

**ВІРТУАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРИЧНИХ  
ВИПРОБУВАНЬ ВІДЦЕНТРОВОГО НАСОСА**

*В. Є. Василенков, кандидат технічних наук, доцент*

*М. М. Гудзенко, завідувач лабораторіями*

*О. І. Наземцев, студент магістратури*

*e-mail: [wasil14@ukr.net](mailto:wasil14@ukr.net)*

**Анотація.** *Обґрунтована можливість застосування імітаційного моделювання з гідравліки на прикладі лабораторної роботи „Параметричні випробування відцентрового насосу”. Наведені результати віртуального дослідження параметричних випробувань відцентрового насоса і їх графічне відображення.*

**Ключові слова:** *відцентровий насос, параметричні випробування, віртуальні дослідження, напір, витрата*

Нині підготовка грамотних фахівців неможлива без застосування нових форм навчання з використанням комп'ютерних технологій, що базуються на сучасних прикладних програмних продуктах.

Володіння теорією гідравлічних машин є складовою професійної підготовки фахівця з теплоенергетичних і електричних машин та систем електроприводів. Сучасні комп'ютерні технології дозволяють якісно змінити і істотно поліпшити технологію вивчення гідравлічних і електричних машин, перевести її у віртуальну дійсність, здійснити в цій віртуальній лабораторії дослідження статичних і динамічних режимів роботи гідравлічних і електричних машин, їх характеристик, умов пуску і техніко-економічних показників з отриманням кількісних результатів. Тому використання комп'ютерних технологій, що дозволить розширити коло і глибину питань, які вивчаються, провести безліч експериментів з використанням віртуальних

гідравлічних машин є актуальною задачею, що благотворно позначиться на рівні підготовки фахівців

**Мета досліджень** - створення віртуальної лабораторної установки та методики обробки результатів отриманих даних з можливим використанням при дистанційному навчанні.

**Матеріали та методика досліджень.** Віртуальна лабораторна робота за темою «Параметричні випробування відцентрового насоса» виконується при взаємодії користувача з комп'ютером за допомогою вливу показника миші на різні графічні елементи, які відображають деталі лабораторної установки. У вікні виду лабораторної роботи в правому верхньому куті є кнопка “Довідка”, яка відкриває нове вікно з описом схеми лабораторної установки та порядку виконання цієї роботи. Виконання віртуальної лабораторної дослідницької роботи студентом–дослідником виконується на основі завдання, отриманого від викладача. Оформлення розрахункової частини виконується за додатковими методичними вказівками, які додаються до цієї розробки.

**Результати досліджень.** Схема робочого вікна установки показана на рис. 1.

Дослідження проводять у такій послідовності:

1. Виберають у таблиці "Умови досліду" задані параметри.

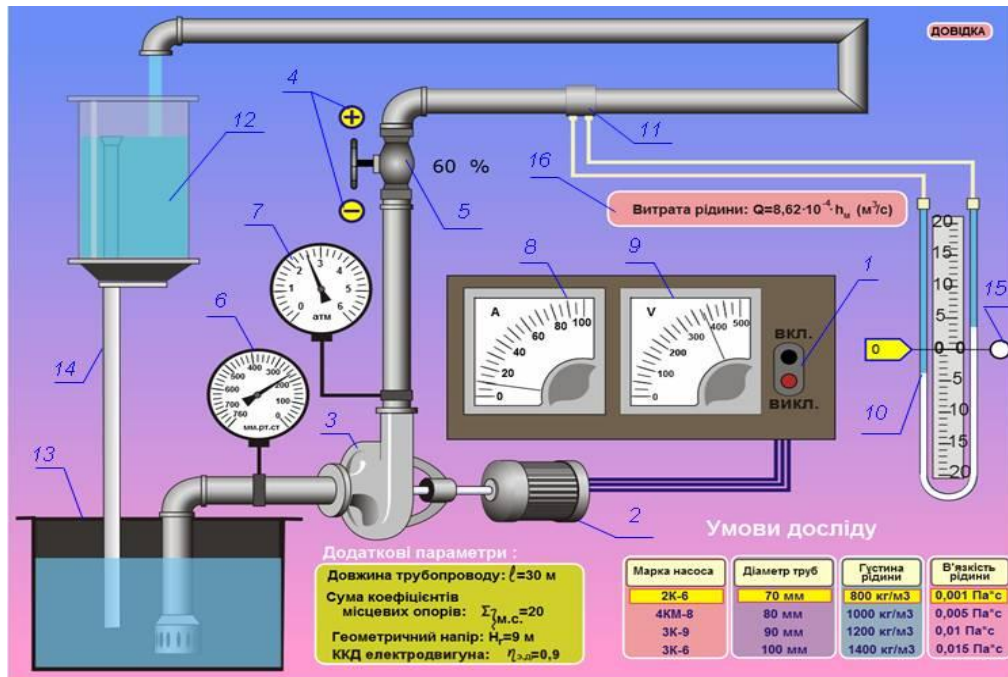
2. Натисканням чорної кнопки пускача (1) вмикають електродвигун (2).

