

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

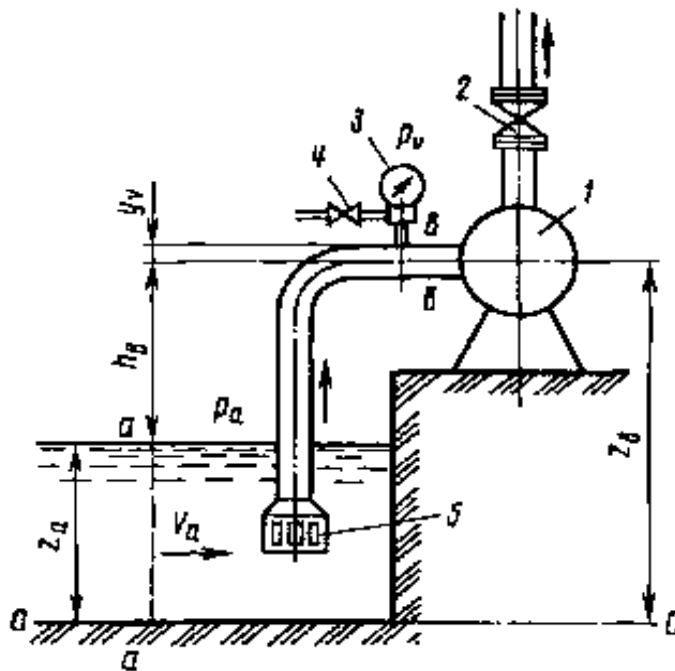
ХАРКІВСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ МІСЬКОГО  
ГОСПОДАРСТВА

М.М.Яковенко, Ю.П.Тітов

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

ДО ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ З ДИСЦИПЛІНИ  
«НАСОСНІ Й ПОВІТРОДУВНІ СТАНЦІЇ»

(для студентів 4-5 курсів денної та заочної форм навчання напряму  
підготовки 6.060103 «Гідротехніка (Водні ресурси)», 0926 «Водні ресурси»)



ХАРКІВ – ХНАМГ – 2009

Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни «Насосні й повітродувні станції» (для студентів 4-5 курсів денної та заочної форм навчання напряму підготовки 6.060103 «Гідротехніка (Водні ресурси)», 0926 «Водні ресурси»)/ Харк. нац. акад. міськ. госп-ва; уклад.: М. М. Яковенко, Ю.П. Тітов— Х.: ХНАМГ, 2008. – 40 с.

Укладачі: М.М. Яковенко, Ю.П. Тітов

Рецензент: А.М. Колотіло

Методичні вказівки до лабораторних робіт з насосних станцій містять опис насосних установок і приладів, основні теоретичні відомості до кожної роботи, методику та послідовність виконання робіт.

Розраховані для студентів 4 курсу спеціальності «Водопостачання і водовідведення».

Рекомендовано кафедрою «Водопостачання і водовідведення»,  
протокол № 1 від 2.09.09

У системах водопостачання і каналізації для підйому й переміщення води та інших рідин найчастіше використовуються відцентрові насоси, що відносяться до типу лопатевих гідравлічних машин.

Робота відцентрового насоса характеризується системою трьох функціональних рівнянь (робочих характеристик), що встановлюють зв'язок між напором  $H$ , потужністю  $N$ , ККД  $\eta$  і подачею (продуктивністю)  $Q$ . Для насоса даної марки такі характеристики будують на основі випробувань на установці. Результати випробування відцентрового насоса звичайно зображують на полі одного графіка у вигляді трьох кривих:  $H=f_1(Q)$ ;  $N=f_2(Q)$ ;  $\eta = f_3(Q)$ .

Лабораторна робота №1 «Вивчення конструкцій різноманітних відцентрових насосів на зразках, що розбирають і визначають їх марку» дозволяє вивчити конструкції насосів, усвідомити призначення їх основних вузлів і деталей; провести монтаж і демонтаж насосів.

Лабораторна робота №2 «Нормальні випробування лопатевого насоса» дозволяє, ознайомившись з елементами насосної установки й правилами експлуатації насосів, визначити основні параметри  $H$ ,  $N$ ,  $\eta$ ,  $Q$  й побудувати характеристики відцентрового насоса.

При установці насоса з позитивною висотою всмоктування (насос розташований вище рівня води в колодязі), підйом, і переміщення в рідині в усмоктувальній трубі обумовлені явищем вакууму, що спостерігається в цій області й у центрі корпусу насоса. Абсолютний тиск  $P_1$  у цій зоні знижується нижче атмосферного  $P_a$ :  $P_1 < P_a$ . Разом з тим тиск  $P_1$  повинен бути більше тиску насичених пар усмоктуваної рідини при даній температурі

$$P_{\pi}: P_1 > P_{\pi}$$

У протилежному разі вже при рівності  $P_1 = P_{\pi}$  в рідині настає перетворення, при якому інтенсивно виділяються розчинені в ній гази, порушується

суцільність руху, продуктивність насоса різко падає, відбувається зрив його роботи й механічне руйнування матеріалу лопаток, робочого колеса й корпусу насоса. Це явище називається кавітацією й відбувається в такий спосіб. Бульбашки, що виділяються у повітрі й газі разом з рідиною миттєво надходять із області низького тиску (вакууму) в область більш високого тиску (манометричного) на периферії робочого колеса. При цьому відбувається конденсація бульбашок пари, що супроводжується місцевими гідравлічними ударами рідини, які заповнюють порожнечі, що утворюються при конденсації пари. Удари із силою тиску в кілька тисяч атмосфер, що виникають поблизу елементів насоса, створюють точкові вогнища руйнування металу. Механічне руйнування елементів насоса доповнюється хімічною корозією від дії газів, що виділяються.

Лабораторна робота №3 «Кавітаційні випробування лопатевого насоса» знайомить з явищем кавітації у відцентровому насосі й визначає наступні основні параметри: критичний кавітаційний запас  $\Delta h_{кр}$ , вакуумметрична висота всмоктування  $H_{вс}^{бак}$ , припустиму висоту  $H_{вс}^{доп}$ .

Відцентрові насоси в установках і насосних станціях можуть групуватися і встановлюватися паралельно або послідовно. Паралельна робота насосів застосовується для підвищення продуктивності насосних станцій, а послідовна - для збільшення напорів. Спільна робота насосів характеризуються сумарними головними характеристиками.

Лабораторна робота №4 «Випробування насосів при паралельній роботі» дозволяє познайомитися з роботою двох відцентрових насосів однієї марки, з'єднаних паралельно, і на підставі даних дослідів одержати сумарні головні характеристики.

Лабораторна робота №5 «Випробування насосів при послідовній роботі» дає змогу вивчити послідовну роботу двох відцентрових насосів однієї марки й визначити головну сумарну характеристику.

## КОРОТКІ ВІДОМОСТІ ПРО ВИПРОБУВАННЯ НАСОСІВ

Насоси широко застосовують у різних областях народного господарства. Вони різноманітні за принципом дії та конструктивним виконанням і повинні надійно працювати у будь-яких умовах. Ці умови часто помітно змінюються при використанні того самого насоса. Тому, щоб передбачити можливість нормальної роботи того або іншого насоса в заданих умовах, необхідно мати в його характеристики, що, як правило, одержують дослідним шляхом на спеціальних лабораторних стендах або на натурній виробничій установці, де працює насос під час експлуатації.

Випробування насосів можна розділити на п'ять видів: параметричні, контрольні, на надійність, ресурсні й дослідницькі.

**Параметричні випробування** дають можливість визначити зміну зовнішніх параметрів насоса залежно від зміни умов його роботи (наприклад, характеристики мережі). Результати цих досліджень звичайно подають у вигляді узагальнених графіків  $H$ ,  $N$ ,  $\eta$ ,  $\Delta h_{\text{доп}} = f(Q)$  при  $p = \text{const}$ , які називають характеристиками насоса й розділяють їх на енергетичні —  $H$ ,  $N$ ,  $\Delta h_{\text{доп}} = f(Q)$  й кавітаційні —  $D h_{\text{доп}} = f(Q)$ .

За енергетичними характеристиками насоса можна визначити можливість підйому ним рідини із заданою подачею на задану висоту при заданій характеристиці мережі, а також потужність, що повинна при цьому підводитись до насоса.

Кавітаційна характеристика дає змогу визначити позначку установки насоса стосовно рівня джерела, при якій забезпечується безперебійна робота насоса протягом тривалого періоду експлуатації без істотних пошкоджень його робочих органів.

**Контрольні випробування** проводять для підтвердження того, що параметри насоса перебувають у припустимих межах (наприклад, для ухвалення рішення про придатність насоса до подальшої експлуатації).

**Випробування на надійність** дають можливість одержати показники надійності насоса, тобто оцінити безвідмовність його роботи в обговорених умовах експлуатації.

**Ресурсні випробування** визначають дійсні показники безвідмовності, довговічності й ремонтпридатності випробуваного насоса.

**Дослідницькі випробування** мають найрізноманітніший характер і часто вимагають застосування складної і дорогої вимірювальної апаратури. Основна мета цих випробувань - поліпшення різних показників насоса (економічність, надійність, збільшення ресурсу, спрощення технології виробництва та ін.). ДЕРЖСТАНДАРТ 6134-71 регламентує вимоги до проведення різних видів випробувань, до точності вимірів, порядку оформлення документації та ін.

З усіх перерахованих вище випробувань для фахівців водопостачання та водовідведення найбільший інтерес становлять **параметричні** випробування, тому що їхні результати необхідні не тільки для оцінки можливості використання у заданих умовах насоса тієї чи іншої марки, але й для аналізу роботи всієї гідравлічної мережі, в яку введений насос, у процесі експлуатації. Тому більшість випробувань насосів, що викладаються нижче в учбово-лабораторних роботах, мають характер, близький до параметричних випробувань.

Виміри при параметричних випробуваннях насосів

При параметричних випробуваннях визначають основні зовнішні параметри насоса на різних режимах його роботи. Для більшості насосів такими параметрами є:  $Q$  — об'ємна подача насоса в одиницю часу або просто подача насоса, л/с,  $\text{м}^3/\text{с}$ ,  $\text{м}^3/\text{год}$ ;  $H$  — напір насоса, м;  $n$  — частота обертання вала насоса або двигуна,  $\text{хв}^{-1}$ ;  $N$  — потужність, споживана насосом, кВт;  $\eta$  — коефіцієнт корисної дії насоса, % або частки від 1;  $\Delta h_{\text{прип}}$  — припустимий кавітаційний запас, м.

Для лопатевих насосів величини  $H$ ,  $N$ ,  $\eta$ ,  $\Delta h_{\text{прип}}$  залежать від зміни подачі  $Q$  при постійних частотах обертання вала насоса  $n$ .

