

енергетика

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**Близначенко 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 енергетического 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**Близначенко 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

АВТОМАТИЗАЦИЯ ИСПЫТАНИЙ 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

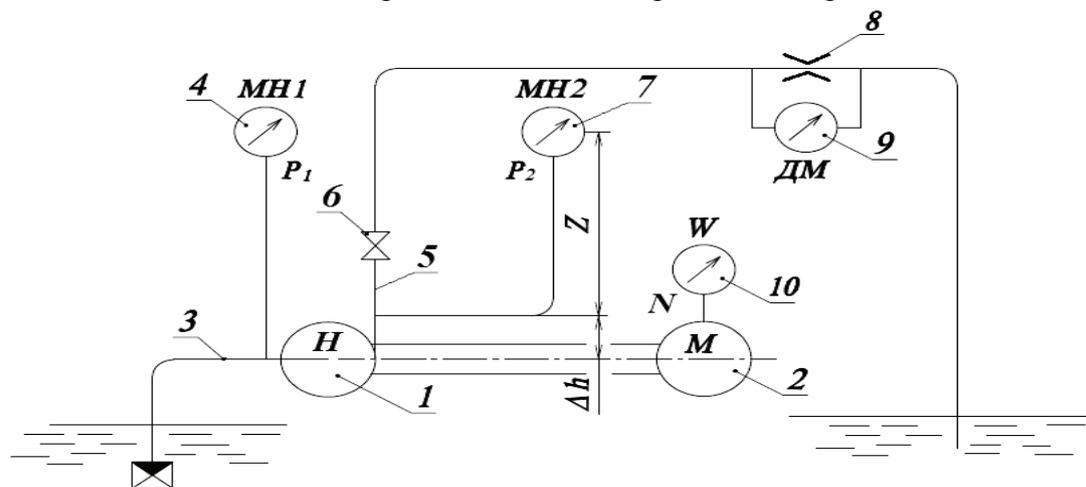


Рис. 1. Схема стенда для испытания центробежного насоса

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 $\eta_{\text{дв}} = 0,84$).

Вода поступает в насос по всасывающему трубопроводу 3 диаметром $d_{\text{вс}} = 50 \text{ мм}$, 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 $d_{\text{н}} = 50 \text{ мм}$, 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.