При цьому насос (3) розпочне працювати.

3. За допомогою значків (4) керують вентилем (5) для створення необхідної витрати рідини в трубопроводі. Положення вентиля вказується справа у відсотках.

4. Для кожної встановленої витрати рідини фіксують покази амперметра (8), вольтметра (9), різницю рівнів манометричної рідини в диференціальному манометрі (10). Фіксують також показання вакуумметра (6) і манометра (7).

Результати досліджень за витрат 0 %, 20 %, 40 %, 60 %, 80 %, 100 % наведено в табл. 1.

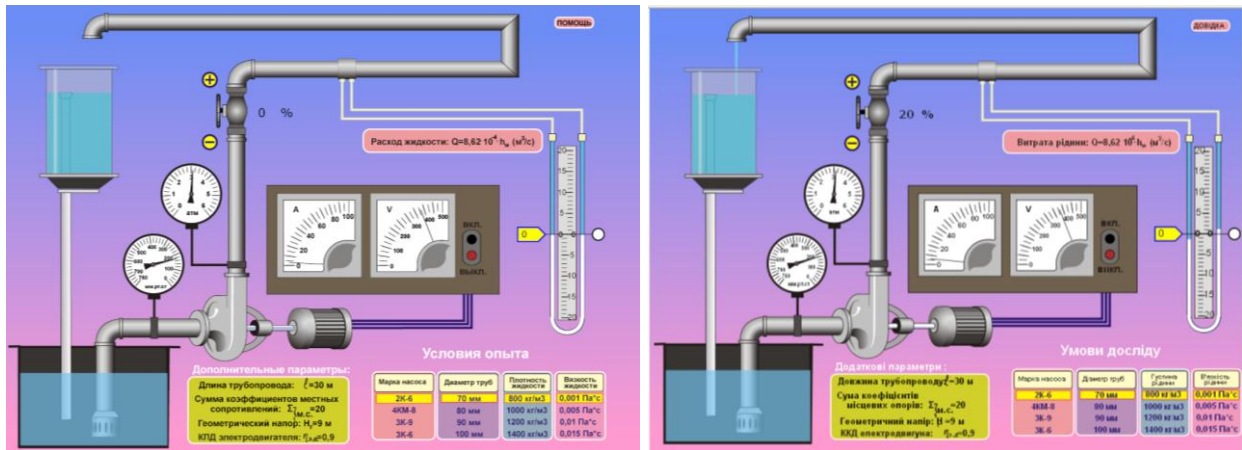


**Рис. 1. Зовнішній вигляд робочого вікна віртуальних параметричних випробувань відцентрового насоса:**

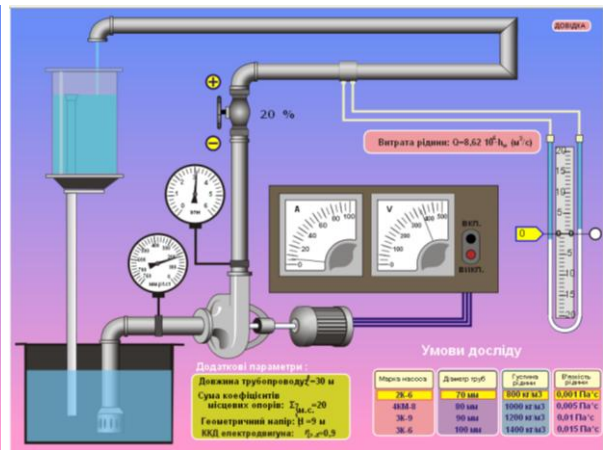
1 – пускач; 2 – електродвигун; 3 – насос; 4 – значки обертання вентиля; 5 – вентиль; 6 – вакууметр; 7 – манометр; 8 – амперметр; 9 – вольтметр; 10 – диференційний манометр; 11 – діафрагма; 12 – приймальна ємність; 13 – видаткова ємність; 14 – переливна труба; 15 – лінійка; 16 – калібрування дифманометра