**Подачу насоса**  $Q$  найчастіше визначають шляхом виміру об'ємної витрати рідини за одиницю часу в напірній лінії за насосом. Вимір витрати у всмоктувальних лініях небажано, тому що наявність там вакууму може внести додаткові похибки у виміри. У лабораторних умовах найпоширеніші способи визначення витрат рідини, вказані в табл. 1.1.

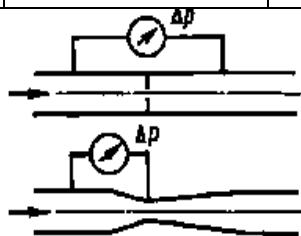
**Напір насоса**  $H$  — це збільшення питомої механічної енергії потоку рідини, що проходить крізь насос, тобто

$$H = (p_n - p_v) / \rho g + (v_n^2 - v_v^2) / 2g + Z_{\text{вим}},$$

де  $p_n$  і  $v_n$  — тиск і швидкість потоку в напірному трубопроводі після насоса,

Таблиця 1.1 - Способи виміру витрати рідини

Спосіб	Вимірюваний параметр	Прилад для виміру	Функціональна залежність витрати від вимірюваного параметра
1	2	3	4
Встановлення звужуючого пристрою (шайба, сопло, труба Вентурі)	Перепад тиску $\Delta p$	Диференційний манометр	$Q = k_1 \sqrt{\Delta p}$



Продовження табл. 1.1

1	2	3	4
Встановлення гідравлічної турбіни ("вертушки")	Частота обертання турбіни $f$	Частотомір	$Q = k_2 f$



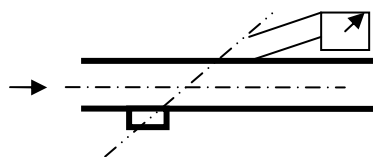
Продовження табл. 1.1

1	2	3	4
Встановлення індукційного витратоміра	Електрорушійна сила в електро – ланцюгах $u$	Показчик ЕРС	$Q = k_3 u$



Продовження табл. 1.1

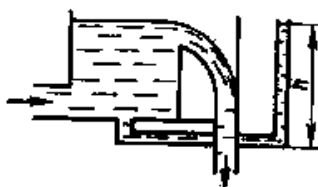
1	2	3	4
Встановлення ультразвукового вимірника швидкості потоку	Вимір швидкості поширення ультразвуку $\Delta c$	Стрілочний індикатор	$Q = f(\Delta c)$





Продовження табл. 1.1

1	2	3	4
Застосування ємкості з водозливом	Рівень рідини у напірній частині рідини ємкості $h$	Показчик рівня	$Q = f(h)$



Продовження табл. 1.1

1	2	3	4
Зміна швидкості потоку в окремих струмках	Швидкість потоку $v_i = f(\Delta p)$	Трубка Піто або інші типи датчиків швидкості	$Q = \sum v_i s_i$ де $v_i$ - швидкість плинущого струмка; $s_i$ площа перерізу струмка



$H/m^2$  і  $m/s$ ;  $p_v$  і  $v_v$  — те ж, у всмоктувальному трубопроводі перед насосом;  $\rho$  і  $g$  — щільність рідини й прискорення вільного падіння,  $kg/m^3$  і  $m/s^2$ ;  $Z_{\text{вим}}$  — відстань по вертикалі між тими точками рідини в напірних й усмоктувальних комунікаціях, у яких тиск відповідає значенням  $p_n$  і  $p_v$ , м.

Для визначення напору насоса необхідні виміри  $Z_{\text{вим}}$ ,  $p_n$  і  $p_v$ . Інші параметри розраховують за відомими подачею  $Q$  і геометричним розмірам трубопроводів. Тиск найчастіше вимірюють манометрами й вакуумметрами (Рис-1). Іноді тим самим приладом можна вимірювати і тиск, і вакуум. Тоді його називають мановакуумметром. Відмінна риса таких приладів полягає в тому, що вони показують не абсолютний тиск у трубці перед приладом (у

штуцері приладу), а надлишковий або вакуум від рівня атмосферного тиску. Тому абсолютний тиск у точці приєднання приладу до трубки, що підводить,

$$P_{\text{абс}} = P_a + P_m \text{ або } P_{\text{абс}} = P_a - P_v,$$

де  $P_m$  і  $P_v$  — відповідно показання манометра й вакуумметра, Н/м;  $P_a$  — атмосферний тиск, Н/м<sup>2</sup>.

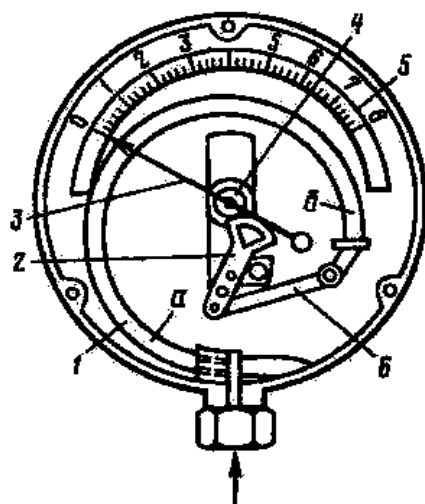


Рис. 1 - Пружинний манометр (вакуумметр):

а і б — відкритий і закритий кінці тонкостінної трубки; 1 — тонкостінна серповидна трубка; 2-важіль із зубчаткою; 3 — стрілка; 4— зубчасте колесо; 5 — шкала; 6-тяги

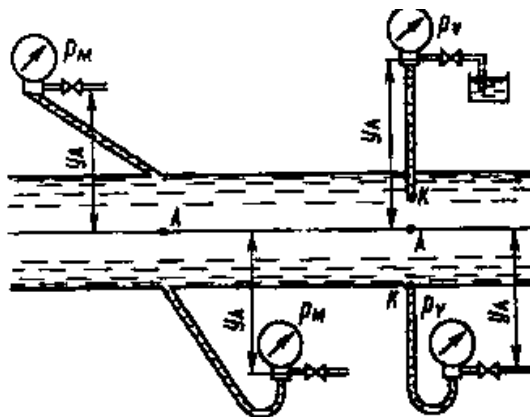


Рис. 2 - Схеми виміру тиску й вакууму

Звичайно точки вимірів тисків з'єднуються з манометрами (вакуумметрами) за допомогою підвідних трубок, які приєднують до трубопроводів до й після насоса. При цьому показання приладу може не відповідати справжньому значенню тиску в точці виміру. Так, якщо трубка, що

підводить, повністю заповнена рідиною і прилад розташований вище точки виміру, то справжній манометричний або вакуумметричний тиск у точці виміру (точка А на рис. 2) буде

$$p_{mA} = p_m + \rho g Y_A \text{ або } p_{vA} = p_v - \rho g Y_A,$$

де  $Y_A$  — відстань по вертикалі від точки виміру до штуцера приладу, м.

Якщо прилад розташований нижче точки А, то

$$p_{mA} = p_m - \rho g Y_A \text{ або } p_{vA} = p_v + \rho g Y_A.$$

Таким чином, при установці манометра (вакуумметра) нижче або вище точки виміру для визначення справжнього тиску в цій точці необхідно враховувати тиск стовпчика рідини, що заповнює трубку, що підводить, і частину трубопроводу до точки виміру. Якщо трубка, що підводить, заповнена повітрям, то у всіх випадках показання манометра (вакуумметра) практично будуть відповідати справжньому тиску на її початку (точка К на рис. 2), тому що вплив тиску стовпчика повітря у трубці через малу його щільність буде мізерним. Трубки, що підводять, до манометрів звичайно «проливають» рідиною, а до вакуумметрів «продувають» повітрям. Для цього в місці з'єднання трубки з приладом установлюють триходовий кран або просто трубку з краном, що відводить рідину (див. рис. 2). У першому випадку при відкритті крана повітря «скидається» з трубки, що підводить, в атмосферу, у другому повітря з атмосфери «продуває» трубку, що підводить, і видаляє з неї воду. У принципі можна й вакуумметричну трубку, що підводить, «проливати» водою, якщо вільний кінець її опустити під рівень води в посудині (див. рис. 2). Найбільшої точності виміру досягаються при розташуванні осі трубок, що підводять, у горизонтальній площині, що проходить через точку виміру. У цьому разі не потрібні ні «проливки», ні «продувки» трубок, тому що  $Y_A = 0$  (див. рис. 2). У практиці для виміру вакууму або малих тисків іноді застосовують U-подібні скляні трубки, заповнені ртуттю. Точність вимірів при

цьому підвищується. Але робота з цими приладами вимагає обережності й акуратності, тому що ртуть дже шкідлива речовина для обслуговуючого персоналу.

Велике поширення одержали малогабаритні електричні датчики, в яких тиск, вакуум або перепад тиску перетворюються в електричний сигнал, що надходить далі на вторинний вказівний прилад. Такі датчики мають малі розміри, тому їх можна встановлювати безпосередньо в місці виміру, а сигнали від них передавати на осцилограф, друкувальний пристрій або ЕОМ. Основні недоліки цього способу виміру: не завжди висока точність вимірів, велика вартість устаткування і обслуговування.

**Частоту обертання вала насоса або двигуна  $n$**  можна вимірювати різними тахометрами або спеціальними частотомірами-тахометрами з електроімпульсними лічильниками сигналів, що надходять з індукційних або фотоелектричних датчиків, які встановлені поблизу вала, що обертається.

**Потужність насоса (споживану)  $N$**  можна виміряти двома способами: за допомогою прямих і непрямих вимірів.

Перший спосіб заснований на прямих вимірах частоти обертання вала насоса  $n$  і крутного моменту, що діє на вал насоса  $M_{кр}$ . Споживана насосом потужність, кВт,

$$N = M_{кр} n / 9550,$$

де  $n$ ,  $хв^{-1}$ ;  $M_{кр}$ , Н м.

Крутний момент  $M_{кр}$  можна визначити і за допомогою спеціальної вагової голівки, з'єднаної з двигуном, що може обертатися в підшипникових опорах (рис. 1.3)

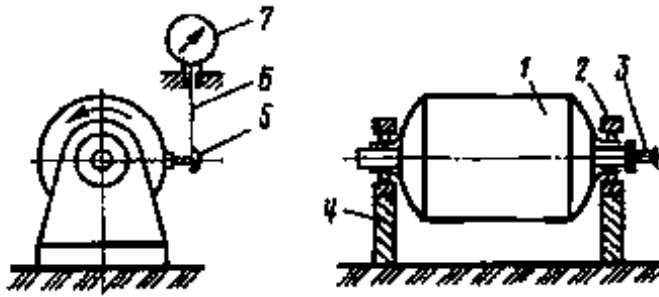


Рис. 1.3 - Визначення крутного моменту  $M_{кр}$  за допомогою встановленого в підшипникових опорах двигуна і вагової голівки:

1-двигун; 2— підшипниковий вузол; 3 — вал насоса; 4 — опора; 5— важіль; 6 - тяга; 7— вагова голівка зі шкалою

Другий спосіб заснований на вимірі споживаної двигуном електричної потужності  $N_{дв}$ , що потім використовують для розрахунку споживаної насосом потужності з урахуванням відомих коефіцієнтів корисної дії двигуна  $\eta_{дв}$  і передач від двигуна до насоса  $\eta_{пер}$

$$N = N_{дв} \eta_{дв} \eta_{пер}$$

### Коефіцієнт корисної дії насоса

$$\eta = \rho g Q H / 1000 N,$$

де всі параметри у правій частині визначені у процесі параметричних випробувань насоса ( $Q$ , м<sup>3</sup>/с;  $H$ , м;  $N$ , кВт).

