

УДК 681.121

DOI 10.47049/2226-1893-2023-7-19

**УСТАНОВКА ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ
ВІДЦЕНТРОВИХ НАСОСІВ МЕТОДОМ ТЕНЗОМЕТРІЇ**

В.І. Цацко

к.ф.-м.н, старший викладач

кафедри «Експлуатація суднового електрообладнання і засобів автоматики»

С.М. Дранчук

к.т.н., доцент

кафедри «Експлуатація суднового електрообладнання і засобів автоматики»

В.М. Машін, Д.Ю. Криворучко, Т.О. Гаур

старші викладачі

кафедри «Експлуатація суднового електрообладнання і засобів автоматики»

С.І. Іовчев

к.ф.-м.н, доцент кафедри «Математика, фізика та астрономія»

Одеський національний морський університет, Одеса, Україна

Анотація: Розглянуті види суднових відцентрових насосів, їх конструкція, принципи дії, технічне обслуговування, наслідки пошкоджень та шляхи їх усунення.

Запропоновано для дослідження якості відцентрових насосів проводити вимірювання витрат рідини на вході та виході насосу методом тензометрії.

Наведена гідравлічна схема установки дослідження якості відцентрових насосів, що включає до себе два вимірювальних трубопроводи типу вузький-широкий-вузький та засувку для імітації витіку насоса, проведений гідравлічний розрахунок установки, наведені результати вимірювань при різних кутах відкриття засувки

Аналіз наведених даних говорить о можливості визначення якості відцентрових насосів в процесі перекачки шляхом використання двох вимірювальних трубопроводів тензометричного витратоміра на вході та виході насоса.

Ключові слова: тензометрія, витратомір, вимірювання, відцентровий насос, установка.

UDC 681.121

DOI 10.47049/2226-1893-2023-7-19

**CENTRIFUGAL PUMPS QUALITY
RESEARCH INSTALLATION USING TENSION METHOD**

V. Tsatsko

Ph.D, Senior Lecturer

Department «Exploitation of marine electric equipment and means of automation»

S. Dranchuk

Ph.D, Associate Professor

Department «Exploitation of marine electric equipment and means of automation»

V. Mashin, D. Krivoruchko, T. Gaur

Senior Lecturers

Department «Exploitation of marine electric equipment and means of automation»

S. Iovchev

Candidate of Physical and Mathematical Sciences,

Associate Professor of the «Mathematics, Physics and Astronomy» Department

Odesa National Maritime University, Odesa, Ukraine

***Abstract:** Considered types of marine centrifugal pumps, their design, principle of operation, maintenance, consequences of damage and ways of their elimination. In order to study the quality of centrifugal pumps, it is proposed to measure the flow of liquid at the inlet and outlet of the pump using the tensometry method. The hydraulic scheme of the centrifugal pump quality research installation is presented, which includes two measuring pipelines of the narrow-wide-narrow type and a valve for simulating pump leakage, the hydraulic calculation of the installation is carried out, the results of measurements at different valve opening angles are given. The analysis of the given data indicates the possibility of determining the quality centrifugal pumps in the process of pumping by using two measuring pipelines of the strain gauge flowmeter at the pump inlet and outlet.*

***Keywords:** strain gauge, flow meter, measurement, centrifugal pump, installation.*

Вступ. Насоси, які використовуються на більшості сучасних морських суден, є, по суті, спеціальним агрегатом, основне призначення якого полягає в якісному перекачуванні солоної морської води.

На всіх сучасних морських засобах пересування суднові насоси також беруть участь у процесі охолодження всіх корабельних систем. Крім того, багато типів суднових насосів активно використовуються для забезпечення пожежної безпеки та при вирішенні санітарних завдань. Плюс до всього корабельні насоси беруть безпосередню участь у роботі водовідливних та баластових суднових систем. Однак слід розуміти, що ті насосні системи, що встановлюються сьогодні на переважній більшості сучасних кораблів, багато в чому відрізняються від сухопутних аналогів. Ці відмінності корабельних насосів полягають у численних технологічних особливостях, властивих різним типам суднових насосів. Відрізняється навіть матеріал, з якого виготовляється проточна частина таких пристроїв. Зазвичай в них для цього використовується бронза, тому що цей метал має високий рівень корозійної стійкості, що є вкрай важливим фактором при експлуатації агрегату, пов'язаного з прямим впливом морської води.

