

DOI 10.32820/2079-1747-2019-23-20-30

УДК 621.22

КОМПЛЕКС ВИМІРЮВАЛЬНО-ДІАГНОСТИЧНОГО УСТАТКУВАННЯ ФІРМИ «PARKER»

©Аврунін Г.А., Пімонов І.Г.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Інформація про авторів:

Аврунін Григорій Аврамович: ORCID: 0000-0002-0191-3149; kaf_bdm@ukr.net; кандидат технічних наук; доцент кафедри будівельних і дорожніх машин; Харківський національний автомобільно-дорожній університет; м.Харків; вул. Ярослава Мудрого 25; 61001; Україна.

Пімонов Ігор Георгійович: ORCID: 0000-0001-6100-3529; igor_lena_p@ukr.net; кандидат технічних наук; доцент кафедри будівельних і дорожніх машин; Харківський національний автомобільно-дорожній університет; м.Харків; вул. Ярослава Мудрого 25; 61001; Україна.

Ефективність експлуатації залежить від використання сучасних діагностичних систем, які дозволяють в умовах обмеженої інформації з достатньою точністю визначити технічний стан гідроприводу протягом усього терміну експлуатації. Існуючі засоби діагностування розрізняються за багатьма критеріями, які пред'являються експлуатуючим організаціями, до основних відносяться: точність і вартість комплексу вимірювально-діагностичного обладнання. Однією з найбільш поширених зарубіжних фірм - виробників гідравлічної продукції і діагностичного обладнання є фірма Parker. За даними вимірювально-діагностичного обладнання фірми Parker проведено аналіз номенклатури та функціональних можливостей.

Ключові слова: гідропривід, устаткування, технічне обслуговування, гідротестер, витратомір, тиск.

Аврунін Г.А., Пімонов І.Г. «Комплекс измерительно-диагностического оборудования фирмы «Parker»»

Эффективность эксплуатации зависит от использования современных диагностических систем, которые позволят в условиях ограниченной информации с достаточной точностью определять техническое состояние гидропривода на протяжении всего срока эксплуатации. Существующие средства диагностирования различаются по многим критериям, которые предъявляются эксплуатирующими организациями, к основным относятся: точность и стоимость комплекса измерительно-диагностического оборудования. Одной из наиболее распространенных зарубежных фирм – производителей гидравлической продукции и диагностического оборудования является фирма Parker. На основе анализа данных измерительно – диагностического оборудования фирмы Parker проведен анализ номенклатуры и функциональных возможностей.

Ключевые слова: гидропривод, оборудования, техническое обслуживание, гидротестер, расходомер, давление.

Avrunin G., Pimonov I. «The complex measuring-diagnostic equipment company «Parker».

Efficiency of exploitation depends on the use of the modern diagnostic systems that will allow in the conditions of a limit information with sufficient exactness to determine the technical state of hydraulic drive during all term of exploitation. Existent facilities of diagnosing differentiate

on many criteria that is produced by exploiting organizations, to basic belong: exactness and cost of complex of instrumentation-diagnostic equipment. Effective facilities of the technical diagnosticating have an important value during exploitation of hydraulic drive. High durability of devices, small sizes and mass, and also reliability and protracted tenure of employment at the high informing are pre-condition for rigging of instrumentation-diagnostic equipment of firm "Parker" complexes enterprises, that engage in repair, operating supervisions and modernisation of hydraulic drive of different mobile machines (building-travelling, lifting-transport and communal, tractors, agricultural combines and other. Measuring of hydraulic parameters and their analysis is basis of the reliable debugging during exploitation of hydraulic drive and choice of the optimal swept volumes of hydromashines and conditional passage-ways of hydraulic apparatuses. Measuring devices provide measuring, indication and record on PC (by means of own software with a multi-channel exit) of analog values of pressure, peaks of pressures, over falls of pressures, temperature of working liquid in a hydraulic reservoir and separate knots of hydraulic drive, frequency of rotation of pumps and hydromotors, and also electric parameters of feed of arrangements of automatic hydraulic drive (proportional electromagnets of hydrodistributors, reduction and preventive valves). The high fast-acting of record of measureable parameters and small error of devices promote authenticity of analysis of work of hydraulic drive in the static and dynamic modes of loading. One of the most widespread foreign firms - producers of hydraulic products and diagnostic equipment there is a firm Parker.

From data of instrumentation-diagnostic equipment of firm Parker the analysis of nomenclature and functional possibilities is conducted. Systematization of instrumentation-diagnostic complex is needed for forming of tasks of designers and scientists that on the bases of exploiting and repair organizations will be able to promote efficiency of exploitation and accordingly productivity of machines.

Key words: hydraulic drive, equipment, maintenance, hydro-tester, flow meter, pressure.

Вступ

Проведення вимірів в широкому номенклатурному діапазоні, забезпечуючи необхідну точність і оперативність отримання результатів, дозволяють дослідникам провести об'єктивний аналіз характеристик новостворюваного або модернізованого гідропристою або конкретного об'ємного гідропривода (ОГП). Важливе значення мають ефективні засоби технічного діагностування при експлуатації гідропривода. До таких виробів відноситься вимірювально-діагностичне устаткування фірми «PARKER» [1], яке може бути використане при лабораторних, стендових, заводських і експлуатаційних випробуваннях і згідно ГОСТ 17108 відповідати трьом групам точності. Знайомство з сучасними досягненнями в області вимірів гідроприводів виявляється корисним для вітчизняних фахівців.