### Припустимий кавітаційний запас

$$\Delta h_{доп} = A \Delta h_{кр},$$

де  $A$  — коефіцієнт запасу,  $A = 1,1 \dots 1,5$  (див. роботу № 5);  $\Delta h_{кр}$  — критичний кавітаційний запас, обумовлений дослідним шляхом;

$$\Delta h_{кр} = p_{в.кр} / \rho g + v_v^2 / 2g - p_{п.ж} / \rho g,$$

тут  $p_{в.кр}$  — мінімальний абсолютний тиск у всмоктувальному трубопроводі перед насосом, при якому останній ще зберігає практично незмінним напір  $H$  при постійних подачі  $Q$  й частоті обертання  $n$ ;  $v_v$  — швидкість води у всмоктувальному трубопроводі перед насосом, м/с;  $p_{п.ж}$  — тиск насичених парів рідини, Н/м<sup>2</sup>.

Таким чином, для знаходження припустимого кавітаційного запасу  $\Delta h_{\text{доп}}$  необхідні ті ж засоби вимірів, які використовують для визначення напору  $H$ , подачі  $Q$ , частоти обертання  $n$ .

**Припустима вакуумметрична висота усмоктування** має наступний аналітичний зв'язок з припустимим кавітаційним запасом:

$$H_{\text{доп}}^{\text{вак}} = (p_a - p_{\text{п.ж}}) / \rho g + V_{\text{в}}^2 / 2g - \Delta h_{\text{доп}}, \text{ м.}$$

Власне кажучи, це показання вакуумметра в метрах, встановленого на усмоктувальному трубопроводі перед насосом на рівні точки виміру тиску  $p_{\text{в}}$ . Негативне значення  $H_{\text{доп}}^{\text{вак}}$  свідчить, що тиск у трубопроводі при вході в насос вище атмосферного.

### **Лабораторна робота № 1**

#### **Вивчення конструкцій різноманітних відцентрових насосів на зразках, які розбирають і визначають їхніх марку**

**Мета роботи:** вивчити конструкції насосів; усвідомити призначення їхніх основних вузлів і деталей; провести монтаж і демонтаж насосів.

**Порядок проведення роботи:** скласти ескізи робочих коліс насосів; зняти основні розміри коліс, необхідні для визначення марки насоса; визначити марки насосів.

Роботу № 1 виконують після ознайомлення з конструкціями насосів за кресленнями, діапозитивами, плакатами. Студент повинен вивчити на реальних зразках не менше трьох насосів різної конструкції (звичайно консольний, з двостороннім входом і багатоступінчастий секційний). Для всіх видів досліджуваних насосів студент робить схематичні ескізи конструкцій, а також ескізи робочих коліс. У процесі вивчення конструкцій насосів студенти виконують часткове розбирання й зборку досліджуваних зразків. З порядком збирання відцентрового насоса в повному обсязі можна ознайомитися на прикладі насоса Д2000-21 (рис. 1.4).

Роботу проводять у наступній послідовності:

**1.** Збирають ротор насоса: на робоче колесо 18 насаджують захисні кільця 17 і закріплюють їх настановними гвинтами; на вал насоса 21 насаджують робоче колесо 18 на шпонці 20; робоче колесо закріплюють на місці, повернувши захисні втулки 15; на захисних втулках закріплюють ґрундбуksi 14; надягають кільця сальника 22, а на вал — розбризкувачі 3; на захисні кільця робочого колеса накидають ущільнюючі кільця 16; збирають на валу роликopідшипник, поставивши послідовно кришку 4 підшипника, розпірну вилку 11, кoнiчний роликopідшипник 10, шайбу 6 і гайки 7; збирають на валу шарикopідшипник на стороні муфти, поставивши послідовно кришку підшипника 24, розпірну втулку 11, шарикopідшипник 26 і втулку з різьбленням 27.

**2.** Установлюють корпус насоса 30 на місце збирання.

**3.** Ставлять на місце болти з вушком для сальників 1.

**4.** Кладуть зібраний ротор на підшипники, одночасно надягаючи корпус підшипника 9 відповідно на роликopідшипник 10, а корпус підшипника 25 на шарикopідшипник 26 і на болти в корпусі насоса 5.

**5.** Закріплюють на місці корпуса підшипників 9 і 25 гайками; установлюють контрольні шпильки.

**6.** Прикручують до корпусів підшипників 9 і 25 кришки 4 і 24 болтами, попередньо установивши прокладки; установлюють розбризкувач 3 і закріплюють їх на місці гвинтами; прикручують заглушку 8 гвинтами, установивши прокладки.

**7.** Насаджують на вал зі шпонкою 28 диск муфти 29, закріплюють його на місці настановним гвинтом.

**8.** Ставлять на місце й прикручують кришку насоса 19, проклавши у стиках прокладки з клінгеріта з установкою контрольних шпильок.

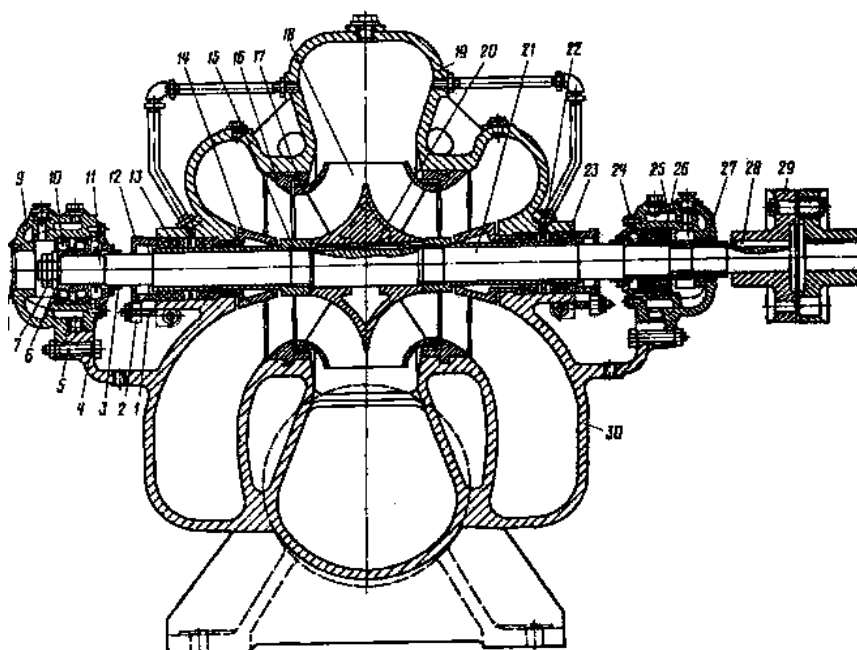


Рис. 1.4 - Відцентровий насос Д2000-21:

1, 2, 12, 22— сальники; 3 — розбризгувач; 4 — кришка підшипника; 5, 30— корпуса насоса; 6— шайба; 7-гайки; 8— заглушка; 9, 25— корпуса підшипників; 10 — конічний роликопідшипник; 11 — розпірна втулка; 13 — набивання; 14— ґрундбукси; 15, 23 — захисні втулки; 16 й 17— ущільнюючі й захисні кільця; 18— робоче колесо; 19— кришка насоса; 20 — шпонка; 21 — вал насоса; 24— кришка підшипника; 26— шарикопідшипник; 27— втулка з різьбленням; 28 — шпонка; 29 — диск муфти

**9.**Набивають сальники набивкою 13, поставивши на місце кільця сальника 22 і половини кришок сальників 2 й 12,

**10.**стягають половини болтами.

**10.**Збирають трубопроводи для підведення води до сальників.

**11.**Ввертають у відповідні місця відповідно до складального креслення пробки, масловказівники, віджимні болти.

Розбирання виконують у зворотному порядку.

Основні розміри робочого колеса, необхідні для визначення марки насоса, показані на малюнку 1.5:  $D_2$  — зовнішній діаметр робочого колеса;  $D_o$  — діаметр вхідного перерізу робочого колеса;  $d_{вт}$  — діаметр втулки. Визначивши розміри робочого колеса, їх заносять у таблицю 1.2.



Таблиця 1.2 - Розміри й параметри насоса, необхідні для визначення його марки

Тип насоса	Розміри колеса, мм			Число		Частота обертання вала насоса $n, \text{хв}^{-1}$
	$D_2$	$D_0$	$d_{\text{вт}}$	сторін всмоктування $i_{\text{вх}}$	ступінь нагнітання $i_{\text{ст}}$	

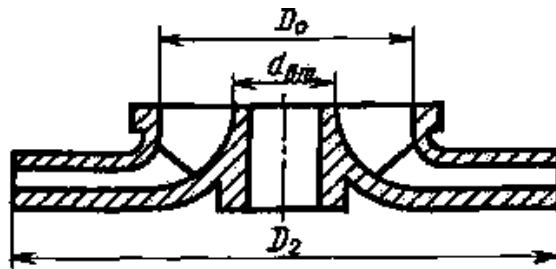


Рис. 1.5- Ескіз робочого колеса насоса з однобічним входом

Марки насосів мають такий вигляд: насоси типу К — К —  $Q_{\text{год}} / H$ ; типу Д — Д  $Q_{\text{год}} — H$ ; багатоступінчасті секційні типу МС — ЦНС  $Q_{\text{год}} — H$  ( $Q_{\text{год}}$  і  $H$  — подача,  $\text{м}^3/\text{год}$ , і напір, м, насоса при максимальному ККД).

Для визначення подачі  $Q$  й напору  $H$  викладач задає частоти обертання вала насоса  $n$ . Тоді секундна подача,  $\text{м}^3/\text{с}$  і напір, м, насоса визначають за формулами

$$Q_c = (D_{\text{экв}} / K_D)^3 n i_{\text{вх}}$$

$$H = i_{\text{ст}} \sqrt[3]{((3,65 n \sqrt{Q_c / i_{\text{вх}}}) / n_s)^4}$$

де  $D_{\text{экв}}$  — еквівалентний діаметр входу в колесо, м,  $D_{\text{экв}} = \sqrt{D_0^2 - d_{\text{вт}}^2}$ ;  $K_D$  — коефіцієнт,  $K_D = 4 \dots 4,5$ ;  $n$  — частота обертання вала насоса,  $\text{хв}^{-1}$ ;  $i_{\text{вх}}$  — число сторін усмоктування;  $i_{\text{ст}}$  -число ступенів насоса;  $n_s$  — коефіцієнт швидкоходу насоса,  $\text{хв}^{-1}$ , який можна визначити за графіком (рис. 1.6).