Основне призначення відцентрових насосів полягає в якісному перекачуванні продуктів нафтової переробки та забрудненої води.

Аналіз основних досягнень і літератури. Морський відцентровий насос – це повна назва насоса. Це відноситься до цих відцентрових насосів, які використовуються в морській промисловості. Це найпростіший тип морського насоса на борту суден. Відцентровий морський насос використовується для обробки морської води, прісної води, трюмної води тощо. Деякі морські відцентрові насоси також перекачують мастила, мазут тощо.

Відцентрові насоси діляться на два основних типи: вертикальний і горизонтальний [1]. Обидва типи морських відцентрових насосів широко використовуються. Деякі відцентрові морські насоси оснащені самостійним пристроєм всмоктування. Отже, це самовсмоктуючий морський відцентровий насос. Цей самовсмоктуючий пристрій може бути як вбудованого, так і ежекторного типу. Баластний насос, трюмний насос, пожежний насос, насос GS, насос охолодження є найпопулярнішими типами морських відцентрових насосів. Іноді такі відцентрові морські насоси можуть стояти один замість одного. Зазвичай цей морський відцентровий насос вертикального типу з невеликим простором для встановлення.

Однак для осушувальних насосів і насосів охолодження горизонтальний відцентровий морський насос також дуже популярний. Існують деякі спеціальні типи морських відцентрових насосів. Наприклад, занурюваний відцентровий насос повністю занурюваний, без фланця всмоктування. А аварійний відцентровий насос дизельного двигуна працює від дизельного двигуна. Зазвичай судновий відцентровий насос має електричний двигун. Як і з іншими відцентровими насосами, потужність морського відцентрового насоса залежить від напору насоса. У відцентровому насосі рідина потрапляє в центр або вушко робочого колеса і витікає радіально між лопатями, при цьому її швидкість збільшується завдяки обертанню робочого колеса. Потім використовується дифузор або спіраль для перетворення більшої частини кінетичної енергії рідини в тиск.

Принцип дії відцентрового насоса схематично показаний на рис. 1.

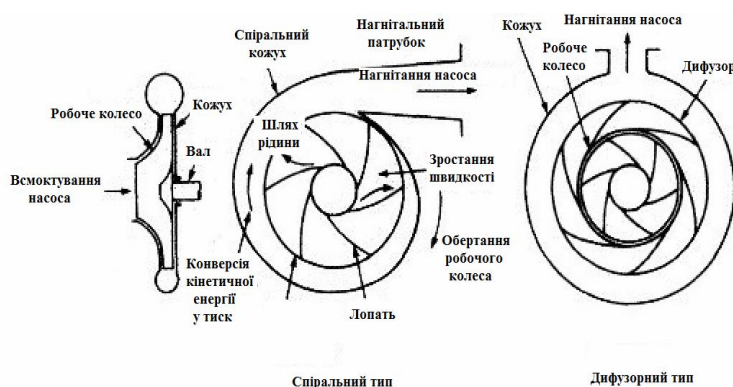


Рис. 1. Принцип дії відцентрового насоса [2]

На рис. 2 показана конструкція вертикального, одноступінчастого, відцентрового насоса з одним входом для звичайних морських завдань. Основна рама та корпус разом із опорним кронштейном двигуна містять вузол насосного елемента. Насосний елемент складається з верхньої кришки, валу насоса, робочого колеса, втулки підшипника та ущільнення навколо валу.

Ущільнення може бути сальником або механічним ущільненням, а система змащування підшипників буде різною залежно від типу ущільнення. На робочому колесі та корпусі встановлені змінні компенсаційні кільця. Опорний кронштейн двигуна має два великі отвори для забезпечення доступу до насосного елемента, а між двигуном і валом насоса встановлено з'єднувальну прокладку, що дозволяє зняти насосний елемент, не турбуючи двигун.

На рис. 3 показаний вертикальний багатоступінчастий однозахідний відцентровий насос, який використовується для глибоководного перекачування вантажу. Це можна розглядати як серію відцентрових насосів, які живлять один одного послідовно і таким чином поступово збільшують тиск нагнітання. Привід насоса розташований поза резервуаром і може бути електричним, гідравлічним або будь-яким відповідним засобом, що підходить для розташування.