### 1. Результати віртуального дослідження параметричних випробувань відцентрового насоса

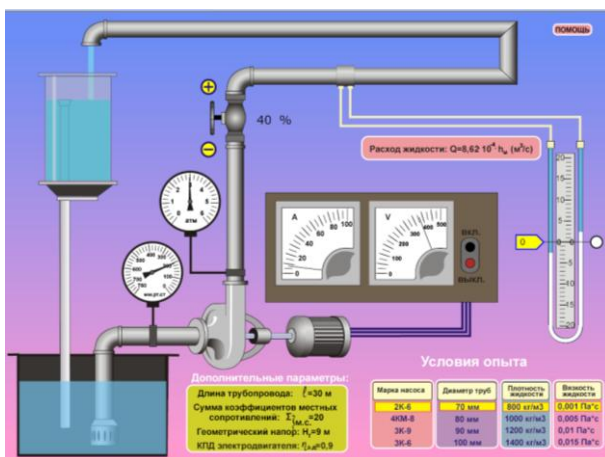
№, п/п	I, А	U, В	$h_{\text{ман}}$ , атм.	$h_{\text{в}}$ , мм.рт.ст.	n, %	$h_{\text{М}}$
1	3	376	3,1	180	0	0
2	6	376	3,1	180	20	2
3	8	376	3,0	200	40	5
4	10	376	2,5	240	60	7
5	11	376	1,9	280	80	10
6	12	376	1,2	324	100	12



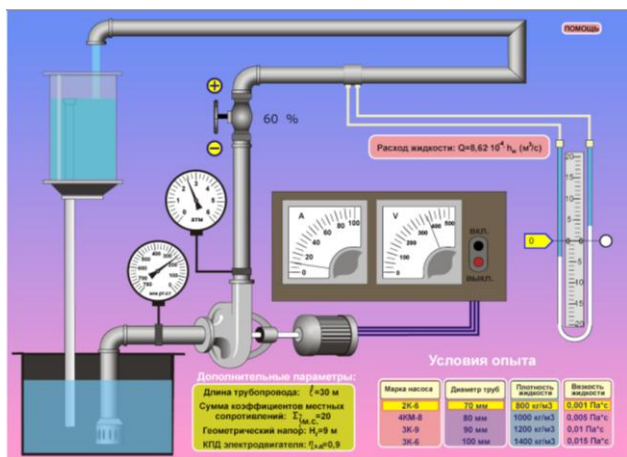
а)



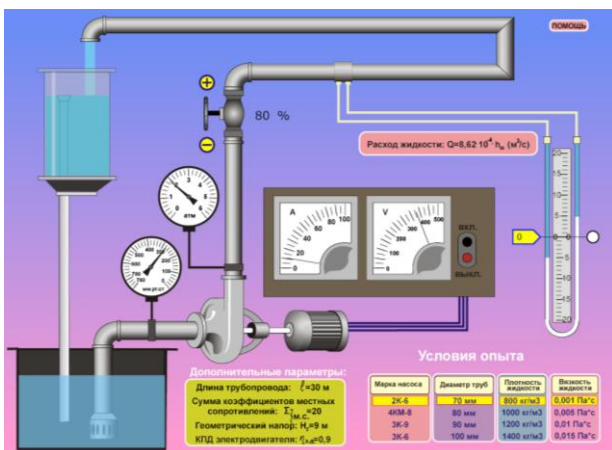
б)



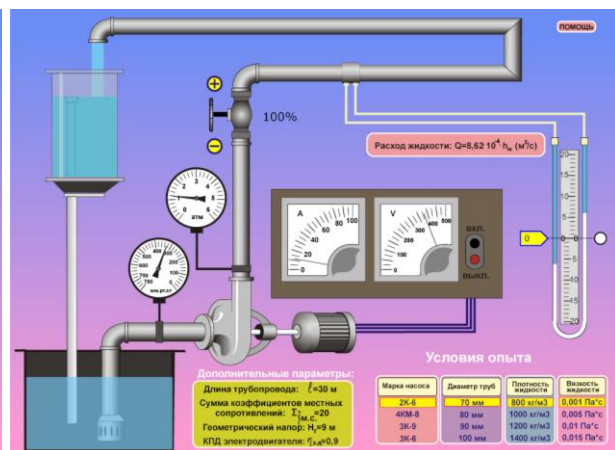
в)



г)



д)



е)

**Рис. 2. Зафіксовані дані:**

а – при закритій засувці; б – 1-й режим при 20 %-ній відкритій засувці; в – 2-й режим при 40 %-ній; в – 3-й режим при 60 %-ній; г – 4-й режим при 80 %-ній; д – 5-й режим при 100 %-ній відкритій засувці

Обробки результатів вимірювань виконували в такій послідовності.