Для обчислення  $Q_c$  і  $H$  використовують вихідні формули

$$D_{\text{эКВ}} = K_D \sqrt[3]{Q_c / n} \quad \text{і} \quad n_s = (3,65n \sqrt{Q_c / i_{\text{ex}}}) / (H / i_{\text{ст}})^{3/4},$$

отримані на основі теорії побності. У марку насоса входить годинна подача, тобто  $Q_{\text{год}} = Q_c \cdot 3600$ , м<sup>3</sup>/год. Результати визначення  $n_s$  і розрахунків заносять в таблицю 1.3, після чого до неї записують марки усіх виучуваних насосів.

Таблиця 1.3 - Визначення марок насосів

Тип насоса	$D_2/D_0$	$n_s$ по графікові	$Q_c = (D_{\text{эКВ}}/K_p)^3 n_{\text{вх}},$ м <sup>3</sup> /с	$Q_{\text{год}} =$ $Q_c \cdot 3600,$ м <sup>3</sup> /год.	$H = i_{\text{ст}} \sqrt[3]{\left( \frac{3,65n \sqrt{Q_c / i_{\text{BX}}}}{n_s} \right)^4}$ м	Марка насоса

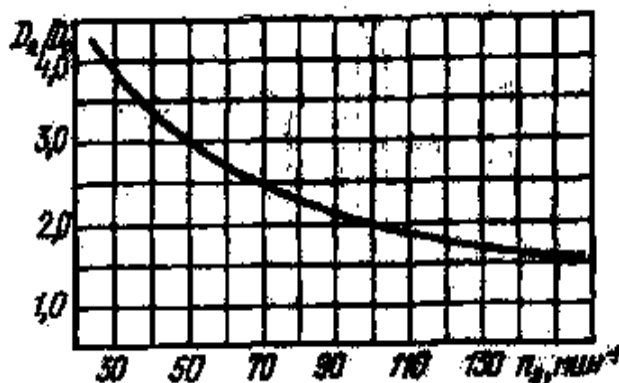


Рис.1.6 - Графік залежності коефіцієнта швидкохідності насоса  $n_s$  від відношення діаметрів робочого колеса  $D_2/D_0$

### Контрольні питання і завдання:

1. Які особливості досліджуваних конструкцій насосів, їхня позитивна якість і недоліки?
2. Як збирають і розбирають насоси різних конструкцій?
3. Як рухається вода в проточній частині насосів?
4. Розкажіть про роботу сальникових ущільнень насосів.
5. У чому різниця маркування насосів з малою і великою подачею?

### Лабораторна робота № 2

# НОРМАЛЬНІ ВИПРОБУВАННЯ ЛОПАТЕВОГО НАСОСА

## 1.1 Мета роботи

- 1.2 Ознайомитися з елементами насосної установки.
- 1.3 Освоїти правила експлуатації насоса.
- 1.4 Визначити основні параметри насоса.
- 1.5 Побудувати характеристики відцентрового насоса.

## 1.2. Опис експериментальної установки

Лабораторна установка являє собою циркуляційну систему (рис.2.1). Насосний агрегат (насос 2 - двигун 3) і система трубопроводів (всмоктуючий 4, напірний 7) з вимірювальними приладами (вакуумметр 6, манометр 9) змонтовані на стенді - резервуарі 1, заповненому водою до проектної позначки.

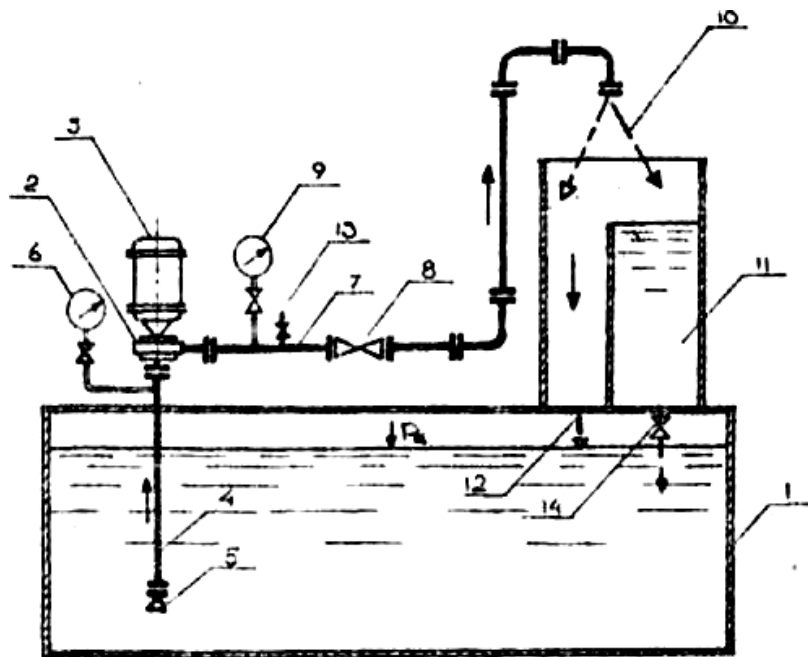


Рис.2.1 - Схема лабораторної установки:

1 - стенд-резервуар; 2 - відцентровий насос; 3 - електродвигун; 4 - усмоктувальний трубопровід; 5 - прийомний клапан; 6 - вакуумметр; 7 - напірний трубопровід; 8 - вентиль регулювальний; 9 - манометр; 10 - патрубок перекидний; 11 - мірний бак; 12 - зливальний патрубок; 13 - кран для заливання насосам перед пуском; 14 - кран для зливу води з мірного бака

Відцентровий насос 2, забираючи воду усмоктувальним трубопроводом 4 з резервуара 1, подає її по напірному трубопроводу 7 на висоту геометричного напору, потім через мірний бак 11 вода скидається у той же резервуар 1. На всмоктувальному трубопроводі 4 установлений прийомний клапан 5, необхідний при заливанні насоса водою перед пуском, і вакуумметр 6. На напірному трубопроводі 7 установлений манометр 9 і регулювальний вентиль 8. Напір насоса визначається за показанням вакуумметра 6 і манометра 9. Подачу насоса визначаються за допомогою мірного бака 11- об'ємним способом. На фото витрату насоса визначають за допомогою водоміра 15

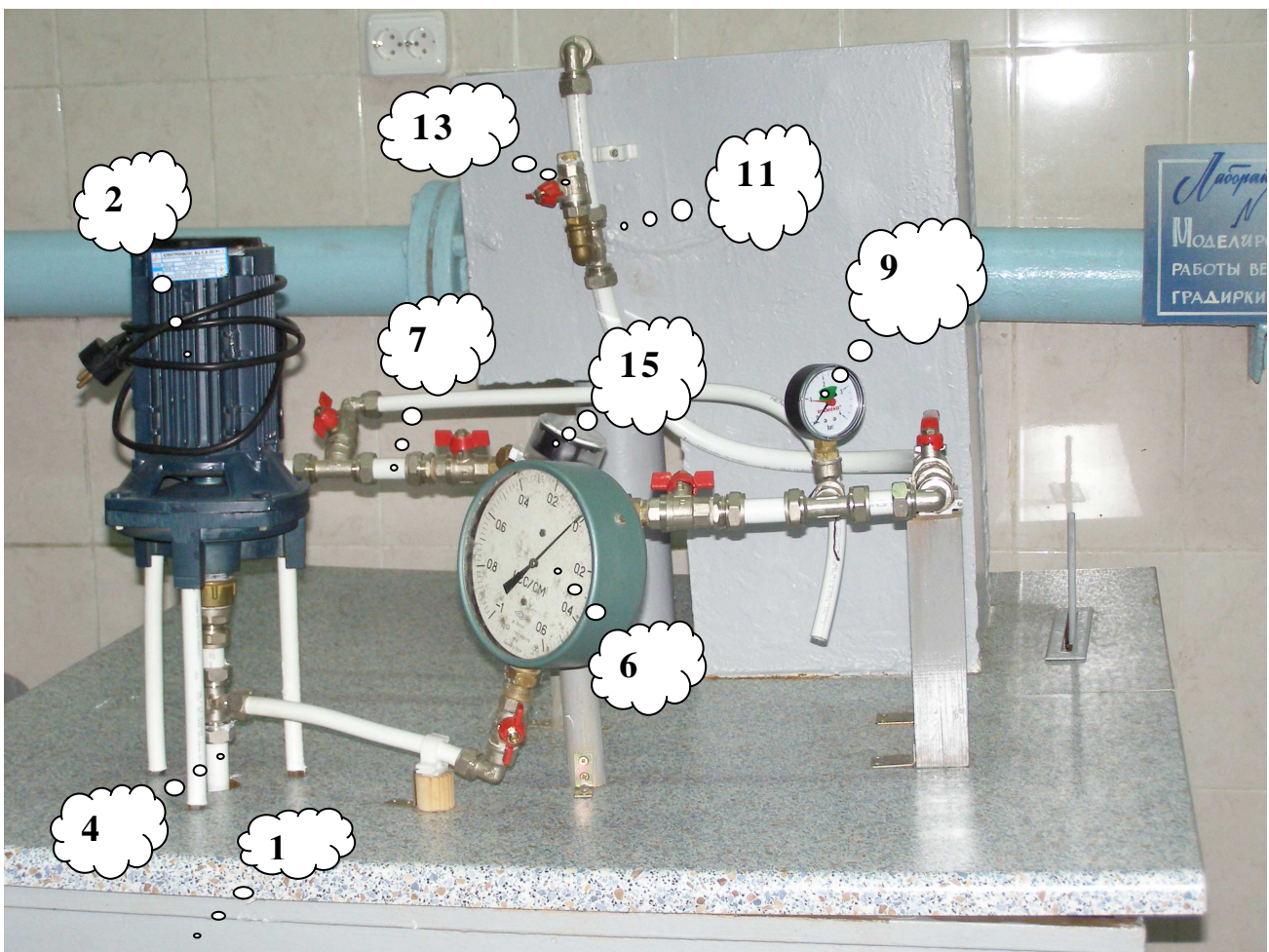


Фото 1 - Схема лабораторної установки  
«НОРМАЛЬНІ ВИПРОБУВАННЯ ЛОПАТЕВОГО НАСОСА»

### 1.3. Послідовність експерименту

#### 1.3.1. Пуск насосного агрегату.

1. Включають прилади: вакуумметр 6 і манометр 9.