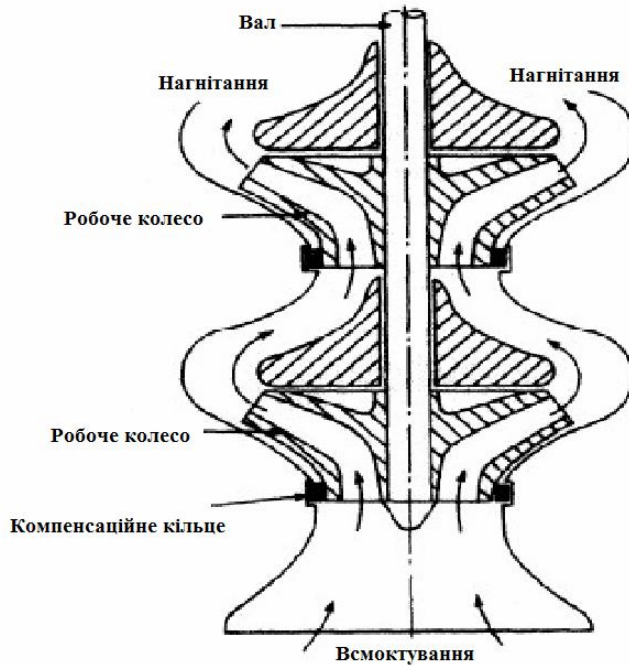


Рис. 2. Відцентровий насос з одним входом [2]

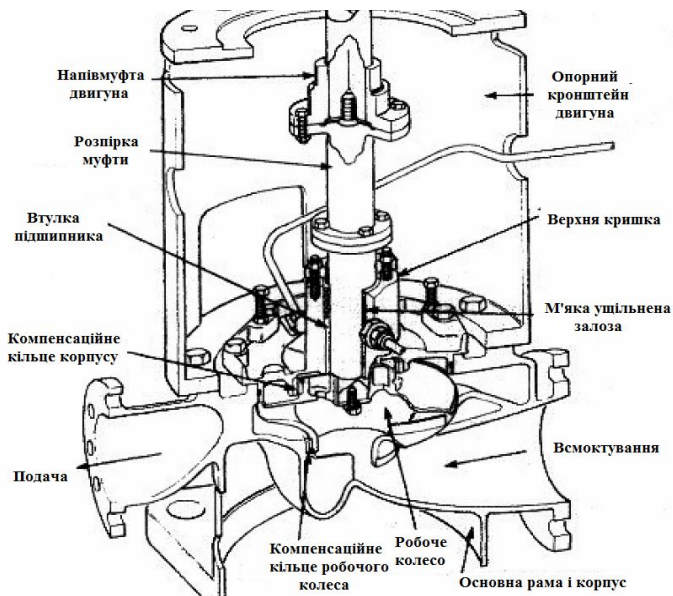


Рис. 3. Багатоступеневий відцентровий насос [2]

На відцентрові насоси високого тиску встановлюють дифузор. Це кільце, закріплене на корпусі навколо робочого колеса, в якому є ходи, утворені лопатками. Проходи розширюються в напрямку течії рідини і перетворюють кінетичну енергію рідини в енергію тиску. Гідравлічні баланси також звичайні. Частина рідини, що нагнітається під високим тиском, спрямовується проти барабана або поршневої системи, щоб урівноважити тиск рідини, що нагнітається на робоче колесо, і таким чином підтримувати його в положенні рівноваги.

Відцентрові насоси, придатні для більшості звичайних морських завдань, не є самовсмоктуючими та вимагають певних засобів для видалення повітря із всмоктувального трубопроводу та наповнення його рідиною. Якщо рідина, яку потрібно перекачувати, знаходиться на рівні вище, ніж рівень насоса, відкриття повітряного крана поблизу всмоктування насоса дозволить витіснити повітря, коли трубопровід заповнюється під дією сили тяжіння. Якщо насос знаходиться нижче рівня морської води, а заливка морської води в систему допустима, тоді відкриття клапана нагнітання морської води та повітряний кран на насосі призведе до заправки.

