

УДК 681.523

Канюк Геннадій Іванович д-р техн. наук, проф., декан енергетичного факультету, Тел. +38-057-733-79-14.

E-mail gennadiyy-kanjuk@rambler.ru (orcid.org/ORCID: 0000-0003-1399-9039)

Мезеря Андрій Юрійович кандидат технічних наук, доцент кафедри «Теплоенергетики та енергозберігаючих технологій». Тел.: (057) 733-79-66 E-mail: mezzer@mail.ru ORCID: (orcid.org/ORCID: 0000-0003-2946-9593)

Андреев Олександр Віталійович кандидат технічних наук, доцент кафедри «Теплоенергетики та енергозберігаючих технологій», Тел. (057) 733-78-03

Близи́ченко Олена Миколаївна кандидат технічних наук, старший викладач кафедри «Теплоенергетики та енергозберігаючих технологій» Тел. (057) 733-78-39, (063) 214-79-77. E-mail: art-studio_diana_@ukr.net ORCID: (orcid.org/ORCID: 0000-0002-2774-5200)

Князева Вікторія Миколаївна аспірант кафедри «Теплоенергетики та енергозберігаючих технологій», (066) 95-48-307 E-mail: vknjazeva@bk.ru

Українська інженерно-педагогічна академія м. Харків, Україна. Вул. Університетська 16, м. Харків, Україна, 61003. Тел. (057) 733-78-03

АВТОМАТИЗАЦІЯ ВИПРОБУВАНЬ НАСОСІВ

У статті обґрунтовується актуальність введення в практику експлуатацію насосного обладнання нового виду, його випробувань-безпосередньо на місці експлуатації. Розроблено, випробувано і налагоджена лабораторна установка відцентрових насосів, що дозволяє в реальному масштабі часу за допомогою сучасних приладів і персонального комп'ютера будувати характеристики і визначати області енергоефективних режимів, відповідні максимальним значенням ККД. Доведено можливість проводити випробування насосів в автоматичному режимі і істотно скорочувати час, витрачений на випробування.

Ключові слова: відцентровий насос, енергозбереження, автоматизована система управління

Канюк Геннадій Іванович д-р техн. наук, проф., декан енергетичного факультета. Тел. + 38-057-733-79-14 E-mail gennadiyy-kanjuk@rambler.ru (orcid.org/ORCID: 0000-0003-1399-9039)

Мезеря Андрей Юрьевич кандидат технических наук, доцент кафедры «Теплоэнергетики и энергосберегающих технологий». Тел. : (057) 733-79-66 E-mail: mezzer@mail.ru ORCID (orcid.org/ORCID: 0000-0003-2946-9593)

Андреев Александр Витальевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Теплоэнергетики и энергосберегающих технологий». Тел. (057) 733-78-03

Близи́ченко Елена Николаевна кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры «Теплоэнергетики и энергосберегающих технологий». Тел. (057) 733-78-39, (063) 214-79-77.

E-mail: art-studio_diana_@ukr.net ORCID (orcid.org/ORCID: 0000-0002-2774-5200)

Князева Виктория Николаевна аспирант кафедры «Теплоэнергетики и энергосберегающих технологий», Тел. (057) 733-78-03, (066) 95-48-307 E-mail: vknjazeva@bk.ru

Украинская инженерно-педагогическая академия г.. Харьков, Украина. Ул. Университетская 16, г.. Харьков, Украина, 61003

АВТОМАТИЗАЦІЯ ІСПЫТАНІЙ НАСОСОВ

В статье обосновывается актуальность введения в практику эксплуатацию насосного оборудования нового вида, его испытаний-непосредственно на месте эксплуатации. Разработана, испытана и отлажена лабораторная установка центробежных насосов, позволяющая в реальном масштабе времени при помощи современных приборов и персонального компьютера строить характеристики и определять области энергоэффективных режимов, соответствующие максимальным значениям КПД. Доказана возможность проводить испытания насосов в автоматическом режиме и существенно сокращать время, затраченное на испытания.

Ключевые слова: центробежный насос, энергосбережение, автоматизированная система управления.