2. Закривають регулювальний вентиль 8 на напірному трубопроводі 7.
3. Заливають насос 2 й усмоктувальний трубопровід 4 водою через кран 13.
4. Включається електродвигун 3.
5. Включають прилади: вакуумметр 6 і манометр 9.
6. Проводять випробування.

### **1.3.2. Проведення випробувань**

Передбачається проведення 7 - 8 дослідів, що розрізняються за величиною подачі (продуктивність насоса);

У кожному досліді визначаються:

- показання вакуумметра 6;
- показання манометра 9;
- час наповнення мірного бака 11.

Перший дослід проводять при закритому регулювальному вентилі 8 (подача насоса дорівнює нулю при  $Q=0$ ).

Нову подачу в кожному наступному досліді встановлюють за допомогою регулювального вентиля 8.

### **1.3.3.Зупинка насосного агрегату**

1. Включають прилади: вакуумметр 6 і манометр 9.
2. Закриваєть регулювальний вентиль 8.
3. Вимикаєть електродвигун.

### **1.3.4.Обробка результатів досліджень**

#### Визначення основних параметра насоса

На підставі проведених досліджень - нормальних випробувань лопатевого насоса - у кожному з дослідів визначаються наступні основні параметри: напір  $H$ , подача  $Q$ , потужність  $N$ , ККД насоса  $\eta$ .

#### Визначення напору насоса.

Напір насоса  $H$ , м, за показаннями приладів насосної установки визначаються за формулою

$$H = V + M + z \frac{V_2^2 - V_1^2}{2g},$$

де  $V$  – показання вакуумметра, м;

$M$  – показання манометра, м;

$z$  - різниця установки манометра й вакуумметра по вертикалі, м;

$\frac{V_2^2 - V_1^2}{2g}$  - різниця швидкісних напорів на вході й виході насоса, м.

При  $d_2 = d_1$   $\frac{V_2^2 - V_1^2}{2g} = 0.$

Таким чином, в лабораторній установці 1 напір насоса  $H$ , м, визначають за формулою

$$H = V + V + z.$$

Визначення подачі насоса.

Подачу (продуктивність) насоса  $Q$ , л/с, визначається об'ємним способом:

$$Q = \frac{W}{T},$$

$W$  - об'єм мірного бака, л,  $W=46,8$  л;

$T$  - час наповнення об'єму (визначають секундоміром), с.

Визначення потужності насоса.

Потужність насоса  $N$ , кВт, визначають за формулою

$$N = \frac{\rho \cdot g \cdot Q \cdot H}{1000},$$

де  $\rho$  – густина рідини ( $\rho=1000$  кг/м<sup>3</sup>);

$g$  – прискорення сили ваги ( $g=9,81$  м/с<sup>2</sup>);

$Q$  – подача насоса, м<sup>3</sup>/з;

$H$  - напір насоса, м.

Визначення ККД насоса. Коефіцієнт корисної дії насоса  $\eta$ , %, визначають за формулою

$$\eta = \frac{N}{N_0},$$

де  $N$  – потужність насоса, кВт;

$N_0$  – потужність двигуна насоса, кВт  $N_0$ , споживана електродвигуном з мережі (заміряють ваттметром).

Результати досліджень заносять в табл. 2.1 й обробляють.

Таблиця 2.1-Основні параметри відцентрового насоса

№ дослід.	Визначення напору				Визначення подачі		Потужність		ККД
	Показання манометра $N_1$	Показання вакуумметра $V$		Напір $H$	$W$	$T$	$Q$	$N$	$\eta$
$\frac{кг}{см^2}$	м вод. ст.	мм рт. ст.	м вод. ст.	м вод. ст.	л	с	л/с	кВт	%

Побудова характеристик відцентрового насоса

За даними табл. 2.1 будують характеристики відцентрового насоса (рис.2.2).

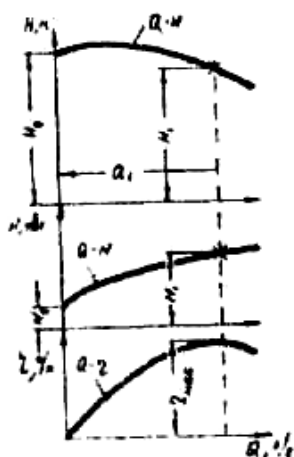


Рис.2.2. - Характеристики відцентрового насоса

## Лабораторна робота № 3

### КАВІТАЦІЙНІ ВИПРОБУВАННЯ ЛОПАТЕВОГО НАСОСА

#### 3.1. Мета роботи

1. Ознайомитися з явищем кавітації.
2. Визначити критичний кавітаційний запас  $\Delta h_{кр}$ .
3. Визначити припустиму висоту всмоктування  $H_{вс}^{доп}$ .
4. Визначити вакуумметричну висоту всмоктування, при якій починається кавітація  $H_{вс}^{доп}$ .

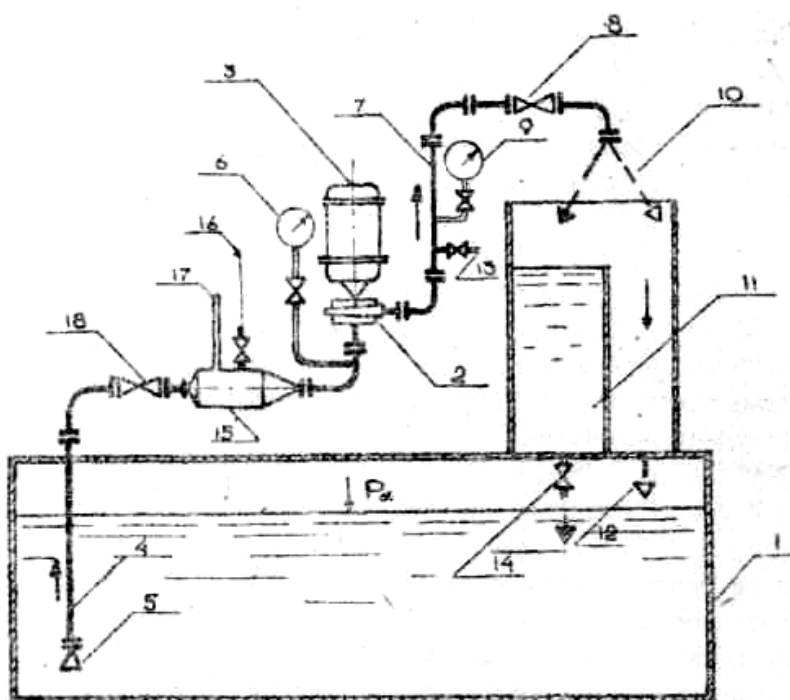


Рис.3.1 - Схема лабораторної установки 2:

1 - резервуар, 2 - відцентровий насос; 3 - електродвигун, 4 - усмоктувальний трубопровід, 5 - прийомний клапан, 6 - вакуумметр, 7 - напірний трубопровід, 8 - вентиль регулювальний, 9 - манометр, 10 - патрубок перекидний, 11- мірний бак, 12 - зливальний патрубок, 13 - кран для заливання насоса перед пуском, 14 - кран для зливання води з мірного бака, 15 - бачок, 16 - кран для випуску повітря в період заливання насоса й усмоктувального трубопроводу, 17 - термометр, 18 - вентиль.

#### 3.2. Опис експериментальної установки

Лабораторна установка являє собою циркуляційну систему (рис.3.1). Насосний агрегат (насос 2 - двигун 3) і система трубопроводів



(всмоктуючий 4, напірний 7) з вимірювальними приладами (вакуумметр 6, манометр 9) змонтовані на стенді - резервуарі 1, заповненому водою до проектної позначки.

На всмоктувальному трубопроводі 4 установлений бачок 15, в якому гасяться кавітаційні явища; видаляється з води повітря, що виділилося в усмоктувальному трубопроводі 4 і вентилі 18; вирівнюється розподіл швидкостей в потоці.

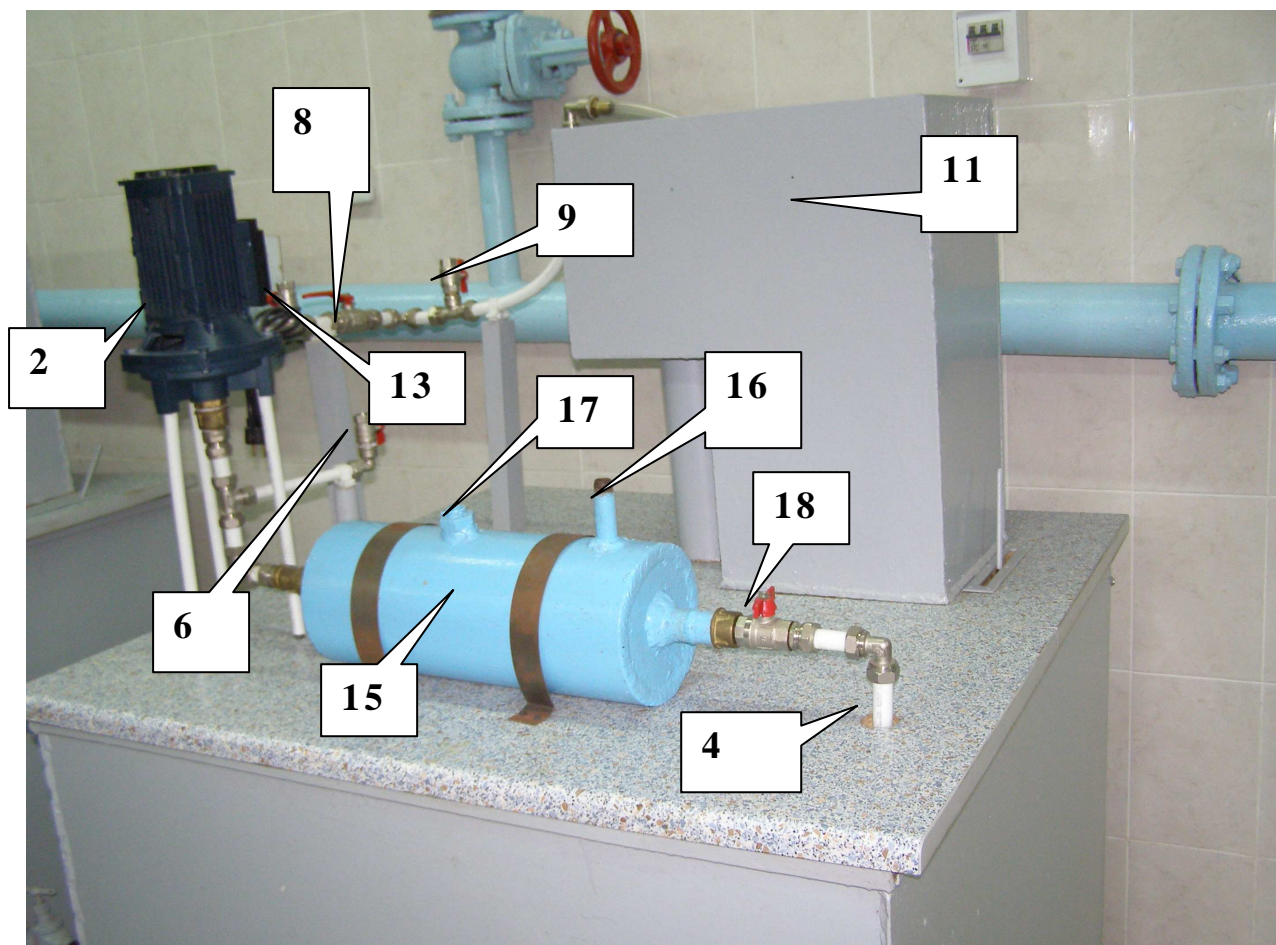


Фото.2 - Схема лабораторної установки.  
«КАВІТАЦІЙНІ ВИПРОБУВАННЯ ЛОПАТЕВОГО НАСОСА»

### 3.3. Послідовність експерименту

#### 3.3.1. Пуск насосного агрегату

1. Вимикаються прилади: вакуумметр 6 і манометр 9.
2. Закривають регулювальний вентиль 8 на напірному трубопроводі.
3. Повністю відкривають вентиль 18.