В якості альтернативи повітряна насосна установка може бути встановлена для окремих насосів або як центральна система закачування, підключена до кількох насосів. Водяний кільцевий або рідинний кільцевий праймер може бути організований як окремий блок, встановлений на насосі та приведений від нього, або як блок із приводом від двигуна, встановлений окремо та обслуговуючий декілька насосів. Грунтовка складається з еліптичного корпусу, в якому обертається лопатевий ротор. Ротор може бути відокремлений від втулки та забезпечувати отвори для впуску та випуску повітря портами на кришці, як показано на рис. 4.

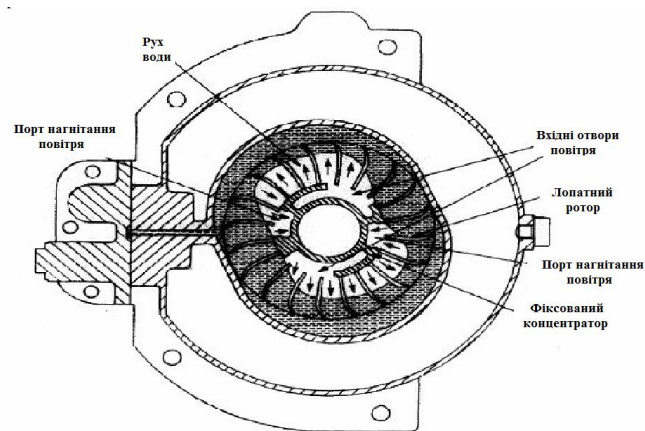


Рис. 4. Водяної праймер

Лопаті ротора обертаються і змушують кільце рідини приймати еліптичну форму корпусу. Водяне кільце, будучи еліптичним, просувається та відступає від центральної втулки, викликаючи дію насоса. Система всмоктувального трубо-

проводу з'єднується до впускних отворів для повітря, і таким чином всмоктувальна лінія заповнюється видаленням повітря. Повітря, видалене із системи, викидається в атмосферу. Резервуар з водою передбачений для поповнення водопровідного кільця при необхідності.

Під час запуску відцентрового насоса всмоктувальний клапан відкривається, а нагнітальний клапан ліворуч закривається: тоді запускається двигун і блок заливки заправляє всмоктувальну лінію. Після того, як насос заповнено, напірний клапан можна повільно відкрити, а кількість рідини можна регулювати, відкриваючи або закриваючи напірний клапан. При зупинці насоса напірний клапан закривається і двигун зупиняється.

Регулярне технічне обслуговування машини передбачає увагу до змащування підшипника валу та забезпечення того, щоб ущільнення валу або сальник не пропускали рідину. Незадовільна робота або втрата продуктивності може вимагати незначного або капітального ремонту. Поширені несправності, такі як відсутність зливу, можуть бути результатом закритих клапанів у системі, блокування всмоктувальних фільтрів або інших несправностей, що виникають у системі заливки. Витоки повітря у всмоктувальному трубопроводі, засмічене робоче колесо або занадто тугий сальник валу – все це може призвести до низької продуктивності.

Під час демонтажу насоса для видалення насосного елемента необхідно від'єднати будь-які заливні труби або труби подачі охолоджувальної води. Сучасні насоси мають розпірку муфти, яку можна зняти, щоб насосний елемент можна було витягнути, не турбуючи двигун: тоді робоче колесо та вал можна легко відокремити для перевірки. Втулку підшипника валу разом із компенсаційними кільцями корпусу та робочого колеса необхідно перевірити на знос. Витоки відцентрових насосів призводять до втрати ефективності їх роботи. Крім того в разі перекачці вогнебезпечних та вибухонебезпечних рідин це може привести до аварії та навіть до катастрофи. Тому потрібно спостерігати за станом насосу в процесі перекачці. Наявність витоків можна визначити зрівнянням витрат рідини на вході та виході насосу. Існує велика кількість способів вимірювання витрат рідини, більшість з яких використовує занурення датчиків у рідинне середовище. Це приводить до забруднення датчиків з часом і потребує своєчасного їх технічного обслуговування або навіть заміни.