Kaniuk Gennady Ivanovich, Ph. D., Professor, Dean of the Faculty of Energy, Tel.: (057) 733-79-14, E-mail gennadiyy-kanjuk@rambler.ru (orcid.org/ORCID: 0000-0003-1399-9039)

Mezerya Andrey Jurevich, Ph.D., Associate Professor, Department "Power engineering and energy saving technologies", E-mail: mezzer@mail.ru ORCID (orcid.org/ORCID: 0000-0003-2946-9593)

Andreev Alexander Vitalevich, Ph.D., Associate Professor, Department "Power engineering and energy saving technologies". Tel.: (057) 733-79-14,

Blyznychenko Elena Nikolaevna, Ph.D, department "Power engineering and energy saving technologies". Tel. (057) 733-78-39 (063) 214-79-77 E-mail: art-studio_diana_@ukr.net ORCID (orcid.org/ORCID: 0000-0002-2774-5200)

Knyazeva Viktoriya Nikolaevna, graduate student, department "Power engineering and energy saving technologies". Tel.: +38(050) 403-93-67, (066) 95-48-307 E-mail: vknjazeva@bk.ru

Ukrainian Engineering and Pedagogical Academy, Kharkov, Ukraine. Str. University, 16, Kharkov, Ukraine, 61003

TEST AUTOMATION PUMPS

The article explains the urgency of introducing a new type of operation of pumping equipment, test it directly on-site. Designed, tested and debugged laboratory installation of centrifugal pumps, allowing building performance and identifying areas of energy-efficient modes in real time with the help of modern devices and a personal computer, corresponding to the maximum efficiency. The possibility of testing the pumps automatically and significantly reduce the time spent on testing.

Keywords: centrifugal pump, energy-saving, automated control system

Введение

Испытание насосов выполняется с целью получения их энергетических характеристик – графических зависимостей напора (Н), мощности (N) и КПД (η) – от подачи (Q).

Испытание насосов регламентированы соответствующими стандартами, которые содержат перечень типов испытаний, методику измерений основных рабочих параметров, указания по обработке опытных материалов и др.

Испытания осуществляются на специальных стендах в заводских условиях, результаты испытаний в виде характеристик насосов, приводимых в их паспортах или каталогах, получены, как правило, испытаниями натуральных или модельных образцов на холодной воде ($t \leq 50 \div 60^\circ C$).

Характеристики насосов, используемых для перекачки жидкостей с отличными от воды плотностью и вязкостью (например, нефти и нефтепродуктов), могут существенно отличаться от паспортных [1].

Износ насосных агрегатов в процессе эксплуатации также приводит к изменению их характеристик.

В то же время знание достоверных реальных характеристик насосов необходимо для оптимизации их работы в различных технологических системах.

Приведенные соображения позволили автору работы [2] обосновать актуальность введения в практику эксплуатации насосного оборудования нового вида его испытаний – натуральных эксплуатационных, т.е. испытаний непосредственно на месте их эксплуатации.

Учитывая колоссальное количество эксплуатируемых насосов, требующих их периодических испытаний, трудоемкость процесса испытаний и обработки опытных данных, представляется целесообразным автоматизировать процесс испытаний.

В УИПА на кафедре теплоэнергетики и энергосберегающих технологий разработана и испытана установка для автоматизации испытаний центробежных насосов.

Объектом испытаний является насос типа 2К-6Б - горизонтальный, одноступенчатый центробежный насос консольного типа с рабочим колесом одностороннего входа и спиральным отводом круглого сечения. Внешний диаметр рабочего колеса $D = 132$ мм.