4. Заливають насос 2 й усмоктувальний трубопровід 4 водою через кран 13. Кран для випуску повітря 16 відкритий. Заливання виристовують доти, поки з цього крана вода не буде виходити без пухирців повітря.
5. Включають електродвигун 3.
6. Включають прилади: вакуумметр 6 і манометр 9.
7. Проводять випробування.

### **3.3.2. Проведення випробувань**

Зняття кавітаційної характеристики використовують при постійній подачі насоса. При випробуванні число обертів насоса й електродвигуна повинно бути постійним.

Передбачається проведення 6 - 7 дослідів, що розрізняються величиною вакууму в усмоктувальному трубопроводі (ступенем відкриття вентилі 18).

У кожному досліді знімають показання приладів: манометра 9, вакуумметра 6, термометра 17, визначають час наповнення мірного бака 11.

За допомогою вентилі 8, установлюють подачу  $Q$ , при якій знімається кавітаційна характеристика (час наповнення мірного бака 11).

У першому досліді вентиль 18 на усмоктувальному трубопроводі 4 відкритий повністю.

Новий вакуум у входу в насос установлюють прикриттям вентилі 18. У зв'язку з тим, що при цьому змінюється подача насоса, за допомогою вентилі 8 відновлюють колишню подачу. Час наповнення мірного бака 11 залишається постійним.

### **3.3.3. Зупинка насосного агрегату**

1. Вимикають прилади: манометр 9 і вакуумметр 6.
2. Повністю відкривають вентиль 18.
3. Закривають регулювальний вентиль 8.
4. Вимикають електродвигун 2.

### **3.3.4. Обробка результатів досліджень**

Визначення основних параметрів

На підставі проведених досліджень - кавітаційних випробувань лопатевого насоса - визначають наступні основні параметри: напір  $H$ , подача  $Q$ , потужність  $N$ , температура  $t^\circ$ , кавітаційний запас у кожному з дослідів  $\Delta h$ .

Визначення напору насоса. Напір насоса  $H$ , м, визначають за формулою

$$H = M + V + z_1 + z_2 ,$$

де  $M$  - показання манометра, м;

$V$  - показання вакуумметра, м;

$z_1$  – положення вакуумметра, м;

$z_2$  – положення манометра, м.

Визначення подачі насоса. Подачу (продуктивність) насоса  $Q$ , л/с, визначають об'ємним способом:

$$Q = \frac{W}{T} ,$$

де  $W$  - об'єм мірного бака, л ( $W=46,8$  л);

$T$  - час наповнення об'єму  $T$ , с, (визначають секундоміром).

Визначення потужності насоса. Потужність на валу насоса  $N$ , кВт, визначають за формулою

$$N = N_0 \cdot \eta_{дв} ,$$

де  $N_0$  – потужність, споживана електродвигуном з мережі (заміряють ваттметром);

$\eta_{дв}$  – ККД електродвигуна (визначають за його характеристикою залежно від навантаження).

Визначення кавітаційного запасу. Кавітаційний запас  $\Delta h$ , м, визначають за формулою

$$\Delta h = \frac{P_6}{\rho g} - \frac{V}{\rho g} - \frac{U_1^2}{2g} - \frac{P_n}{\rho g},$$

де  $P_6$  – барометричний тиск, визначають за табл. 3.1, залежно від висоти установки насоса над рівнем моря, м;

$V$  - показання вакуумметра, м;

$$\frac{V_1^2}{2g}$$

- швидкісний напір у всмоктувальній трубі у входу в насос, м;

$P_n$  – тиск насичених парів (пружність насиченої пари), визначають за табл. 3.2, залежно від температури.

#### Побудова кавітаційної характеристики

У результаті обробки експериментального матеріалу кавітаційних випробувань для кожного режиму роботи насоса одержують кавітаційну характеристику, що являє собою залежність напору й потужності від кавітаційного запасу

$$H = f_1(\Delta h) \text{ і } N = f_2(\Delta h)$$

при постійній частоті обертання робочого колеса  $n$  і подачі  $Q$  / $n=\text{const}$ ,  $Q=\text{const}$ / (див. рис.3.2).

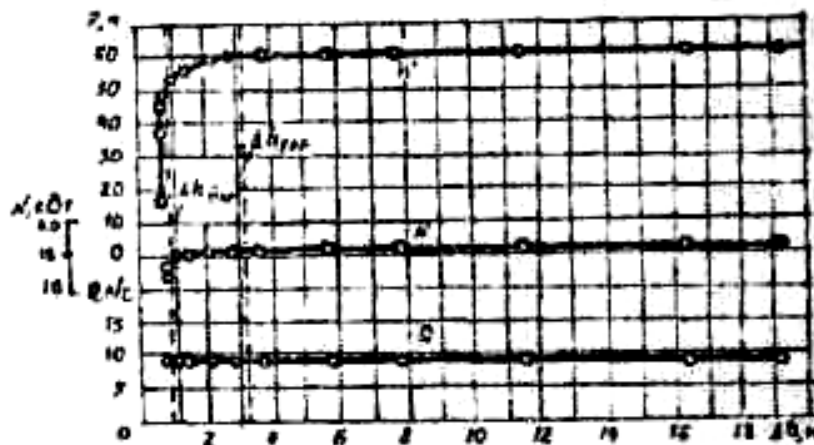


Рис.3.2 - Кавітаційна характеристика насоса

При більших кавітаційних запасах кавітаційні явища відсутні й величини напору  $H$ , потужності  $N$  від кавітаційного запасу не залежать. На графіку  $H - \Delta h$ ,  $N - \Delta h$  лінії  $H=f_1(\Delta h)$  і  $N=f_2(\Delta h)$ , осереднюючі дослідні точки, горизонтальні.

Таблиця 3.1 - Барометричний тиск

Висота над рівнем моря, м	60	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1500	2000
Атмосферне тиск, м	11,3	10,3	10,2	10,1	10,0	9,8	9,7	9,6	9,5	9,4	9,3	9,2	8,6	8,4

29

Таблиця 3.2 - Тиск насиченої пари залежно від температури

Температ ура t, c	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Тиск насиченої пари, Р <sub>п</sub> , м	0,009	0,12	0,24	0,43	0,75	1,25	2,02	3,17	4,82	7,14	10,33

Виникнення кавітації приводить до зменшення напору  $H$  і потужності  $N$  насоса: лінії  $H=f_1(\Delta h)$  і  $N=f_2(\Delta h)$  викривляються. Режим, при якому починається спадання напору й потужності, що відображено на графіку  $H - \Delta h$ ,  $N - \Delta h$ , називають кавітаційним запасом  $\Delta h_{кр}$ .

Щоб насос не працював у режимі кавітації, призначають невелике перевищення припустимого кавітаційного запасу над критичним:

$$\Delta h_{доп} = (1,1 \div 1,3) \Delta h_{кр}.$$

Припустима висота всмоктування

$$H_{вс}^{доп} = \frac{P_1}{\rho g} - \Delta h - \frac{P_n}{\rho g} - h_{wвс},$$

де  $P_1$  – тиск у всмоктувальній трубі у входу в насос, м;

$h_{wвс}$  - втрати напору у всмоктувальній трубі, м.

Для контролю за кавітаційними умовами роботи насоса, за допомогою вакуумметра, визначають величину вакууму на вході в насос - вакуумметричну висоту всмоктування:

$$H_{вс}^{вак} = \frac{P_6 - P_n}{\rho g} + \frac{U_2}{2g} - \Delta h.$$

Результати досліджень - кавітаційних випробувань лопатевого насоса - заносять в табл.2.3 й обробляють.

Таблиця 3.3 - Основні параметри лопатевого насоса

№ досліду	Визначення напору			Потужність на валу насоса			Температура	Кавітаційний запас
	Показання манометра	Показання вакуумметра	Напір $H$	$N_0$ , кВт	$\eta_{дв}$ , %	$N$ , кВт		
	кг/см <sup>2</sup> мм рт.ст.	мм рт.ст.	м вод.ст.				$t$ , °C	$\Delta h$ , м

## Лабораторна робота №4

### ВИПРОБУВАННЯ НАСОСІВ ПРИ ПАРАЛЕЛЬНІЙ РОБОТІ

#### 4.1. Мета роботи

1. Ознайомитися з паралельною роботою відцентрових насосів.
2. Побудувати характеристики двох відцентрових насосів при паралельній роботі.