Встановлено [3-8], що тензометричний метод не потребує розміщення чутливих датчиків всередині рідини, вимірювальні трубопроводи, що мають три тензорезистори дозволяють зменшити похибки вимірювань в широкому діапазоні швидкостей рідини, проведена оцінка впливу матеріалу рідини на результати вимірювань, та запропонована форма вимірювального трубопроводу типу вузький-широкий-вузький для підвищення якості вимірювань та зменшення їх небезпечності.

Мета роботи – перевірка можливості використання тензометричних витратомірів для дослідження якості відцентрових насосів в процесі перекачці.

Виклад основного матеріалу. Для цієї мети було потрібне розробити установку для досліджень та перевірити працездатність такого методу визначення якості відцентрових насосів. На рис. 5 показана гідравлічна схема установки.

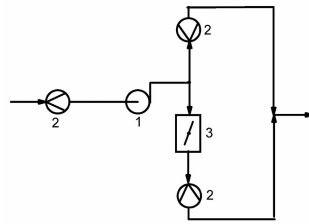


Рис. 5. Гідравлічна схема установки:

1 – відцентровий насос; 2 – вимірювальні трубопроводи тензометричного витратоміру; 3 – засувка

У реальній системі перекачки відцентровим насосом використовуються два вимірювальних трубопроводи: на вході та виході насоса. Схема вимірювання така, яка була використана в роботі [3] дозволяє підключати до 8 вимірювальних трубопроводів. В установці гілка із засувкою та вимірювальним трубопроводом призначена для імітації витоків відцентрового насоса. При зачиненій засувці та справному відцентровому насосі показники вимірювальних трубопроводів на вході та виході відцентрового насоса повинні бути однаковими. Регулювання положення засувки змінює гідравлічний опір нижньої гілки і тим самим швидкість потоку (і витрату) верхньої гілки. Якщо буде встановлено, що при цьому будуть отримані спостережені результати, це доведе можливість використання тензометричного витратоміру для аналізу якості відцентрового насоса.

Вимірювальний трубопровід

В установці використовуються вимірювальні трубопроводи, що мають форму вузький-широкий-вузький (рис. 6, б), яка забезпечує менший гідравлічний опір, та менші швидкості потоку зрівняно з формою широкий-вузький-широкий (рис. 6, а) [8,9],



Рис. 6. Варіанти конструкції вимірювального трубопроводу:

а) широкий-вузький-широкий (ШВШ); б) вузький-широкий-вузький (ВШВ)

Раніш [3-7] було встановлено, що при використанні раптових переходів вузький-широкий вдається знизити похибки вимірювань при малих швидкостях потоку зрівняно з поступовими. Тому в установці вимірювальні трубопроводи мали ВШВ-конструкцію з раптовими переходами.

Гідравлічний розрахунок установки

Для прикладу вибираємо насос НЦВ-25/20А, характеристики якого наведені в табл. 1.

Таблиця 1

Характеристика насосу НЦВ-25/20А

Найменування характеристики	Чисельне значення характеристики
Подача, м ³ /год	25
Напір, м	20
Потужність, кВт	4
Приєднувальний розмір всмоктувального патрубку, мм	80
Приєднувальний розмір нагнітального патрубку, мм	50

Згідно до вимог Регістру оптимальна швидкість для води в трубопроводі не повинна перевищувати 3,25 м/с.

Визначення діаметру трубопроводів установки

Оптимальний діаметр визначається за формулою

$$d_0 = \sqrt{\frac{4Q}{\pi v_0}},$$

де Q – заданий розхід рідини, що перекачується, м³/с;

v_0 – оптимальна швидкість рідини.

Підставивши в цю формулу значення подачі насосу НЦВ-25/20А, отримуємо оптимальне значення діаметру трубопроводу внутрішнього контуру

$$d_{вн.опт} = \sqrt{\frac{4 \cdot 25}{\pi \cdot 3600 \cdot 3,25}} = 0,052 \text{ м}.$$

Вибираємо з сортаменту сталевих безшовних труб трубу із зовнішнім діаметром 60 мм і товщиною стінки 3 мм (60х3), умовний прохід Ду54, тобто $d_{вн} = 0,054 \text{ м}$.