Схема стенда испытания центробежного насоса приведена на рис. 1

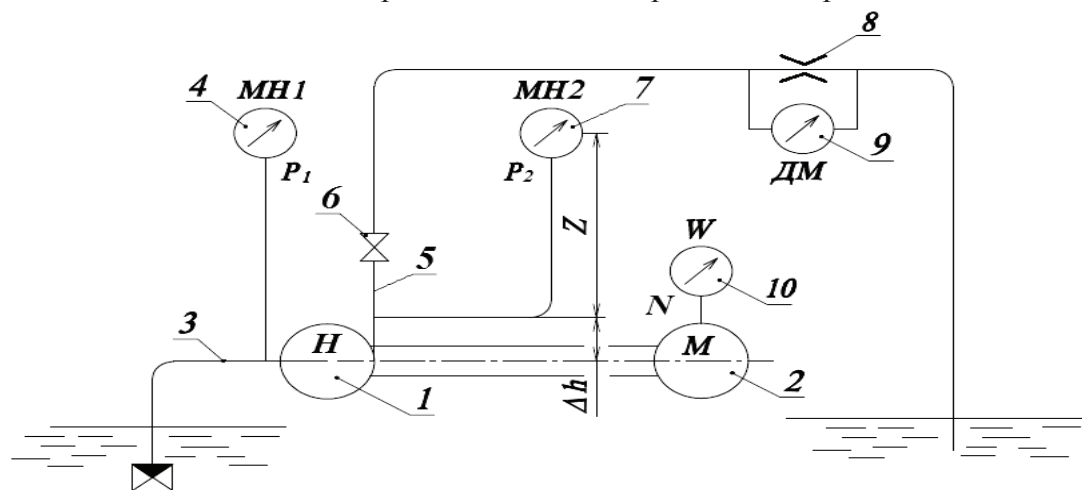


Рис. 1. Схема стенда для испытания центробежного насоса

Насос 1(Н) приводится в действие электродвигателем 2(М) типа АО-42-2 (мощность $N = 2,8 \text{ кВт}$, частота вращения $n = 2880 \text{ об/мин}$, КПД $\eta_{де} = 0,84$).

Вода поступает в насос по всасывающему трубопроводу 3 диаметром $d_{вс} = 50\text{мм}$, оснащенный всасывающей пятой (фильтр и обратный клапан). Цифровой вакуумметр 4 (МН1) измеряет разрежение $p_1(\text{кгс/см}^2)$ во всасывающем трубопроводе. Напорный трубопровод 5, диаметром $d_{н}=50\text{мм}$, оборудован задвижкой 6 для изменения подачи насоса в процессе испытаний. Цифровой манометр 7 (МН2) измеряет давление $p_2(\text{кгс/см}^2)$ в начале напорного трубопровода.

Для измерения подачи насоса на напорном трубопроводе установлена диафрагма 8 (диаметр отверстия диафрагмы $d = 35\text{мм}$). Цифровой дифманометр 9 (ДМ) измеряет разность давлений Δp (кПа) на диафрагме.

Мощность, потребляемая насосной установкой, измеряется цифровым ваттметром 10(В).

Технические характеристики приборов приведены в табл. 1.

Таблица 1

№ пп	Наименование прибора	Тип	Предел погрешности, %	Диапазон измерений
1	Вакуумметр ДМ1	ДМ 5001Г	1,0	-1÷0 кгс/см ²
2	Манометр ДМ2	ДМ 5001Г	1,0	0-4 кгс/см ²
3	Дифманометр ДМ	Сафир-М 5430	0,25	0-63 кПа
4	Ваттметр W	ВТ- 01-ТК	0,5	0-4000 Вт

Все задействованные измерительные приборы имеют стандартный выходной сигнал (4-20 мА), что позволяет автоматизировать процесс измерений параметров работы насосной установки и использовать в конечном итоге персональный компьютер (ПК) для вывода на печать этих параметров и построения графиков рабочих характеристик испытываемого насоса.

Схема коммутации необходимых модулей приведена на рис 2.