1. Формулювання цілей

Вимір гідравлічних параметрів і їх аналіз є основою надійного усунення несправностей при експлуатації ОГП і вибору оптимальних робочих об'ємів гідромашин і умовних проходів гідроапаратів. Вимірювальні прилади забезпечують вимір, індикацію і запис на

ПК (за допомогою власного програмного забезпечення з багатоканальним виходом) аналогових значень тиску, піків тисків, перепадів тисків, температури робочої рідини (РР) в гідробаку і окремих вузлах ОГП, частоти обертання насосів і гідромоторів, а також електричних параметрів живлення обладнання електрогідроавтоматики (пропорційних електромагнітів гідророзподільників, редукційних і запобіжних клапанів). Висока швидкість запису вимірюваних параметрів і мала погрішність приладів підвищують достовірність аналізу роботи ОГП в статичному і динамічному режимах вантаження.

3. Виклад основного матеріалу

Фірма «Parker» виробляє мініатюрний комплекс вимірювально-діагностичного устаткування для ОГП мобільного застосування – «Parker SensoControl. Diagnostic Test. Equipment for Hydraulics» (рис. 1), в який входить більше 120 виробів.

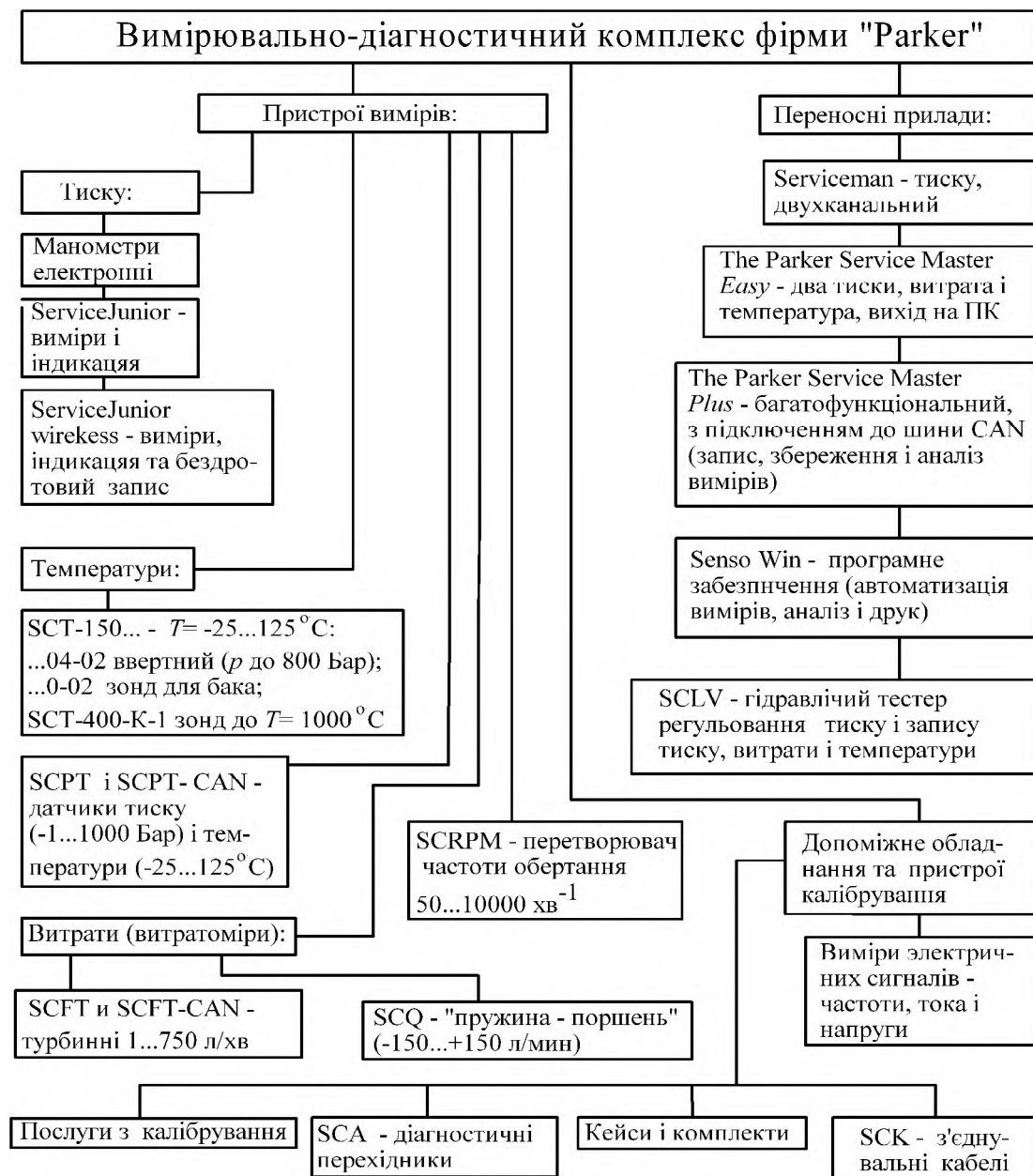


Рис. 1 - Структурна схема пристроїв виміру і діагностики фірми «Parker»

В Україні засоби вимірів випускаються в обмеженій номенклатурі, тому ознайомлення з провідними досягненнями світових виробників, систематизація такого матеріалу і його аналіз вплинуть на формування актуальних завдань для конструкторів і вчених в області об'ємних гідроприводів. Систематизована номенклатура і функціональні можливості вимірювальних пристроїв приведені в таблиці 1.

