уреди за измерване на дебит, налягане, температура, мултиметри и др. Извършените тестове на място при машината са: измерване на дебит на хидравличната зъбна помпа (на място), измерване на налягане на същата, време за изпълнение на функциите сравнени с предписанията на производителя, температурата на хидравличната течност и др. След тестове на място при машината беше необходимо разпределителя да бъде тестван на хидравличен специализиран стенд за потвърждаване на дефект, а именно дефект при работата на една от хидравличните секции, която отговаря за багерната кофа.

Ключови думи: мобилна хидравлика, диагностика, измерване, параметри, багер, верижен, мини.

MINI CRAWLER EXCAVATOR HYDRAULIC SYSTEM DIAGNOSTICS

Martin Pushkarov¹, Danail Terziyski¹

¹Department of Minerals Development, Faculty of Mining and Geology, University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", Bulgaria, e-mail: m.pushkarov@mgu.bg

¹Department of Minerals Development, Faculty of Mining and Geology, University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", Bulgaria, e-mail: d.terzyiski@mgu.bg

ABSTRACT

The article discusses modern ways to perform diagnostics of a mobile hydraulic system (used in a mini crawler excavator). Devices used to measure flow rate, pressure, temperature, multimeters, etc. The tests performed on site at the machine are: measurement of flow rate of the hydraulic gear pump (on site), measurement of pressure of the same, time for performing functions compared to the manufacturer's instructions, temperature of the hydraulic fluid, etc. After field tests on the excavator, it was necessary to remove the machine's distributor and test it on a specialized hydraulic stand to confirm the diagnosis, namely a defect in the operation of one of the hydraulic sections, which is responsible for opening/closing the excavator bucket.

Keywords: mobile hydraulics, diagnostics, measurement, parameters, excavator, crawler, mini.

1. Въведение

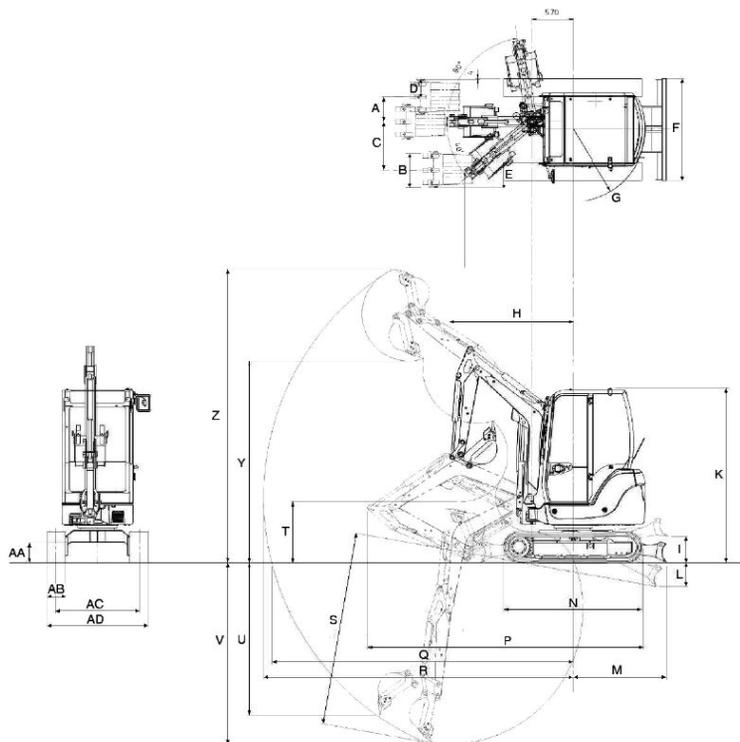
Диагностичния принцип използван при търсенето и откриването на проблем при работата на мини верижен багер в неговата хидравлична система е съпътствано от множество подготвителни дейности и измерване на различни параметри на място при него. В конкретния случай машината имаше налично „Сервизно ръководство“ (Service Manual), което е първата стъпка необходима за извършването на диагностика на машината. Машината се използва за най – често за леки и средно тежки изкопни работи, като основното и предимство е когато е необходимо да се работи в ограничени пространства. Мини верижния багер се използва още за: изкопи на канали, изграждане на руднични пътища и съответната им поддръжка {1} основи на малки гради, бетонни плочи и огради, ландшафтен дизайн, разрушителни работи, изкопи за тръби на ВиК и кабели, пътни ремонти и др. Багера в конкретния случай е сравнително нов около (550 часа работа), което допълнително внася мисълта за



фабричен дефект в хидравличната мобилна система. Машината използва изцяло за движението и всички останали функции хидравлично задвижване. Елементите задвижвани, чрез хидравлика са: ход на веригите (в нашия случай гумени вериги), въртене на стрелата, въртене на купола, движения на стрелата, както и допълнителния елемент за прикачен инвентар на багера (чук или свредел).