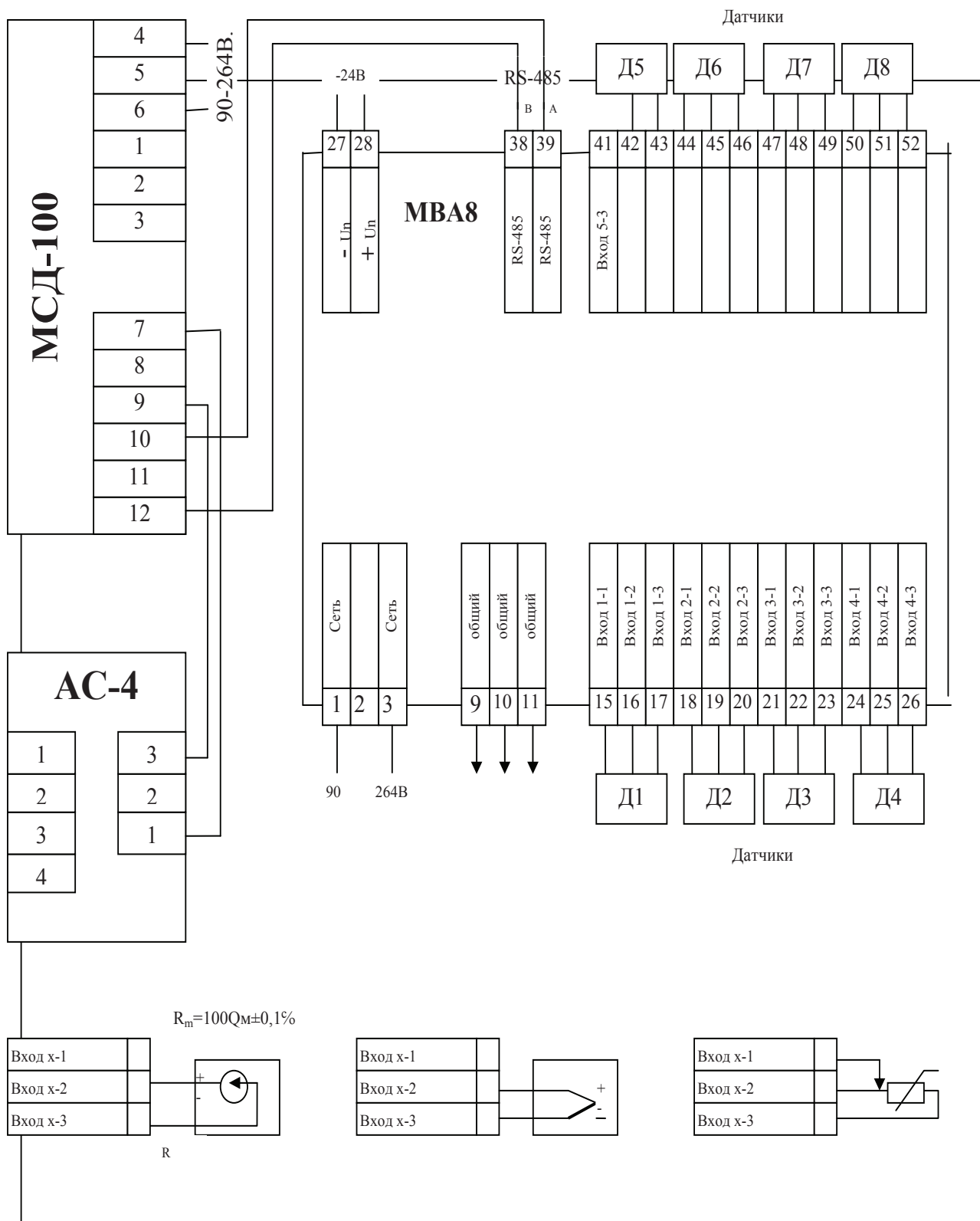
Как видно из схемы рис.2 сигналы от датчиков измерительных приборов поступают в многофункциональный измерительный аналоговый модуль типа ОВЕН МВА8 (восьмиканальный), предназначенный для построения автоматических систем контроля технологических процессов. Этот модуль осуществляет передачу компьютеру информации о значениях измеренных датчиками величин (интерфейс связи с компьютером RS-485). Информация о измеренных параметрах поступает в модуль сбора данных типа МСД-100, предназначенный для сбора, сбережения и передачи данных, для формирования архива полученных данных на сменной карте памяти в виде файлов, для передачи сформированного архива в ЭВМ, а также для измерения на двух входах токовых сигналов от 4 до 20 мА и пересчета значений тока в единицы физических величин.

Для взаимного электрического преобразования сигналов интерфейсов RS-485 предназначен преобразователь интерфейсов типа ОВЕН АС-4, который автоматически определяет направление передачи данных и позволяет подключить к промышленной сети RS-485 персональный компьютер (ПК).

Данные записываются в файл в формате xls с возможностью выборки необходимых данных для построения графиков рабочих характеристик. Выполняется 10-15 измерений, протокол измерений, выводится на монитор ПК и распечатывается на принтере в виде таблицы (табл. 2).

Для построения графиков рабочей характеристики вычисляются подача, напор и **КПД** по следующим формулам:

$$Q = c\sqrt{\Delta p} , \tag{1}$$



Q - подача насоса, л/с;

Δp – перепад давления на диафрагме, кПа;

$c = 0,966$ – постоянная диафрагмы, определенная экспериментально объемным методом.

Протокол испытаний центробежного насоса 2К - 6б

№ п/п	измеренные				вычисленные		
	p_1' кгс/см ²	p_2' кгс/см ²	Δp , кПа	N, Вт	Q, л/с	H, м	η , %
1	-0.12	1.98	0	1019.01	0	22.4	0
2	-0.12	1.96	1.07	1220	0.998	22.2	21.6
3	-0.13	1.91	3.98	1425.51	1.93	21.8	35.0
4	-0.15	1.85	7.81	1568	2.7	21.4	43.1
5	-0.16	1.7	15.5	1757.8	3.8	20.0	51.5
6	-0.17	1.64	18.75	1816.4	4.18	19.5	53.4
7	-0.19	1.52	24.88	1914.89	4.81	18.5	55.3
8	-0.22	1.27	35.5	2025	5.75	16.3	55.1
9	-0.25	1.13	42.0	2075	6.25	15.2	54.5
10	-0.26	1.04	45.75	2094	6.53	14.4	53.4

$$H = 10(p_2 - p_1) + z + \Delta h \quad (2)$$

где H – напор, м;
 $z + \Delta h = 1,4$ м (см. рис. 1.).