#### 4.2. Опис експериментальної установки

Лабораторна установка являє собою циркуляційну систему (рис.4.1). Відцентрові насоси 2 однієї марки забирають воду всмоктувальними трубопроводами 4

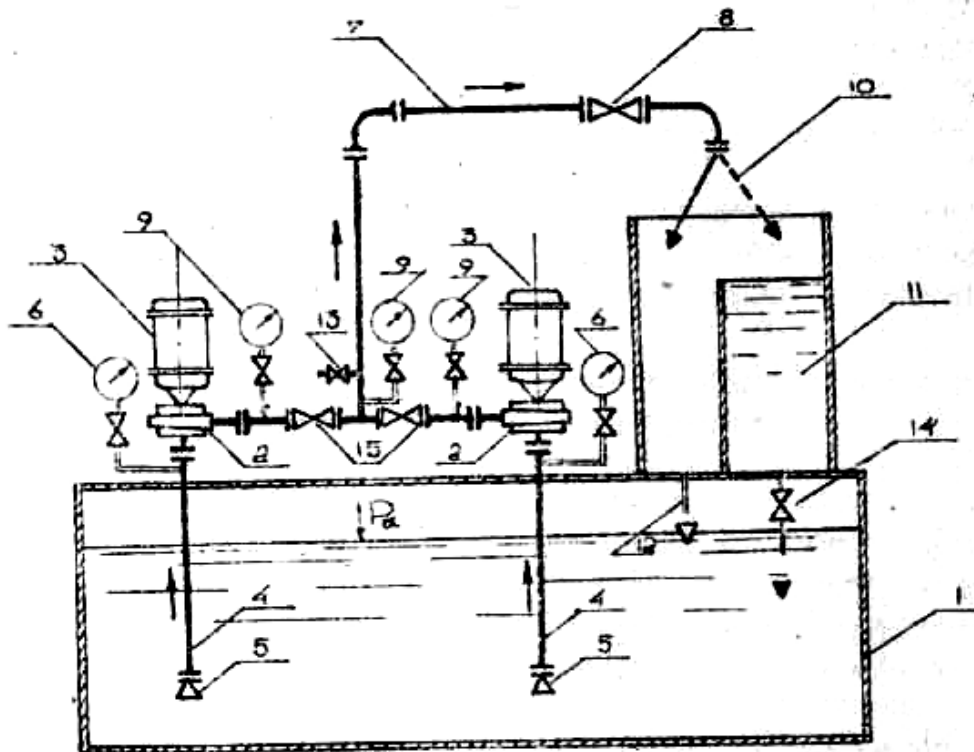


Рис. 4.1 - Схема лабораторної установки 3:

1 - стенд - резервуар; 2 - відцентровий насос; 3 - електродвигун; 4 - всмоктувальний трубопровід; 5 - прийомний клапан; 6 - вакуумметр; 7 - напірний трубопровід; 8 - вентиль регулювальний; 9 - манометр; 10 - патрубок перекидний; 11 - мірний бак; 12 - зливальний патрубок; 13 - кран для заливання насосів перед пуском; 14 - кран для зливу води з мірного бака (після визначення витрати води); 15 - пусковий вентиль.



З резервуара 1 і подають її на висоту геометричного напору, потім через мірний бак 4 вода скидається в той же резервуар 1. На всмоктувальних трубопроводах 4 установлені п'ятові клапани 5 і вакуумметри 6. На напірному трубопроводі 7 установлені манометри 9 й пусковий 15 і регулювальний 8 вентилі. За показаннями вакуумметрів 6 і манометрів 9 визначають напір насосів. Подача насосів 2 виконують об'ємним способом за допомогою мірного бака 11.

На фото для визначення витрати використовують крильчатий водомір 16.

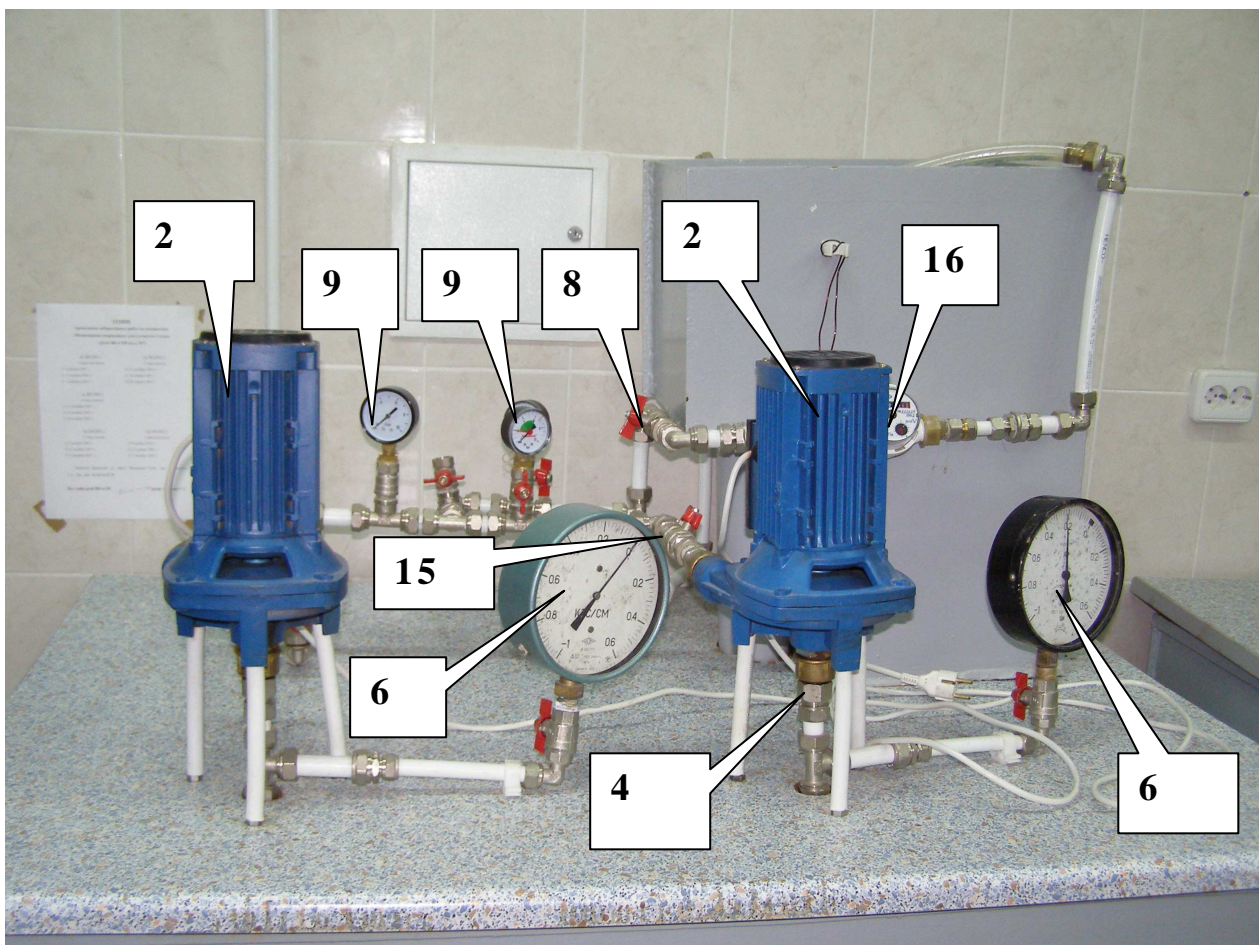


Фото.3 - Схема лабораторної установки.

#### «ВИПРОБУВАННЯ НАСОСІВ ПРИ ПАРАЛЕЛЬНІЙ РОБОТІ»

### 4.3. Послідовність експерименту

#### 4.3.1. Пуск насосного агрегату

1. Включають прилади: манометри 9 і вакуумметри 6.



2. Закривають пускові 15 і регулювальний 8 вентиля на напірному трубопроводі 7.
3. Заливають водою насоси 2 й всмоктувальні трубопроводи 4 через кран 13.
4. Включають електродвигуни 3 насосів.
5. Включають прилади: вакуумметр 6 і манометр 9.
6. Проводять випробування.

#### **4.3.2. Проведення випробувань і зняття показань приладу**

Передбачається проведення двох циклів дослідів:

- 1) випробування двох паралельно працюючих насосів;
- 2) випробування одного з насосів цієї установки.

У кожному із двох циклів дослідів рекомендується проведення 7-8 дослідів, що розрізняються величиною подачі насоса  $Q$ .

У кожному досліді визначають:

- показання вакуумметра 6,
- показання манометра 9,
- час наповнення напірного бака 11.

Перший дослід проводять при закритому регулювальному вентилі 8 (подача насоса дорівнює нулю).

Нове завдання в кожному наступному досліді встановлюють за допомогою регулювального вентиля 8

При проведенні другого циклу дослідів необхідно відключати один з насосів системи, закривши пусковий ventиль 15.

#### **4.3.3. Зупинка насосного агрегату**

1. Включають вакуумметри 6 і манометри 9.
2. Закривають регулювальний ventиль 8
3. Вимикають електродвигуни 3.

#### **4.3.4. Обробка результатів досліджень**

Визначення основних параметрів.

Визначення основних параметрів ( напору  $H$ , подачі  $Q$ , потужності  $N$ , ККД  $\eta$ ) використовують за методикою, викладеної в лабораторній роботі 1.

Результати досліджень обробляють за допомогою табл. 4.1.

#### Побудова характеристик відцентрових насосів.

На підставі експериментальних досліджень відцентрових насосів необхідно:

- побудувати характеристики спільної роботи двох насосів при паралельній роботі (за результатами першого циклу дослідів);
- побудувати характеристики одного з насосів (за результатами другого циклу дослідів);
- використовуючи характеристики одного насоса, побудувати сумарні характеристики двох паралельно працюючих насосів графічно й зіставити їх з характеристиками, отриманими експериментально.

У першому циклі дослідів, за даними табл. 4.1 будуються характеристики двох паралельно працюючих насосів.

У другому циклі дослідів, за даними табл. 2.1 будують характеристики одного відцентрового насоса, а потім виконують їхнє графічне підсумовування (рис. 4.2).

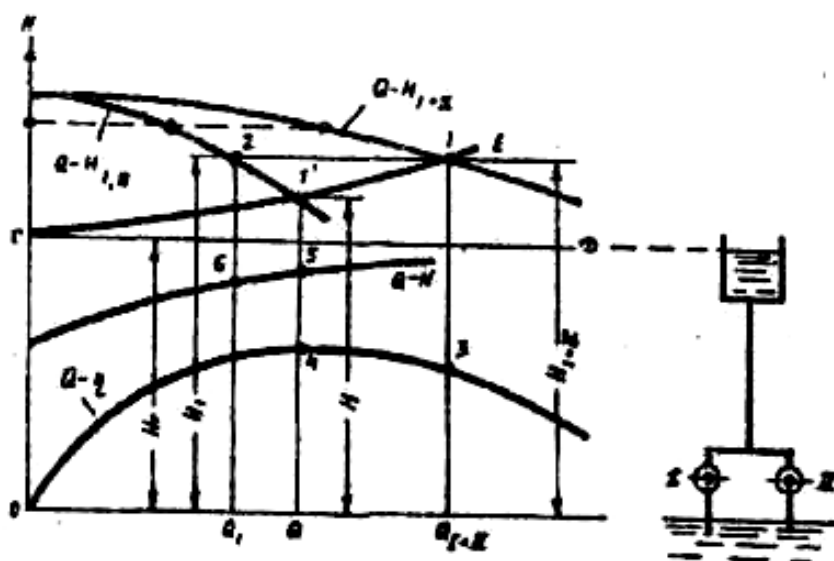


Рис.4.2 - Характеристики паралельної роботи двох однакових насосів

Для одержання головної сумарної характеристики двох насосів однієї марки слід скласти абсциси крапок кривій  $H=f(Q)$  обох насосів, узятих при одній і тій же ординаті, тобто варто скласти криві напорів  $Q-H_{I,II}$  обох насосів по горизонталі.