2. Методи за диагностика на хидравличната система и снемане на данните в реално време от машината

За правилно диагностициране на проблема в хидравличната задвижваща система {2} на мини багера се тръгва от хидравличната схема на машина взета от сервисното ръководство на машината. Тя ни е необходима за ориентирание за връзките, елементите и управленията, които има в системата за да си направим план за действие и проверка на елементите. Общият вид на мини верижния багер е представен на **фиг. 1**, а размерите му са представени в **таблица 1**.



Фиг. 1. Общ вид на мини верижен багер с долно гребане.

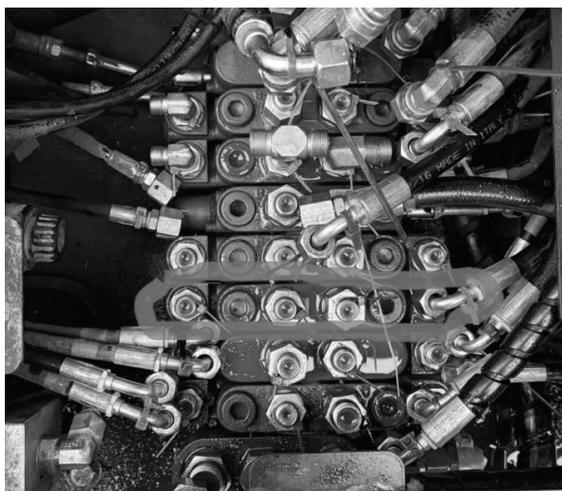
Таблица 1.

Основни размери на машината, mm												
A	B	C	D	E	F	G	H	I	K	L	M	N
355	400	635	165	245	980	R980	1480<1290>	240	2255	300	1095	1560
P	Q	R	S	T	U	V	Y	Z	AA	AB	AC	AD
3450	3530	3635	2160	850	1710	2005	2440	3460	190	230	750	980

При първичния оглед, се оглеждат чисто визуално всички хидравлични компоненти, както и всички връзки в машината (при изгасена машина). Огледа е свързан с това да ли са налични течове или стари такива (разпознават се лесно), както и нивото на работния флуид (хидравлично масло), трябва да е на нивото поставено за нормално от производителя (в нашия случай наличието на маслото е 20 литра). След първичния преглед е необходимо да се стартира машината и да работи на празен ход (в случая без товар) без да се задейства нито една функция на машината, като отново се преглеждат всички хидравлични елементи и връзки. Остава се хидравличната помпа да върти маслото в системата без да се превключват функциите на багера, за да се постигне оптимална температура на флуида до