Розрахунок нагнітальної магістралі насосу

Швидкість течії середовища визначається з формули

$$v = \frac{4Q_{вн}}{\pi d_{вн}^2} = \frac{4 \cdot 25}{\pi \cdot 3600 \cdot 0.054^2} = 3,03 \text{ м/с}$$

Коефіцієнт кінематичної в'язкості води $\nu = 1,006 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2 / \text{с}$, тоді число Рейнольдса $Re = \frac{\nu d_{вн}}{\nu} = \frac{3,03 \cdot 0,054}{1,006 \cdot 10^{-6}} = 162644$. Це значення знаходиться в інтервалі $4000 < Re < 3 \times 10^6$ тому для розрахунку коефіцієнта тертя можна використовувати формулу Кольбрука

$$\lambda_{вк.н} = (1,8 \lg 162644 - 1,52)^{-2} = 0,016.$$

Повний коефіцієнт втрат на ділянках визначається формулою

$$\xi_i = \lambda_{вк.н} \frac{l_i}{d_{вк}} + \sum \xi_{k_i},$$

де ξ – коефіцієнт втрат на і-ой ділянці;

l_i – довжина прямих трубопроводів на і-ой ділянці;

ξ_k – коефіцієнти втрат на місцевих опорах на ділянці.

На верхній гілці присутні місцеві опори вимірювального трубопроводу, двох поворотів на 90^0 та прямі трубопроводи довжиною l_1 , на нижній гілці місцеві опори вимірювального трубопроводу, засувки, двох поворотів на 90^0 та прямі трубопроводи довжиною l_2 .

Відведення з поворотом на 90^0 має місцевий опір 0,197.

Коефіцієнти місцевого опору засувки залежать від ступені відкриття, дані наведені в табл. 2.

Таблиця 2

Частково відкрита засувка

Ступінь відкриття, %	Коефіцієнт втрат
10	270
30	17
50	4
70	1
90	0,2
100	0,1

Вимірювальні трубопроводи розміщені на трубопроводах діаметром 60 мм, товщина стінок 3 мм.

Розглянемо розміри вимірювального трубопроводу. Згідно з вимогою формули, що наведена в роботі [3].

$$\frac{r}{h} = \frac{27}{3} = 9,$$

де r – внутрішній радіус;

h – товщина стінки.

Для випадку ВШВ-конструкції приймаємо $h_2 = 3,5 \text{ мм}$.

Тоді

$$r_{i2} = 31,5 \text{ мм} .$$

$$v = \frac{4 \cdot 25}{\pi 3600 (0,063)^2} = 2,23 \text{ м / с}$$

Наведені розміри вимірювального трубопроводу відповідають вимогам.

Результати розрахунків місцевого опору ВШВ-конструкції наведені в табл. 3.

Таблиця 3

Місцеві опори при раптовому звуженні та розширенні потоку

Характеристика	Коефіцієнт втрат	Швидкість, м/с	Втрата напору, м
Раптове звуження потоку	0,133	2,23	0,034
Раптове розширення потоку	0,265	2,23	0,067
Трубопровід в цілому	0,398	2,23	0,101

Заради зрівняння опорів верхньої та нижньої гілок при повністю відкритій засувці довжина прямих трубопроводів верхньої гілки повинна бути трохи більшою, щоб компенсувати опір засувки на нижній гілці. Ця величина розраховується із формули

$$\Delta \xi_I = \lambda_{\text{вк.н}} \frac{\Delta l_i}{d_{\text{вк}}} = 0,1,$$

$$\Delta l = \frac{0,1 \cdot 0,054}{0,016} \approx 0,34 \text{ м},$$

Довжина прямих трубопроводів нижньої гілки $l_H = 2,0 \text{ м}$, а верхньої гілки $l_v = 2,34 \text{ м}$, а коефіцієнт втрат верхньої гілки є постійним

$$\xi_v = 0,016 \frac{2,34}{0,054} + 2 \cdot 0,197 + 0,398 \approx 1,49,$$

а у нижньої гілки цей коефіцієнт залежить від положення засувки

$$\xi_H = 0,016 \frac{2}{0,054} + 2 \cdot 0,197 + 0,398 + \xi_{\text{зас}} \approx 1,39 + \xi_{\text{зас}} .$$

Результати дослідження. В таблиці 4 наведені результати вимірювання витрат в залежності від положення засувки, їх графічне зображення наведено на рис. 7.