Таблиця 1 - Функціональні можливості вимірювальних пристроїв фірми «Parker»

Параметри	Виміри і індикація		Прилади з пам'яттю вимірюваних значень		
	Service-Junior	Service-man	ServiceJunior wireless	Service Master Eazy	Service Master Plus
Індикація вимірюваних значень p	Ф-мін/макс-З.П.	Ф-мін/макс	Ф-мін/макс-З.П.	Ф-мін/макс повна шкала	Ф-мін/макс-З.П.
Кількість каналів індикації	-	2	-	4	≥ 6 плюс додатков. канал
Пікі p	10 мс	2 мс	10 мс	1мс/0,25мс	1мс/0,1 мс
Вимір $\Delta p = p_1 - p_2$	-	+	-	+	+
Живлення	Батарея	Ак.+Вн.	Батарея	Ак.+ Вн.	Ак.+ Вн.
Інтерфейс	-	(+)	USB	USB	USB/ Ethernet
Онлайн-функція	-	(+)	-	+	+
Запис	-	-	+	+	+
Роз'єми:					
Тиски	+	+	+	+	+
$T / n / Q$	-	+	-	+	+
Електричн. сигналів	-	(+)	-	(+)	+
Датчик СП	-	(+)	-	(+)	+
Датчик для шини CAN	-	-	-	-	+

Примітки: 1. Скорочення: Ф-мін/макс-З.П. – фактичне – мінімальне/максимальне значення, запам'ятовування пікового значення; Ак.+Вн – акумулятор і зовнішнє живлення; $p / T / n / Q$ – датчики тиску/температури/частоти обертання/ витрати; СП - сторонні виробники; + – серійна комплектація; (+) - опція.

Висока міцність приладів, малі габарити і маса, а також надійність і тривалий термін служби при високій інформативності являються передумовою для оснащення комплексами вимірювально-діагностичного устаткування фірми «Parker» підприємств, що займаються ремонтом, експлуатаційними спостереженнями і модернізацією ОГП різних мобільних машин (будівельно-дорожніх, підйомно-транспортних і комунальних, тракторів, сільськогосподарських комбайнів та ін. машин).

Цифровий манометр ServiceJunior (рис. 2) призначений для виміру і перегляду тиску з фіксацією його максимального значення. На дисплеї манометра відображені:

- 1) штрихова шкала 1;
- 2) цифрова шкала 2 з вказівкою фактичного значення тиску в одиницях МПа, Bar, psi і їх похідних;
- 3) індикатор заряду батарей 3 (дві батареї по 1,5 В);
- 4) цифрова шкала максимального або мінімального виміряного тиску або максимального тиску для використовуваного манометра (повна шкала).

Функціональне клавішне меню містить:

ON/OFF – включення/виключення манометра і підсвічування шкали; MIN/MAX FS – мінімальне/максимальне значення або повна шкала; MENU ZERO – автоматичне відключення, вибір одиниць і коригування нуля; RESET OK – видалення мінімального / максимального значення, підтвердження функцій меню.

Цифровий манометр у виконанні ServiceJunior wireless забезпечує передачу вимірних даних за допомогою вбудованої антени через радіоінтерфейс на відстань до 150 м і запис на ПК.

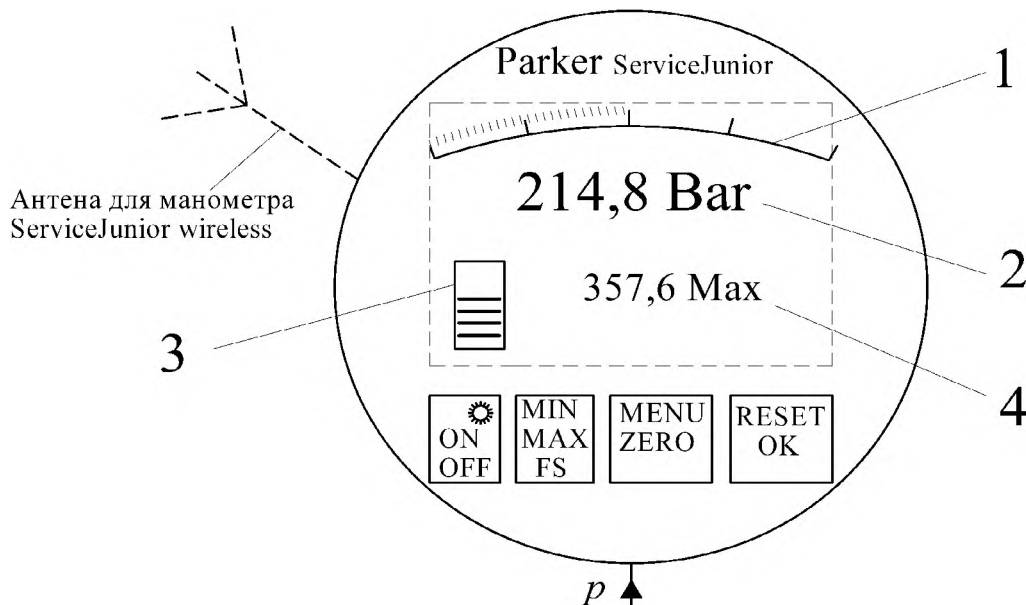


Рис. 2 - Дисплей цифрового манометра ServiceJunior фірми «Parker»

У таблиці 2 приведені технічні характеристики цифрових манометрів ServiceJunior (wireless).