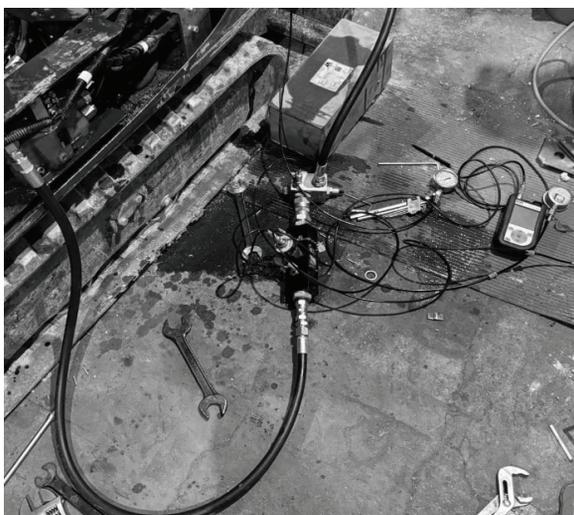


оптимална температура (30 – 50°C), като след това се привързват манометрите към оказаните места в хидравличния блок и хидравличната зъбна помпа на машината. Когато са привързани манометрите за системата отчитаме реалното налягане, което се реализира, като вече може да изпълняваме различни функции от машината (движение напред назад или още наречено ход на машината, маневри с машината, въртене на купола, използване на греблото, и всички функции със стрелата). За да видим реалното налягане в системата, която изпълнява движенията на багера, първо използваме функциите без товар (само движението на машината), след това проверяваме налягането с товар (използваме теглото на машината, като се опитваме да копае или в крайни положения на изпълнителните механизми). След проверка на налягането без товар е забелязан проблем с отварянето на кофата на багера (обема ѝ е 0,3 м³), като се отваря се отваря под товар и реализира налягане от 175 bar, а всъщност не трябва да има товар от такова налягане и максималният товар под налягане трябва да е 230 bar. Въпросната секция на багера е оградена в червено и представена на **фиг.2**.



Фиг.2. Хидравлична секция отговаряща за отваряне/затваряне на кофата на багера.

За да се диагностицира напълно повредата и да дадем крайно заключение, че повредата е в секцията на разпределителя, привързахме бай – пас на хидравличната зъбна помпа и я изпитвахме за реализирания от нея дебит и налягане, като налягането е ограничено до 230 bar, тъй като е зададено, като максимално работно налягане на хидравличната система. Схемата на опитната постановка за изпитване на помпата е представена на **фиг.3**.



Фиг.3. Изпитване на зъбната хидравлична помпа на багера.



За изпитването на помпата е необходимо да знаем, нейния обем за оборот в случая производителя е записал, че обемът {4} ѝ е $13,2 \text{ cm}^3/\text{rev}$, което при максимални обороти на двигателя с вътрешно горене в нашия случай е 2600 min^{-1} , което прави дебит от 33 l/min , при максимални обороти. За изпитването е използвано хидравличен турбинен дебитомер с обхват $5 - 300 \text{ l/min}$ (за отечките в хидравличните помпи и двигатели може да бъде използван и мини дебитомер {3}), 3 броя манометри за следене на налягането, преди дебитомера, след него и на предпазния клапан с когото натоварваме помпата. След предпазно – преливния клапан с допълнителна хидравлична гъвкава връзка връщаме хидравличното масло директно в резервоара. Измерените резултати от теста на хидравличната помпа са въведени в **таблица 2**. От **таблица 2** е направена **графика 1**.

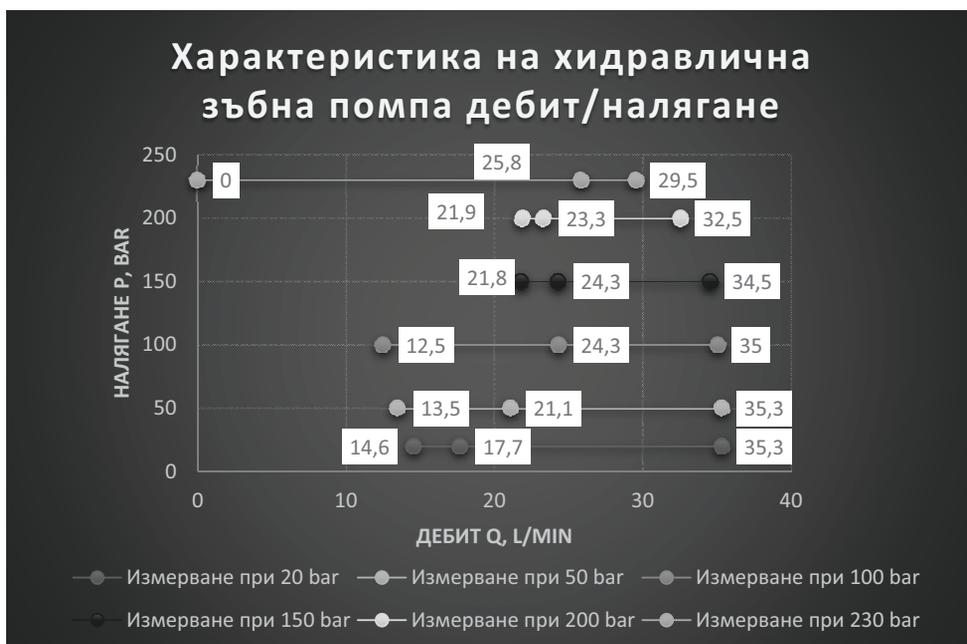
Таблица.2.