Таблиця 4

Залежність витрат від положення засувки

$Q_{ВХ}$, м ³ /год	$Q_{В}$, м ³ /год	$Q_{Н}$, м ³ /год	$Q_{ВИХ}$, м ³ /год	Відсоток відкриття засувки
23	23	0	23	0
23	22,7	0,17	22,87	10
23	21,4	1,7	23,1	30
23	18,2	4,99	23,19	50
23	14,2	8,83	23,03	70
23	12	11	23	90
23	11,5	11,5	23	100

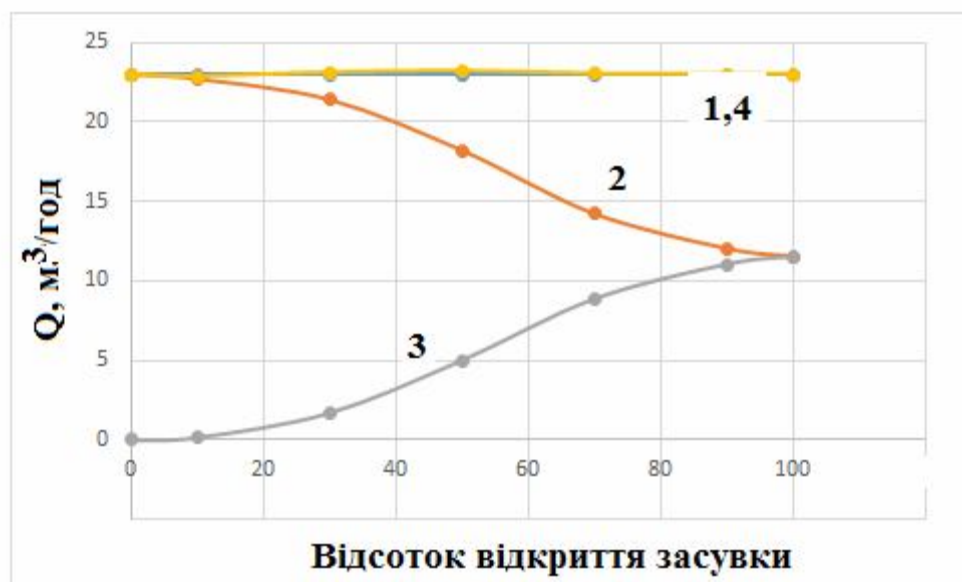


Рис. 7. Залежність витрат від положення засувки:

1 – вхід; 2 – верхня гілка; 3 – нижня гілка; 4 – сумарні витрати на виході

Аналіз наведених даних говорить о справності використаного насосу і можливості визначення якості відцентрових насосів в процесі перекачки шляхом використання двох вимірювальних трубопроводів тензометричного витратоміра на вході та виході насосу.

Висновки. Розроблена установка для визначення якості відцентрових насосів методами тензометрії. Аналіз наведених даних говорить о можливості визначення якості відцентрових насосів в процесі перекачки шляхом Використання двох вимірювальних трубопроводів тензометричного витратоміра на вході та виході насосу

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. <https://www.deyuanmarine.com/Marine-Pumps-pl68794.html> (Дата звернення 18.09.2023).
2. <http://machineryspaces.com/centrifugal-pump.html> (Дата звернення 18.09.2023).
3. Антохов О.Д., Гаур Т.О., Нікіфоров В.І., Цацко В.І. Тензометричний витратомір рідини // Вісник Одеського національного морського університету. № 4(57). 2018. С. 121-130.
4. Нікіфоров В.І., Цацко В.І., Гаур Т.О. Вплив властивостей рідини на показання тензометричного витратоміру рідини / *Materials of the XIII international scientific and practical conference / Modern European science – 2018, June 30-July 7, 2018, Volume 8, Sheffield, Science and Education Ltd, 2018. P. 20-22.*
5. Антохов О.Д., Цацко В.І. Вплив геометричних розмірів вимірювального трубопроводу на показання тензометричного витратоміру рідини / *Матеріали XVI Міжнародна научна практична конференція Найновітє постиження на європейската наука – 2018, 15-22 юния 2018 г. Volume 10, София, Бял ГРАД-БГ ОДД». 2018, С. 34-36.*
6. Цацко В.І., Гаур Т.О., Бабій Ю.С. Вплив тиску рідини на показники тензометричного витратоміру / *Матеріали науково-методичної конференції «Суднова електроінженерія, електроніка і автоматика» 05.12.2018-06.12.2018. – Одеса: НУ «ОМА», 2019.С. 50-53.*
7. Антохов О.Д., Бабій Ю.С., Гаур Т.О., Нікіфоров В.І., Цацко В.І. Оцінка впливу деяких факторів на точність тензометричного витратоміра рідини. *Středoevropský věstník pro vědu a výzkum 7(59) 2019, P. 65-71.*
8. Дранчук С.М., Кочетков О.В., Мудрьонов І.С. Цацко В.І. Дослідження впливу конструкції вимірювального трубопроводу на результати вимірювання витрат рідини в судових системах / *Матеріали науково-методичної конференції «Суднова електроінженерія, електроніка і автоматика» 24.11.2020-25.11.2020. – Одеса: НУ «ОМА», 2020. С. 42-45.*