Таблиця 2 - Технічна характеристика цифрових манометрів ServiceJunior wireless

Параметр, розмірність	Типорозмір ServiceJunior wireless - SCJL				
	-1...16	0...100	0...400	0...600	0...1000
Діапазон вимірів тисків, Bar (Бар)	-1...16	0...100	0...400	0...600	0...1000
Максим. тиск, Bar	40	200	800	1200	1500
Тиск розриву, Bar	50	800	1700	2200	2500
Тип перетворювача	Керамічний	DMS			

Технічні характеристики цифрових манометрів :

- 1) частота вимірів - 10 мс;
- 2) точність вимірів - нормальна / максимальна $\pm 0,25\% / 0,5\%$ від повної шкали;
- 3) АЦП на 12 біт;

- 4) дозвіл - 4096 кроків;
- 5) вихідне зовнішнє різьблення - 1/4" BSPP;
- 6) маса - 540 г;
- 7) діаметр 79 мм і ширина 33 мм, виготовлений з цинкового сплаву із захісним гумовим кожухом;
- 8) індикатор являється ЖК-дисплеєм розміром 50x34мм, висота цифр - 15 мм;
- 9) температура довкілля від «мінус» 10 до 50°C , температура зберігання від «мінус» 20 до 60°C, максимальна температура PP до 80°C;
- 10) міра захисту - IP67 (EN 60529);
- 11) відносна вологість - до 85%;
- 12) вібрація IEC 60068-2-6/10.500 Гц, 5 г;
- 13) ударне навантаження IEC 60068-2-29/25 г, 11 мс;
- 14) вимір піків тиску з частотою 10 мс;
- 15) зміна навантаження (10^6) – 100.

Переносний прилад Serviceman моделі SCM (рис. 3, а) призначений для виміру тиску від двох перетворювачів або перепаду (різниці) тисків між ними, а також порівняння вимірних значень із заданими. Малі габарити і маса приладу дозволяють його використати в системах діагностики мобільних ОГП. На лицьовій панелі приладу розміщені:

- 1) дисплей з індикацією двох перетворювачів тиску;
- 2) INP1/2 - вибір сигналу від датчика INP1 або INP2;
- 3) ON/OFF - включення/виключення приладу;
- 4) Δp (1-2) (1-2) - індикація перепаду тисків;
- 5) PRINT - передача даних на ПК для друку;
- 6) RESET - видалення значень індикації INP1 або INP2;
- 7) MAX/MIN - вибір максимального/мінімального значень тиску;
- 8) ZERO - коригування нуля;
- 9) INP1 і INP2 - входи перетворювачів з п'ятьма контактами і клямкою;
- 10) 24 В - роз'єм для блоку живлення або автомобільного адаптера SCK - 318-05-21;
- 11) RS 232 інтерфейс ПК моделі SCM - 152-2-02.

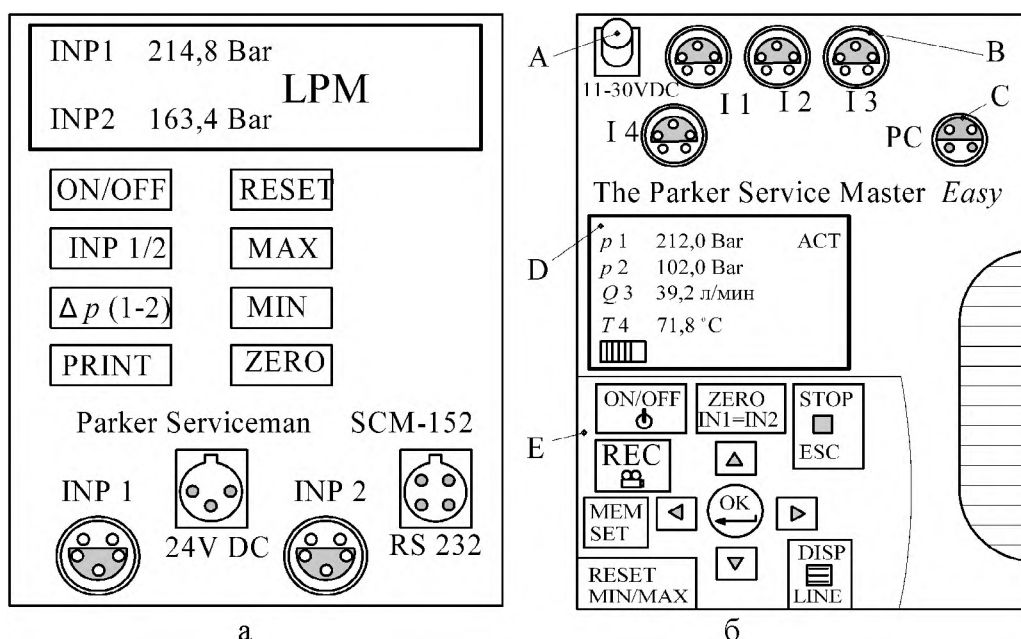


Рис. 3 - Лицьові панелі переносних приладів Serviceman моделі SCM (а) і The Parker Service Master Easy (б) фірми «Parker»

Переносний прилад The Parker Servic Master Easy (рис. 3, б) призначений для виміру тиску, витрати і температури РР. Малі габарити і маса приладу дозволяють його використати в системах діагностики мобільних ОГП.