1. подача насоса визначається за формулою:

$$Q_{1-6} = 8,62 \cdot 10^{-4} \cdot h_{m1-6} (\text{м}^3/\text{с}),$$

де  $h_m$  – покази диференціального манометра (перепад тиску), м.

На цій установці геодезичні відмітки манометра і вакуумметра відраховуються від осі труби.

2. Потужність, споживана насосним агрегатом з мережі:

$$N_{e1-6} = I_{1-6} \cdot U_{1-6} \cdot \cos\varphi$$

де  $U$  – напруга живлячої мережі, В;  $I$  – струм електродвигуна, А;  $\cos\varphi$  – коефіцієнт потужності двигуна, що характеризує активну складову потужності.

Приймаємо  $\cos\varphi=0,85$ .

3. Визначення швидкості руху рідини в трубопроводах.

Оскільки за умов досліду діаметр всмоктувального і напірного трубопроводу однаковий, то швидкості руху рідини теж будуть однаковими.

Вони визначаються за формулою:

$$V_{вс} = V_n = V_{1-6} = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot d^2}, \text{ м/с.}$$

4. Визначаємо режим руху рідини за числом Рейнольдса:

$$Re_{1-6} = \frac{V_{1-6} \cdot d}{\nu},$$

де  $\nu$  – кінематична в'язкість води при 10 °С, приймаємо  $\nu=0,000169 \text{ м}^2/\text{с}$ .

5. Визначаємо коефіцієнт втрат за довжиною трубопроводу (коефіцієнт Дарсі) за формулою:

$$\lambda_{1-6} = \frac{0,3164}{Re_{1-6}^{0,25}}.$$

6. Загальні втрати напору будуть визначатися за формулою:

$$\sum h_{1-6} = \frac{V_{1-6}^2}{2g} \left( \lambda_{1-6} \cdot \frac{l}{d} + \sum \zeta_m \right).$$

7. Тоді необхідний напір насоса буде визначатися за формулою:

$$H_{нас\ 1-6} = h_{ман\ 1-6} + h_{в\ 1-6}.$$

8. Корисна потужність (на переміщення води)

$$N_{к 1-6} = \rho \cdot g \cdot Q_{1-6} \cdot H_{нас 1-6}, \text{ Вт.}$$

9. Потужність на валу насоса (затрачувана на привод насоса)

$$N_{В 1-6} = \eta_{д} N_{е 1-6},$$

де  $\eta_{д}$  — ККД електродвигуна (за умов досліду приймаємо  $\eta_{д} = 0,9$ ).

10. Визначаємо коефіцієнт ККД насосного агрегату за формулою:

$$\eta_{1-6} = \frac{N_{к1-6}}{N_{е1-6}} \cdot 100\% .$$

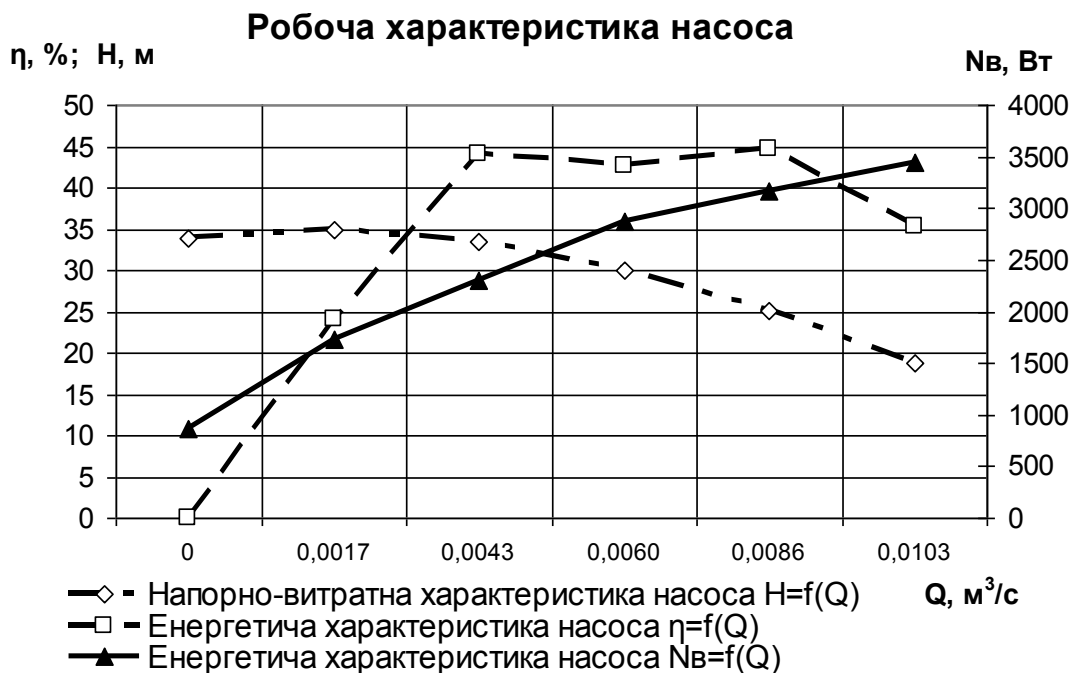
Результати визначених параметрів насоса подають за формою (табл.2) та у графічній формі (рис.3).