№	Q _{измерен}	П _{двигател}	Р _{измерено}	Р _н _{изчислена}	М _в _{изчислен}	η _{помпа}
	l/min	min-1	bar	kW	Nm	-
1	14,6	800	20	0,49	4,20	0,96
2	17,7	1500	20	0,59		
3	35,3	2600	20	1,18		
4	13,5	800	50	1,13	10,50	
5	21,1	1500	50	1,76		
6	35,3	2600	50	2,94		
7	12,5	800	100	2,08	21,01	
8	24,3	1500	100	4,05		
9	35	2600	100	5,83		
10	21,8	800	150	5,45	31,51	
11	24,3	1500	150	6,08		
12	34,5	2600	150	8,63		
13	21,9	800	200	7,30	42,02	
14	23,3	1500	200	7,77		
15	32,5	2600	200	10,83		
16	0	800	230	0,00	48,32	
17	25,8	1500	230	9,89		
18	29,5	2600	230	11,31		

Маркирания ред в червено, където се получава дебит 0 l/min не е грешка в измерването, а въртящия момент е твърде голям за малките обороти на двигателя и го гаси, защото налягането е високо.

От данните в таблица 2 и графика е видно, че при максимално налягане от 230 bar , дебита на помпата спада от 33 l/min , зададени от производителя до $29,5 \text{ l/min}$ измерени на дебитомера, което от своя страна визуализира {5} спад от $10,6 \%$, което ни дава възможност и потвърждение, че помпата е годна за експлоатация и я изключваме от списъка с повреди.

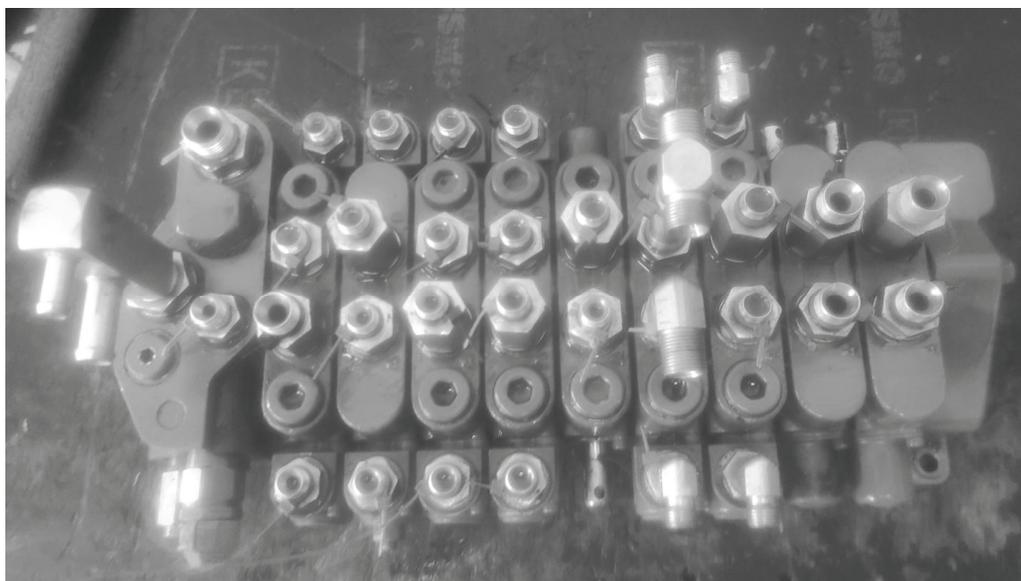
След измерването {6} на налягане във всички възможни места, изпитването на помпата, смяна на функциите в разпределителя, смяната на хидравличното управление на секцията и отново тестване на машината, се получи отново задържането и изпълнение на вече разменената функция под товар, което ни потвърди проблема в маркираната секция на хидравличния разпределител.



Графика.1. Характеристика Дебит/Налягане на хидравлична зъб помпа.