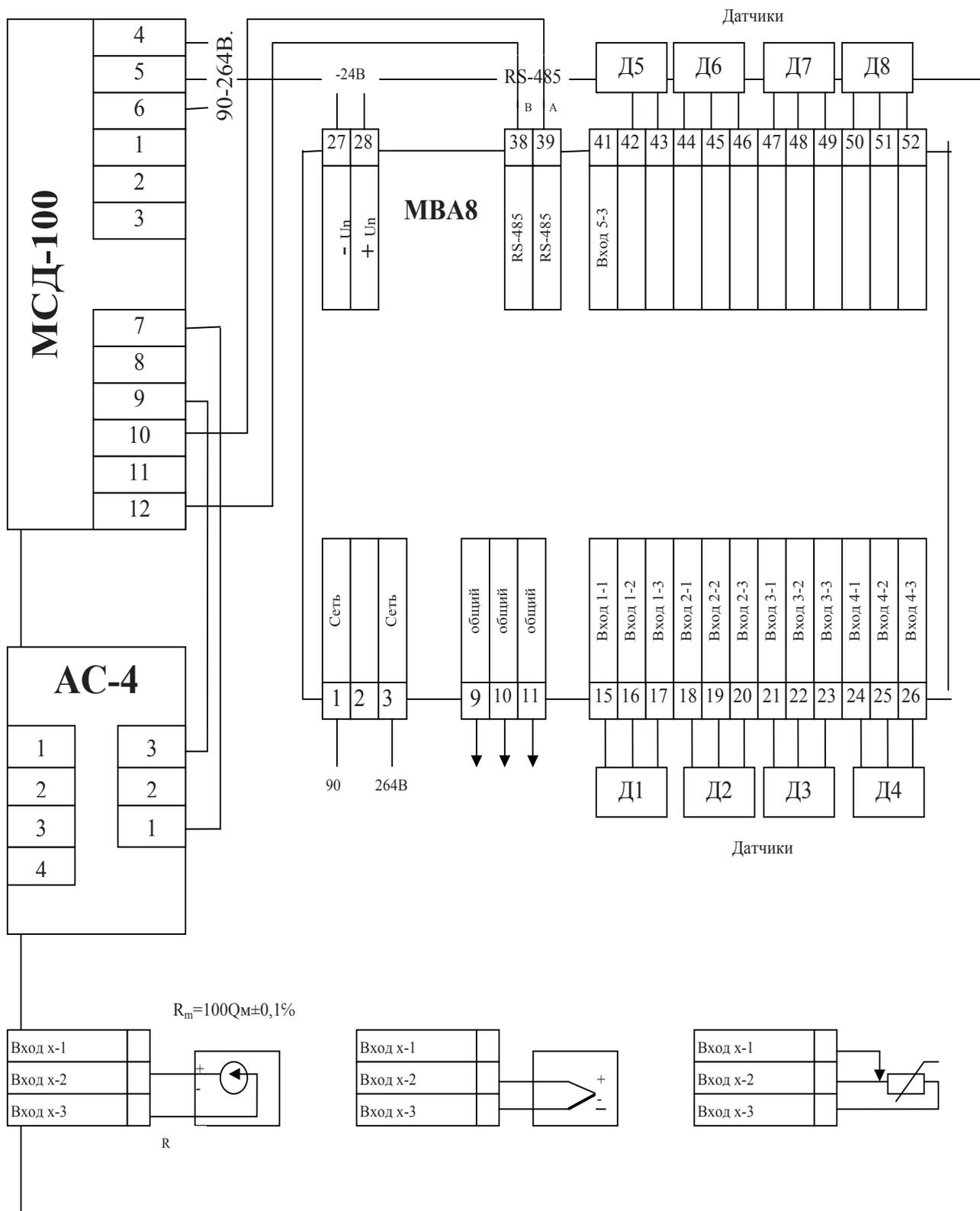
Как видно из схемы рис.2 сигналы от датчиков измерительных приборов поступают в многофункциональный измерительный аналоговый модуль типа ОБЕН МВА8 (восьмиканальный), предназначенный для построения автоматических систем контроля технологических процессов. Этот модуль осуществляет передачу компьютеру информации 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 ОБЕН 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:

$$Q = c \sqrt{\Delta p}, \quad (1)$$



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.

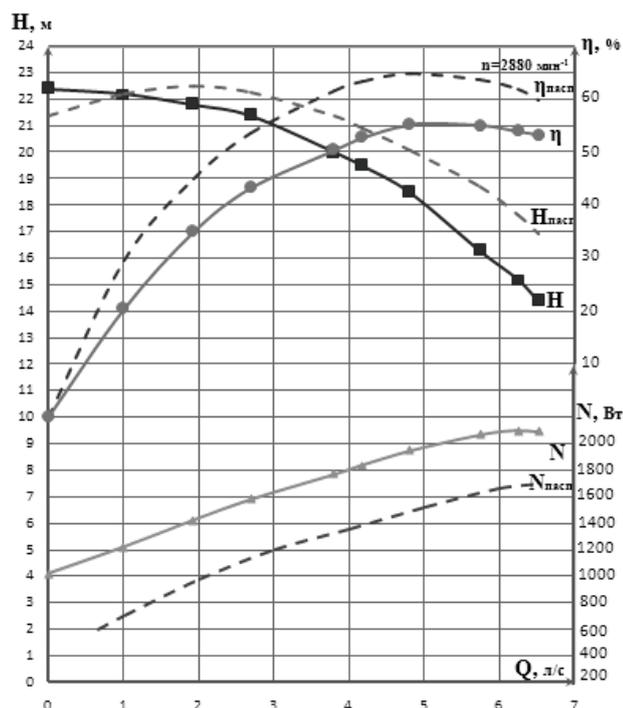


Рис.3. Рабочая характеристика насоса

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.