REFERENCES

1. <https://www.deyuanmarine.com/Marine-Pumps-pl68794.html>
2. (accessed 18 Septemer 2023).
3. <http://machineryspaces.com/centrifugal-pump.html> (accessed 18 Septemer 2023).

4. Antohov O.D., Gaur T.O., Nikiforov V.I., Tsatsko V.I. Tenzometrichnij vitratomir ridini. *Visnik Odeskogo nacionalnogo morskogo universitetu. № 4(57), 2018, P. 121-130.*
5. Nikiforov V.I., Tsatsko V.I., Gaur T.O. *Vpliv vlastivostej ridini na pokazannya tenzometrichnogo vitratomiru ridini./Materials of the XIII international scientific and practical conference/ Modern European science – 2018, June 30-July 7, 2018, Volume 8, Sheffield, Science and Education Ltd, 2018, P. 20-22.*
6. Antohov O.D., Tsatsko V.I. *Vpliv geometrichnih rozmiriv vimiryuvalnogo truboprovodu na pokazannya tenzometrichnogo vitratomiru ridini./Materiali XVI Mezhdunarodna nauchna praktichna konferenciya Najnovite postizheniya na evropejskata nauka – 2018, P. 15-22 iyuni 2018 g. Volume 10, Sofiya, Byal GRAD-BG ODD». 2018. P. 34-36.*
7. Tsatsko V.I., Gaur T.O., Babij Yu.S. *Vpliv tisku ridini na pokazniki tenzometrichnogo vitratomiru /Materiali naukovno-metodichnoyi konferenciyi «Sudnova elektroinzheneriya, elektronika i avtomatika» 05.12.2018-06.12.2018. – Odesa: NU «OMA», 2019. P. 50-53.*
8. Antohov O.D., Babij Yu.S., Gaur T.O., Nikiforov V.I., Tsatsko V.I. *Ocinka vplivu deyakih faktoriv na tochnist tenzometrichnogo vitratomira ridini. Stredoevropsky vestnik pro vedu a vyzkum 7(59) 2019. P. 65-71.*
9. Dranchuk S.M., Kochetkov O.V., Mudronov I.S., Tsatsko V.I. *Doslidzhennya vplivu konstrukciyi vimiryuvalnogo truboprovodu na rezultati vimiryuvannya vitrat ridini v sudnovih sistemah/Materiali naukovno-metodichnoyi konferenciyi «Sudnova elektroinzheneriya, elektronika i avtomatika» 24.11.2020-25.11.2020. – Odesa: NU «OMA», 2020. P. 42-45.*

Стаття надійшла до редакції 24.06.2023

Посилання на статтю: Цацко В.І., Дранчук С.М., Машин В.М., Криворучко Д.Ю., Гаур Т.О., Іовчев С.І. Установка дослідження якості відцентрових насосів методом тензометрії // Вісник Одеського національного морського університету: Зб. наук. праць, 2023. № 4 (71). С.7-19. DOI 10.47049/2226-1893-2023- 4-7-19.

Article received 24.06.2023

Reference a journalartic: Tsatsko V., Dranchuk S., Mashin V., Krivoruchko D., Gaur T., Iovchev S. Centrifugal pumps quality research installation using tension methody: Coll. scient. works, 2023. № 4 (71). P. 7-19. DOI 10.47049/2226-1893-2023- 4-7-19.