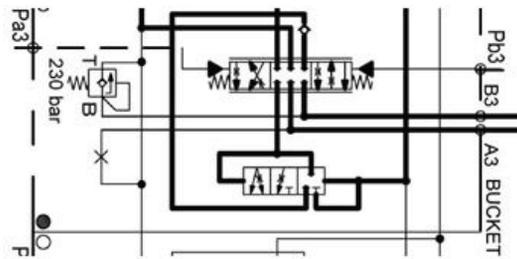
3. Изследване на проблемната хидравлична секция на разпределителя

След финалното констатиране на проблем в хидравличната секция на разпределителя, същия бе свален от машина представен на фиг.4.



Фиг.4. Хидравличен разпределител на багера.

След като бе свален разпределителя, беше изпратен за тест на хидравличен специализиран стенд, където се тестват всички входни сигнали подавани към разпределителя, както и главните му функции. При изпитанието на стенда отново бе констатирано проблем при работата на секция номер 3 от ляво на дясно, като бе разглобен и проверен за надирания, заклинявания и съответно изменение във формата на плунжерите му. Хидравличните символи и елементите съдържащи се в секция номер 3 са представени на **фигура 5**.



Фиг.5. Хидравлични елементи в секция 3 на разпределителя.

При разглобяването и измерването, както и почистването на плунжерите и елементите в секцията, беше открито изкривяване (огъване) (замерен с индикаторен часовник на специализирана работна установка за проверка на геометрията на плунжери) във формата му по – дължина. Най – вероятно този дефект е получен или при сглобяването му или по – време на работата му преди това в следствие на претоварване или удари, получени в следствие на работата му. След детайлен оглед на секцията на разпределителя беше видяна и микропукнатина в отвора на плунжера, която също оказва вредно въздействие на секцията. За да се реши създадения проблем в секцията са налични следните варианти:

1. Смяна на плунжера на секцията;
2. Корекция на обработваща машина на съществуващия;
3. Подмяна на цялата секция;
4. Смяна с секция от друго движение на самия разпределител и механична обработка на съществуващия плунжер;

Заклучение

Правилното заключение, което можем да направим от извършената работа на терен и описването му в настоящата статия е че без правилна диагностика и достатъчно изградена основа в знанията за хидравликата и по – специално в мобилната хидравлика, няма как да намерим елемента, които влошава работата на машината и съответно да го отстраним или коригираме. Правилните знания и умения, както и необходимата диагностична апаратура ни помагат да извършим работата чисто, точно и да представим най – доброто качество на нашия възложител/клиент. Без апаратура и знания може единствено да гадаем и да използваме един не препоръчван метод „проба - грешка“, което може да коства значителна финансова сума, както и да повредим още елементи в машината.

Литература:

1. Terziyski, Danail, Asenovski, Simeon, Koprev, Ivaylo, ADVANCED OPTIMISATION STRATEGIES FOR ROAD CONSTRUCTION IN OPEN PITS: AN APPROACH FOCUSING ON GEOTECHNICAL STABILITY, Годишник на МГУ „Св. Иван Рилски“, Том 67/2024 / Annual of the University of Mining and Geology “St. Ivan Rilski”, Vol. 67/2024; pp 84-86.;
2. Мартин ПУШКАРОВ, СТЕНД ЗА ИЗПИТВАНЕ НА ХИДРАВЛИЧНИ КОМПОНЕНТИ, Българско списание за инженерно проектиране, брой 45, октомври 2022г., страница 45-51;
3. Martin Pushkarov, Iskra Simova, Rositsa Velichkova, Construction and testing of a hydraulic flow meter in a hydraulic system, AIP Conf. Proc. 3063, 060003 (2024) <https://doi.org/10.1063/5.0196549>;
4. P.Sliwinski, “Determination of the Theoretical and Actual Working Volume of a Hydraulic Motor”, *Energies* 2020, 13(22), 5933; <https://doi.org/10.3390/en13225933>;
5. Liu, Y.; Gu, L.; Yang, B.; Wang, S.; Yuan, H. “A new evaluation method on hydraulic system using the instantaneous speed fluctuation of hydraulic motor” in *Proc. Inst. Mech. Eng. Part C: J. Mech. Eng. Sci.* 2018. doi: <https://doi.org/10.1177/0954406217722576>;
6. L.Hružík, M.Vašina, and A.Bureček, “Measurement and evaluation of static characteristics of rotary hydraulic motor”, EPJ Web of Conferences 67, 02041, DOI: [/doi.org/10.1051/epjconf/20146702041](https://doi.org/10.1051/epjconf/20146702041), (2014);