На лицьовій панелі приладу розміщені:

1) А – показчик робочої напруги 11...30 VDC для підключення блоку живлення SCSN - 450 з перетворювачем напруги змінного струму 110/230В в постійне 15В або автомобільного адаптера SCK - 318-05-21;

2) В – роз'єми П...І4 для підключення перетворювачів;

3) З – гніздо підключення ПК (USB);

4) D і E – дисплей і клавіатура, відповідно: ON/OFF – режими включення/виключення приладу; OK – підтвердження функції/значення; STOP/ESC – режими стоп/вихід; ZERO IN1=IN2 - коригування нуля, синхронізація значень різниці; MEM SET – налаштування пам'яті (головне меню - налаштування приладу); DISPL LINE – індикація мінімального/максимального/фактичного значень або повної шкали, налаштування дисплея; REC – збереження виміряного значення; RESET MIN/MAX – видалення екстремальних значень;

5) вибір функції/значення за допомогою кнопок, позначених стрілками.

На рис. 4 представлений приклад обробки результатів вимірів з вказівкою фактичних коливань пульсуючого тиску в ОГП і нанесеними за допомогою приладу Parker Servic Master Easy жирними лініями екстремальних значень тисків «Max» і «Min».

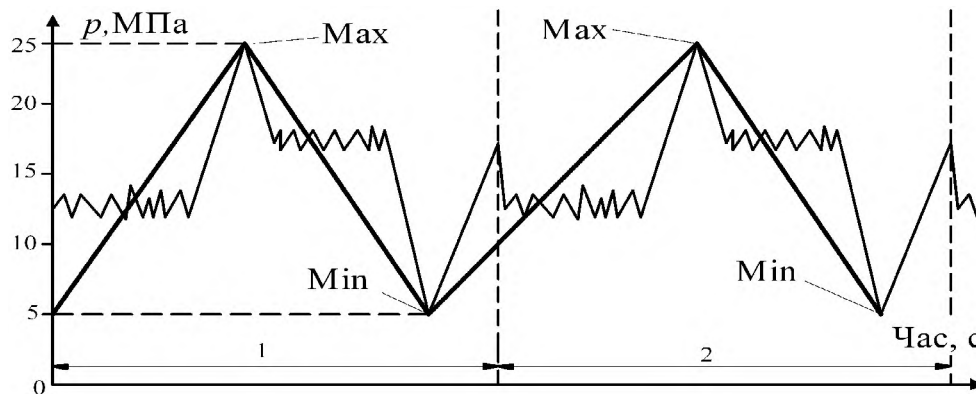


Рис. 4 - Запис і позначення екстремальних тисків в ОГП за допомогою приладу Parker Servic Master Easy

На рис. 5 представлені перетворювачі (датчики) і їх умовні позначення:

а – комбіновані датчики тиску/температури SCPT для виміру тиску в діапазоні від «-1 до 1000 Бар» і температури від «мінус» 25 до 105°C. Аналогічні технічні характеристики мають датчики у виконанні SCPT - CAN;

б – температурні датчики ввертного виконання SCT - 150-04-02, призначені для вимірів в діапазоні температур від «мінус» 25 до 105 °С при надмірному тиску РР в ОГП до 63 МПа;

в – зонд SCT - 150-0-02 для виміру температури в гідробаку в діапазоні температур РЖ від «мінус» 25 до 70 °С. Зонд використовується спільно з перетворювачем сигналів SCTA - 400-02;

г – термоелементний датчик SCT- 400-К- 01 для виміру температур до 1000 °С ;

д – датчик SRPM, що забезпечує можливість безконтактного і контактного (за допомогою вставного перехідника) виміру частоти обертання.

Основними конструктивними елементами датчиків є зонд 1, ручка 2 з матеріалу «Derlin», фірмова табличка з позначенням датчика, роз'єм 4 (п'ятиконтактний), кабель з оболонкою 5 завдовжки 3 м і подовжувачем до 5 м.

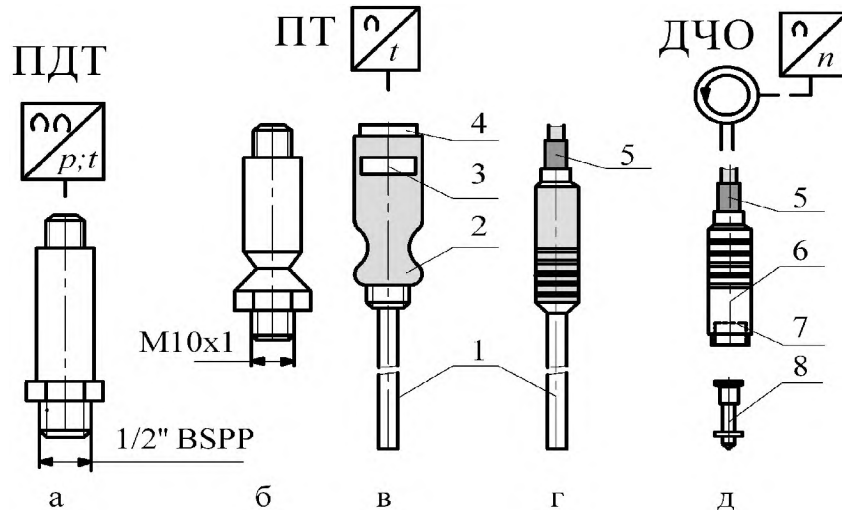


Рис. 5 - Номенклатура перетворювачів (датчиків) фірми «Parker»

В корпусі б датчика частоти обертання (рисунок 4, д) виконано розточування 7, в яке встановлюють перехідник 8 для контактних вимірів частоти обертання. Гідравлічний тестер SCFT (блок SCFT на рис. 6 і табл. 4.) призначений для виміру витрати так званим «турбінним» методом і під'єднування за допомогою спеціальних перехідників перетворювачів тиску і температури PP.