**2. Результати вимірювань і розрахунків**

№ п/п	Параметр, умовне позначення	Одиниця вимірювання	№ досліду					
			1	2	3	4	5	6
1	Подача насоса, $Q_{1-6}$	м <sup>3</sup> /с	0	0,0017	0,0043	0,0060	0,0086	0,0103
2	Споживана потужність, $N_{е 1-6}$	Вт	958,8	1917,6	2556,8	3196,0	3515,6	3835,2
3	Швидкість руху рідини в трубопроводах, $V_{1-6}$	м/с	0	0,45	1,12	1,57	2,24	2,69
4	Режим руху рідини, $Re_{1-6}$	—	0	185,645	464,112	649,757	928,224	1113,869
5	Коефіцієнт Дарсі, $\lambda_{1-6}$	—	0	0,0857	0,0682	0,0627	0,0573	0,0548
6	Загальні втрати напору, $\sum h_{1-6}$	м	0	0,57	3,09	5,77	11,19	15,72
7	Необхідний напір насоса, $H_{нас 1-6}$	м	33,45	33,45	32,72	28,26	22,80	16,40
8	Корисна потужність, $N_{к 1-6}$	Вт	0,00	461,28	1128,10	1364,21	1572,59	1357,31
9	Потужність на валу насоса, $N_{В 1-6}$	Вт	862,92	1725,84	2301,12	2876,4	3164,04	3451,68
10	ККД насосного агрегату, $\eta_{1-6}$	%	0,00	24,06	44,12	42,68	44,73	35,39

Згідно визначених даних відцентровий насос повинен забезпечувати подачу в межах від 6,21 до 37,24 м<sup>3</sup>/год. і напір не менше 33,45 м.

Цим умовам відповідає відцентровий консольний насос 2К-6 або його сучасні модифікації К20/30, К65-50-160. За його технічною характеристикою будемо характеризувати насоса.



**Рис.3. Характеристики відцентрового насоса**

### Висновки

1. Використовуючи імітаційне моделювання наведено результати віртуального дослідження параметричних випробувань відцентрового насоса марки К65-50-160. Побудовані його напірно-витратну і енергетичну характеристики.

2. Програмне забезпечення і розроблена методика обробки результатів віртуального дослідження можуть використовуватися для дистанційного навчання.

### Список літератури

1. Антипов О.Е. Архитектура виртуальной компьютерной лаборатории для подготовки специалистов в области информационных технологий / О.Е. Антипов, М.А. Белов, Н.А. Токарева // Компьютерные

инструменты в образовании. – 2011. – № 4. – Режим доступа:

<http://ipo.spb.ru/journal/index.php?magazines/2011/4/e/>.

2. Климов В.Г. Управление качеством подготовки конкурентоспособных специалистов профессионального образования в условиях информационного общества.: Материалы науч-но-практической конференции / под ред. В.Г. Домрачева, С.У. Увайсова. – М.: МИЭМ, 2005. – С 232–236.

## **ВИРТУАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПАРАМЕТРИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ**

***В. Е. Василенков, М. Н. Гудзенко, А. И. Наземцев***

**Аннотация.** *Обоснована возможность применения имитационного моделирования по гидравлике на примере лабораторной работы "Параметрические испытания центробежного насоса". Приведены результаты виртуального исследования параметрических испытаний центробежного насоса и их графическое отображение.*

**Ключевые слова:** *центробежный насос, параметрические испытания, виртуальные исследования, напор, расход*

## **VIRTUAL RESEARCH PARAMETRIC TESTS OF CENTRIFUGAL PUMPS**

***V. Vasilenkov, M. Gudzenko, A. Nazemtsev***

**Annotation.** *The possibility of the use of simulation in hydraulics on the example of laboratory work "Parametric tests of the centrifugal pump". The results of the study parametric virtual testing of a centrifugal pump and a graphical display is given.*

**Key words:** *centrifugal pump, parametric trials, virtual research, pressure, expenditure*