$$\eta = \frac{N_{II}}{N_{ДВ}} \cdot 100 \quad (3)$$

где η – КПД насоса, %;
 $N_{II} = \rho g HQ \cdot 10^{-3}$ - полезная мощность насоса, Вт;
 $N_{ДВ} = N \cdot \eta_{ДВ}$, Вт; N, Вт - электрическая мощность двигателя;
 $\eta_{ДВ} = 0.84$ – КПД двигателя.

Расчетная формула для вычислений КПД насоса:

$$\eta = 11,9 \frac{HQ}{N} \cdot 100, \% \quad (4)$$

Все необходимые вычисления по формулам (1÷4) выполняются автоматически с помощью программы в ПК.

По результатам вычислений автоматически распечатывается на принтере рабочая характеристика насоса (см. рис.3).

На рис. 3 сплошными линиями показаны распечатанные автоматически на принтере характеристики насоса, пунктирными – паспортные характеристики [3]. Насос 2К-6б эксплуатируется на стенде с 1966 года в учебных целях. Ориентировочное время работы насоса составило не менее 8000 часов. По-видимому, износ насоса послужил причиной снижения его максимального КПД почти на 10 %.

Выводы

Доказана принципиальная возможность производить испытания насосов в автоматическом режиме. Существенно сокращается время, затрачиваемое на испытания.

Автоматизация натурных испытаний насосов непосредственно на месте их эксплуатации позволит использовать результаты испытаний для оперативного управления в реальном масштабе времени работой насосных агрегатов с целью оптимизации их рабочих параметров, обеспечив в конечном итоге энергосбережение.

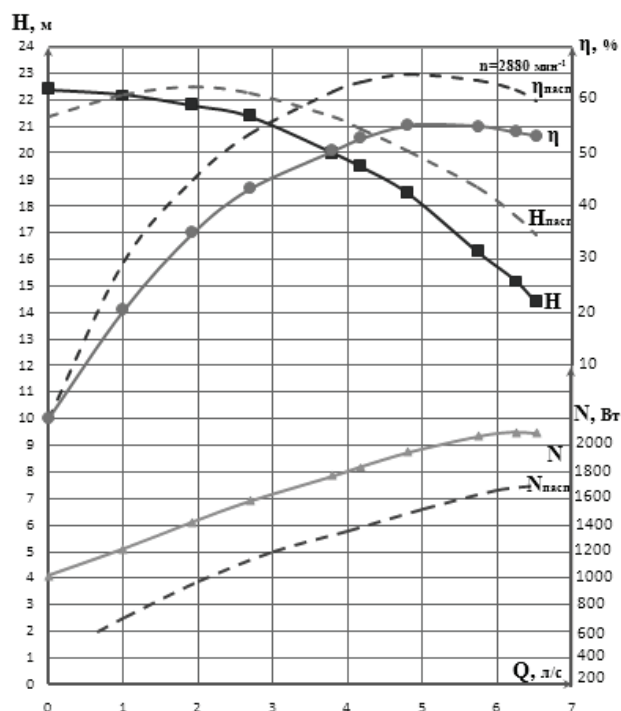


Рис.3. Рабочая характеристика насоса

Список использованной литературы:

1. Колпаков Л. Г. Центробежные насосы магистральных трубопроводов./ Л. Г. Колпаков. М., Недра, 1985. – 183 с.
2. Гапич Л. В. Новый вид испытаний насосного оборудования./ Л. В. Гапич// «Вісник Сум.ДУ, Серія Технічні науки» № 4, 2011, – С. 50–59.
3. Насосы центробежные типа «К». Инструкция и техническая документация. Харьков, Прапор, 1966. – 23 с.

References:

1. LG Kolpakov Centrifugal pumps of trunk pipelines . / LG Kolpakov . М. , Nedra, 1985. – 183 p.
2. Gapich LV A new kind of pump equipment testing . / LV Gapich // « News of Sum.DU , Seriya Tehnichni Science » № 4, 2011. – P. 50–59 .
3. Centrifugal pumps type "K" . Manual and technical documentation . Kharkiv, Prapor. 1966. – 23 p .

Поступила в редакцию 15.01 2016 г.