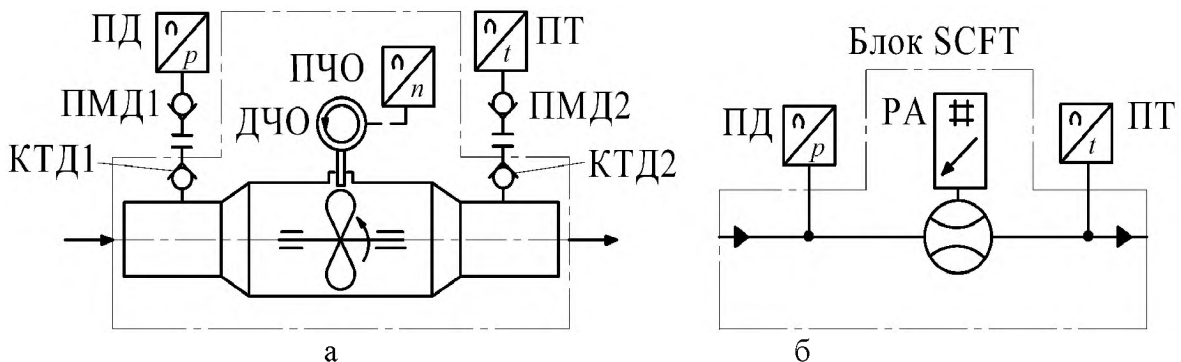


Рис. 6 - Турбинный расходомер модели SCFT фирмы «Parker»: а – полуконструктивная схема; б – гидравлическая принципиальная

Таблиця 3 - Технічна характеристика гідротестера моделей SCFTi SCFT-CAN фірми «Parker»

Параметри і розмірність	015	060	150	300	600	750
Витрата, л/хв	1...15	3...60	5...150	8...300	15...600	20...750
Погрішність (\pm %) ПШ/IR при 21 сСт	1,0ПШ	1,0 IR	1,0IR	1,0IR	1,0IR	1,0IR
Робочий тиск, МПа	35	35	35	35	29	40
Різьб. з'єднання (А-В)	1/2"	3/4"	3/4"	1"	1-1/4"	1-7/8"
Перепад тисків, МПа	0,15	0,15	0,15	0,4	0,5	0,5
Маса, кг	0,6	0,75	0,75	1,2	1,8	2,1

Примітки: 1. Тип різьблення - BSPP; 2. Погрішність при в'язкості PP в 21 сСт не перевищує 1,0%: для моделі 015 – від повної шкали ПШ; для інших – від виміряного значення (IR - Indicated Reading), що відображається; 3. Значення перепаду тисків приведені при максимальній витраті.

До складу тестера входять турбінний витратомір РА з датчиком частоти обертання ДЧВ і перетворювачем частоти ПЧО, і контрольні точки КТД1 і КТД2, укручені в корпус тестера. За допомогою перехідних муфт датчика ПМД1 і ПМД2 монтується перетворювач тиску ПД і температури ПТ. Наявність облаштувань КТД і ПМД дозволяє монтувати перетворювачі без ризику розгерметизації гідросистеми.

Гідравлічний тестер SCLV (рис. 7, а і табл. 4) призначений для автоматизованого дистанційного виміру тиску, температури і витрати, а також створення навантаження (тиску) при випробуванні окремих гідропристроїв або ОГП в цілому. Практично, за допомогою тестера SCLV може бути проведена перевірка технічного стану насоса за значенням подачі (витрати) РР при фіксованих значеннях тиску і температури РР.

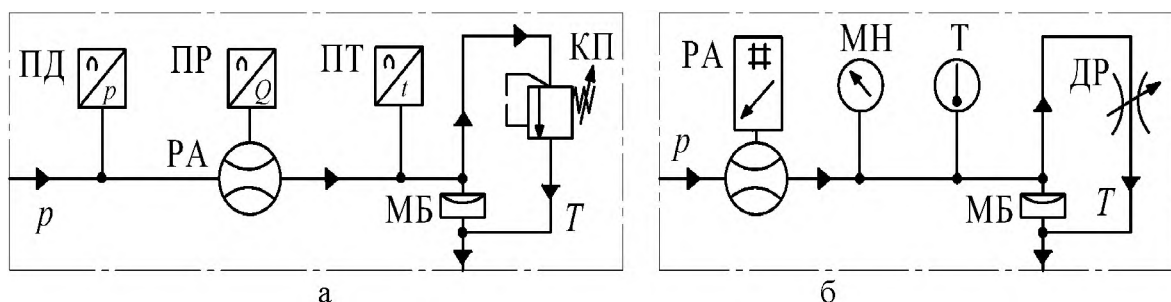


Рис. 7 - Гідравлічні принципні схеми гідравлічних тестерів моделі SCLV (а) і Hydrotrac (б) фірми «Parker»

Таблиця 4 - Технічна характеристика гідротестера моделі SCFT/SCLV фірми «Parker»

Параметри і розмірність	SCFT-150-DRV	SCLV-PTQ-300	SCLV-PTQ-750
Витрата, л/хв	6...150	10...300	20...750
Погрішність (\pm %) IR при 21 сСт	1,0	1,0*	1,0*
Робочий тиск, МПа	35	35	40
Зруйнування для мембрани, МПа	-	42	48
Різьбове з'єднання (А-В)	3/4"BSPP	1"BSPP	1-7/8UNF
Перепад тисків при максимальній витраті і в'язкості 21 сСт, МПа	1,5	0,4	0,5
Маса, кг	4,2	5,5	8,9

Примітка: *) – при витраті більше 20 л/хв.

До складу тестера входять витратомір РА з перетворювачем витрати ПР, перетворювачі тиску ПД і температури ПТ, гідропристроїв навантаження (клапан тиску КП) і розривна мембрана МБ для захисту приладу від руйнування при пікових навантаженнях, що перевищують допустимі. Гідравлічний тестер моделі Hydrotrac призначений для візуального контролю при вимірі витрати витратоміром РА, тиску манометром МН і температури РР термометром Т в діапазонах 2...360 л/хв, 0,1...35 МПа і 0...90 °С, відповідно. Виробляються 6 типорозмірів виробів залежно від максимальної витрати з шифрами 4121.4170 і масою від 7,4 до 13,85 кг.

На рис. 8 приведений реверсивний витратомір моделі SCQ, заснований на так званому принципі «пружина-поршень», коли при течії РР поршень приладу переміщується пропорційно її витраті. Витратоміри випускаються на витрату до 60 і 150 л/хв. з різьбовими з'єднаннями М24 і М42, відповідно, перепад тисків при максимальній витраті не перевищує 0,8 МПа. Погрішність витратомірів не перевищує 2% від повної шкали і при в'язкості 46 сСт. Діапазон в'язкості повинен знаходитися в межах 15...100 сСт. Переносний монітор (індикатор) стану олії моделі Oilchek з мікропроцесорним управлінням фірми «Parker» (рис. 9) призначений для порівняння чистої (нової або свіжої) і використаної олії однакового сорту по зміні діелектричних властивостей.

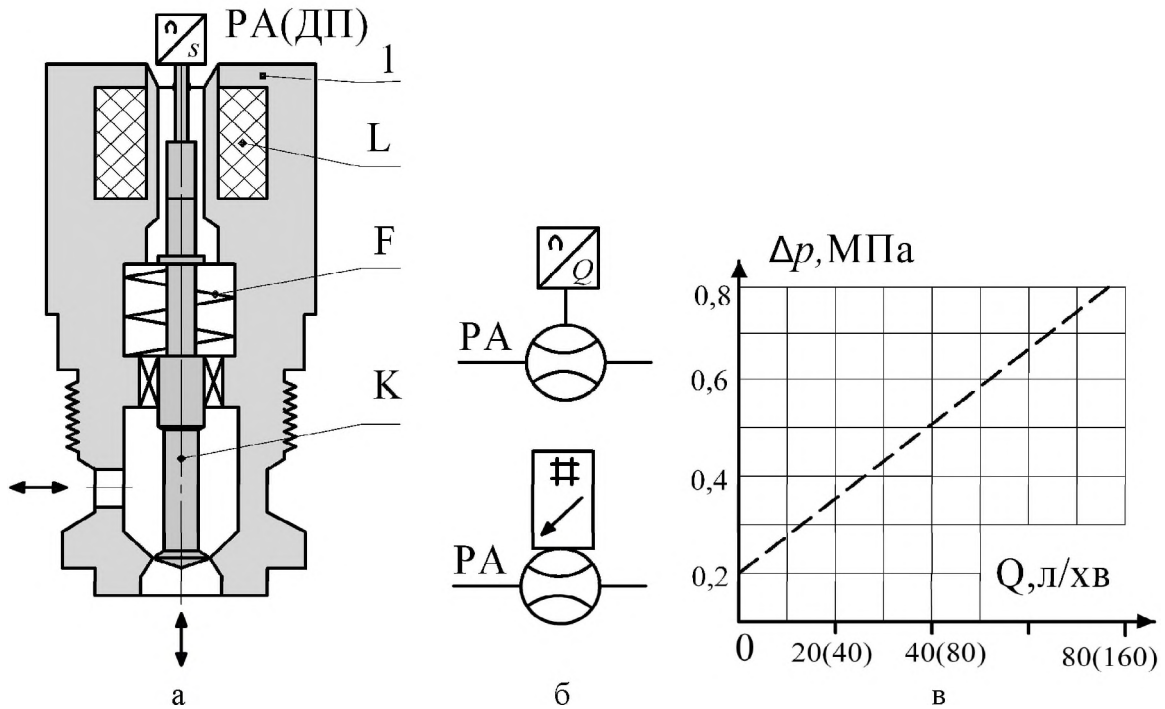


Рис. 8 - Витратомір моделі SCQ фірми «Parker»: а – конструктивна схема (1 - корпус; L - електромагніт; F - пружина; К - поршень); б – умовне позначення (вгорі з аналоговим вихідним сигналом, внизу з цифровим); в – перепадно-витратна характеристика для типорозмірів SCQ - 060 і SCQ - 150 (витрата вказана в дужках)

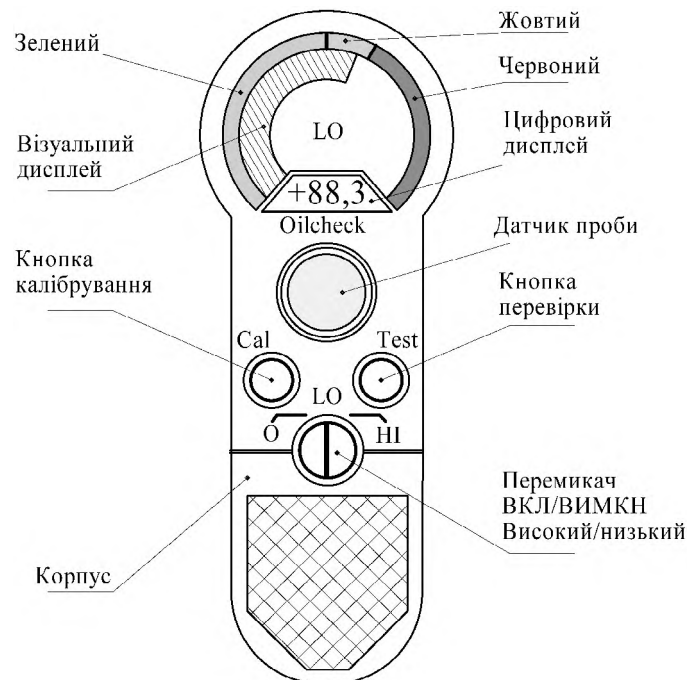


Рис. 9 - Переносний монітор (індикатор) стану олії моделі Oilcheck фірми «Parker»

Основною сферою застосування є станції технічного обслуговування автомобілів, сільськогосподарських і будівельно-дорожніх машин. Цифровий дисплей показує позитивну або негативну зміну діелектричній постійній олії. Аналіз олії зводиться до введення чис-

тої олії в датчик проби і при натисненні на кнопку Test прилад встановлює значення «нуль». Далі роблять очищення (знежирювання) датчика проби речовиною і вводять робочу олію. По візуальному колірному індикатору або цифровому дисплею визначають характер зміни властивостей олії. Прилад моделі Oilchek може бути використаний для аналізу стану мінеральних або синтетичних РР, вживаних в системах мастила двигунів, редукторів і підшипників, виявляючи механічний знос, попадання води, забруднення паливом, окислення і будь-яке зниження мастильних властивостей з відхиленням повторюваності результату не більше 5%. Маса приладу Oilchek складає 0,4 кг, батарея напругою 9 В має термін служби більше 150 годин або 3000 перевірок.

Висновки

Систематизація вимірювально-діагностичного комплексу необхідна для формування завдань конструкторів і вчених, які на базах експлуатуючих і ремонтних організацій зможуть підвищити ефективність експлуатації та відповідно продуктивність машин.

Список використаних джерел:

1. Parker Senso Control. Diagnostic Test. Equipment for Hydraulics [Електронний ресурс]. – Режим доступу : www.parkerhannifin.ru/products/index.php...ID=1.
2. Гидропривод объемный. Методы измерения параметров : ГОСТ 17108-79. – Введен с 1988-01-01. – М. : ИПК Издательство стандартов, 1979. – 15 с.
3. Домогацкий В. В. Ролико-лопастные расходомеры-счетчики отечественного и зарубежного производства / В. В. Домогацкий // Коммерческий учет энергоносителей : материалы 29 международной научно-практической конференции. – СПб. : 2009. – С. 339-350.
4. Эксплуатация и техническое обслуживание дорожных машин, автомобилей и тракторов : учебник / под ред. Е.С. Локшина. – М. : Мастерство, 2002. – 464 с.
5. Disc valve hydraulic motors type ms, msy, mt, mv, m+s hydraulic. – Helicon92. – 2017. – 59 p.
6. Fluid power systems and components ISO 1219-1– Graphic symbols and circuit diagrams – Part 1 : Graphic symbols for conventional use and data-processing applications. ISO 1219-12-1:2016 (E/F). – 88 p.
7. Hydraulic Products Kawasaki : каталог: 2016. – 146p.
8. Hydraulic Pump Series F1 plus Fixed Displacement. – Parker hydraulics. – HY17-8218/UK, November, 2017 – 11 p.
9. Hydraulic Pump Series F2 plus Fixed Displacement. – Parker hydraulics. – HY17-8253/UK, March, 2015 – 7 p.
10. Hydraulic Motor/Pump Series F11/F12 Fixed Displacement. – Parker hydraulics; HY17-8249/UK, October, 2014 – 31 p.

References

1. .Parker Parker Senso Control. Diagnostic Test. Equipment for Hydraulics n.d., viewed 5 September 2019, <www.parkerhannifin.ru/products/index.php...ID=1>.
2. Izdatelstvo standartov 1979, Hidroprivod obemnyj. Metody izmerenija parametrov : GOST 17108-79, IPK Izdatelstvo standartov, Moskva.
3. Domogackij, VV 2009, 'Roliko-lopastnye rashodomery-schetchiki otechestvennogo i za-rubezhnogo proizvodstva', Kommercheskij uchet jenergonositelej, Sankt-Peterburg, pp. 339-350.
4. Lokshin, ES (ed.) 2002, Jekspluatacija i tehniceskoe obsluzhivanie dorozhnyh mashin, avtomobilej i traktorov, Masterstvo, Moskva.
5. Disc valve hydraulic motors type ms, msy, mt, mv, m+s hydraulic. – Helicon92. – 2017. – 59 p.
6. Fluid power systems and components ISO 1219-1– Graphic symbols and circuit diagrams – Part 1 : Graphic symbols for conventional use and data-processing applications. ISO 1219-12-1:2016 (E/F). – 88 p.
7. Hydraulic Products Kawasaki : каталог: 2016. – 146p.
8. Hydraulic Pump Series F1 plus Fixed Displacement. – Parker hydraulics. – HY17-8218/UK, November, 2017 – 11 p.
9. Hydraulic Pump Series F2 plus Fixed Displacement. – Parker hydraulics. – HY17-8253/UK, March, 2015 – 7 p.
10. Hydraulic Motor/Pump Series F11/F12 Fixed Displacement. – Parker hydraulics; HY17-8249/UK, October, 2014 – 31 p.

Стаття надійшла до редакції 29 квітня 2019 р.