Далі зрівнюють характеристики спільної роботи двох насосів, що працюють паралельно, отримані експериментально й графічно.

## **Лабораторна робота № 5**

### **ВИПРОБУВАННЯ НАСОСІВ ПРИ ПОСЛІДОВНІЙ РОБОТІ**

#### **5.1. Мета роботи**

1. Ознайомитися з послідовною роботою відцентрових насосів.
2. Побудувати характеристики двох насосів при послідовній роботі.

#### **5.2. Опис експериментальної установки**

Лабораторна установка являє собою циркуляційну систему (рис.5.1.).

Відцентрові насоси 2 однієї марки, установлені послідовно, забирають воду всмоктувальним трубопроводом 4 з резервуара 1 і подають її по напірному трубопроводі 7 на висоту геометричного напору, потім через мірний бак 11 вода скидається в той же резервуар 1.

На всмоктувальному трубопроводі 4 установлені зворотній клапан 5 і вакуумметр 6.

На напірному трубопроводі 4 установлені манометр 9 і пусковий 15 та регулювальний 8 вентилі.

За показаннями вакуумметра 6 і манометра 9 визначають напір насосів.

Подачу насосів визначають об'ємним способом за допомогою мірного бака 11.

Трубопровід, що перебуває між I й II насосами, є напірним для насоса I й усмоктувальним для насоса II.

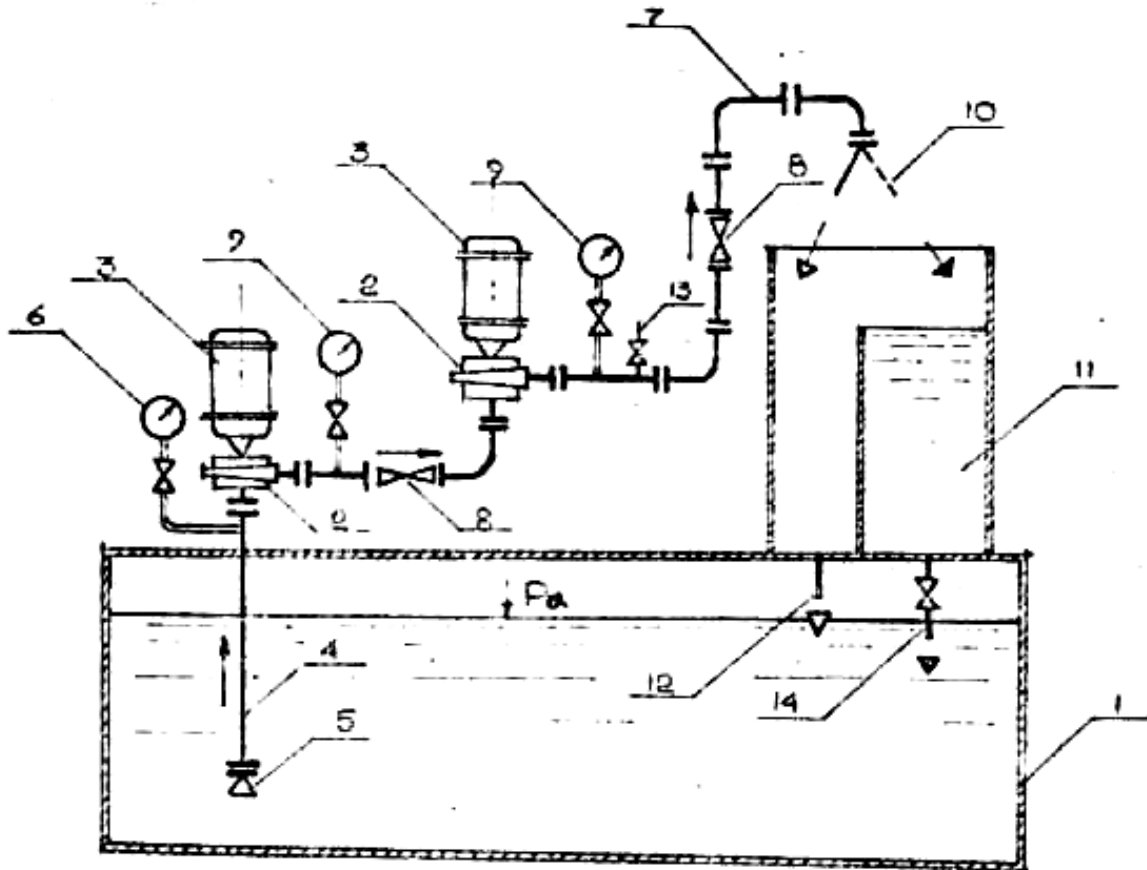


Рис.5.1 - Схема лабораторної установки

1 - стенд-резервуар; 2 - відцентровий насос; 3 - електродвигун; 4 - усмоктувальний трубопровід; 5 - прийомний клапан; 6 - вакуумметр; 7 - напірний трубопровід; 8 - вентиль регулювальний; 9 - манометр; 10 - патрубок перекидний; 11 - мірний бак; 12 - зливальний патрубок; 13 - кран для заливання насоса перед пуском; 14 - кран для зливання води з мірного бака.

### 5.3. Послідовність експерименту

#### 5.3.1. Пуск насосного агрегату

1. Вимикають прилади: вакуумметр 6 і манометр 9.
2. Закривають пусковий 15 і регулювальний 8 вентиля.
3. Заливають водою насоси 2 й усмоктувальні трубопроводи 4 через кран 13.
4. Включають електродвигуни 3 насосів.
5. Включають прилади: вакуумметр 6 і манометр 9.
6. Проводять випробування.

### 5.3.2. Проведення випробувань і зняття показань приладів

Передбачається проведення двох циклів дослідів:

- 1) випробування двох послідовно працюючих насосів;
- 2) випробування одного з насосів цієї установки.

У кожному із двох дослідів рекомендується проведення 7-8 дослідів, що розрізняються величиною подачі насоса  $Q$ .

У кожному досліді визначають:

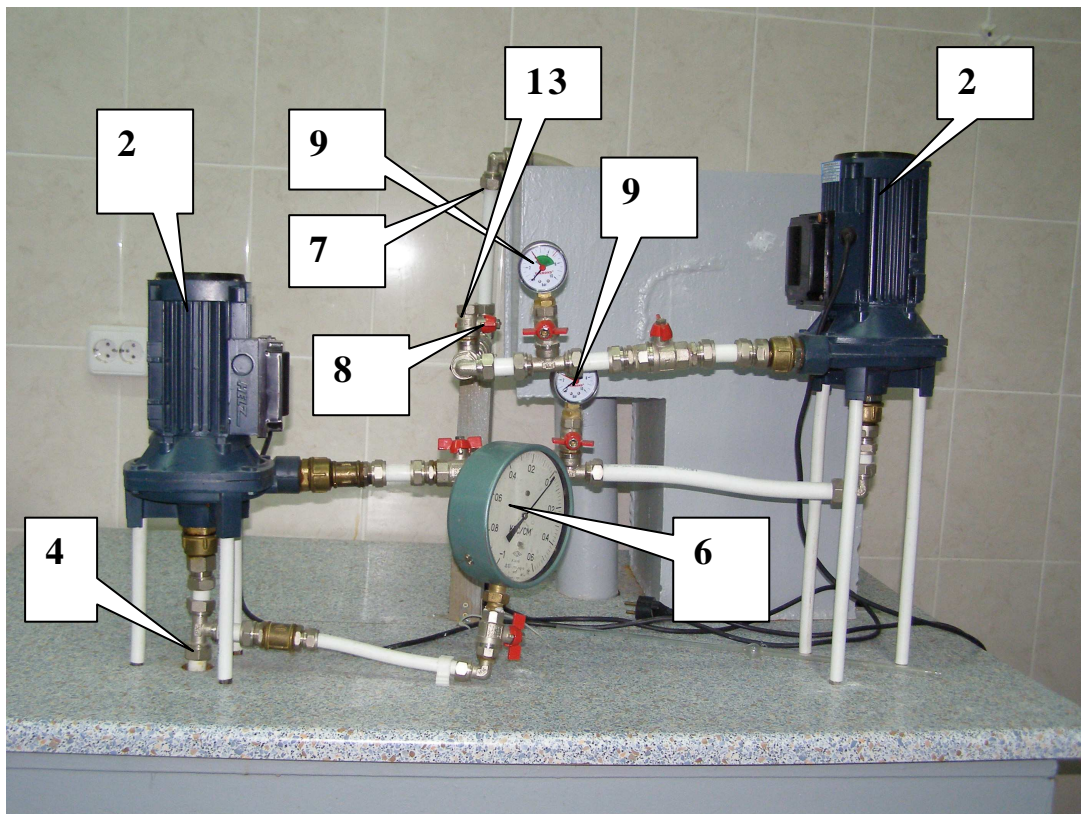


Фото.4 - Схема лабораторної установки

#### «ВИПРОБУВАННЯ НАСОСІВ ПРИ ПОСЛІДОВНІЙ РОБОТІ»

- показання вакуумметра 6,
- показання манометра 9,
- час наповнення мірного бака 11.

Перший дослід проводять при закритому регулювальному вентилі 8 (подача насоса дорівнює 0).

У кожному наступному досліді нову подачу встановлюють за допомогою регулювального вентиля 8.

При проведенні другого циклу дослідів один з насосів установки відключають.

### **5.3.3. Зупинка насосного агрегату**

1. Вимикаєть вакуумметр 6 і манометр 9.
2. Закриваєть регулювальний вентиль 8.
3. Вимикають електродвигуни 3.

### **5.3.4. Обробка результатів досліджень**

1. Визначення основних параметрів
2. Визначення основних параметрів (напору  $H$ , подачі  $Q$ , потужності  $N$ , ККД  $\eta$ ) виконують за методикою, викладеної в лабораторній роботі №1.
3. Результати досліджень обробляють за допомогою табл. 5.1.

### **Побудова характеристик відцентрових насосів**

На підставі експериментальних випробувань відцентрових насосів необхідно побудувати:

- характеристики спільної роботи двох насосів при послідовній роботі (за результатами першого циклу дослідів);
- характеристики одного з насосів (за результатами другого циклу дослідів);
- використовуючи характеристики одного насоса, побудувати сумарні характеристики двох послідовно працюючих насосів графічно й зіставити їх з отриманими експериментами.

У першому циклі дослідів, за даними табл. 5.1, будуються характеристики спільної роботи двох послідовно працюючих насосів.

У другому циклі дослідів за даними табл. 5.1 будують характеристики одного відцентрового насоса, а потім виконують їх графічне підсумовування (рис. 5.2).

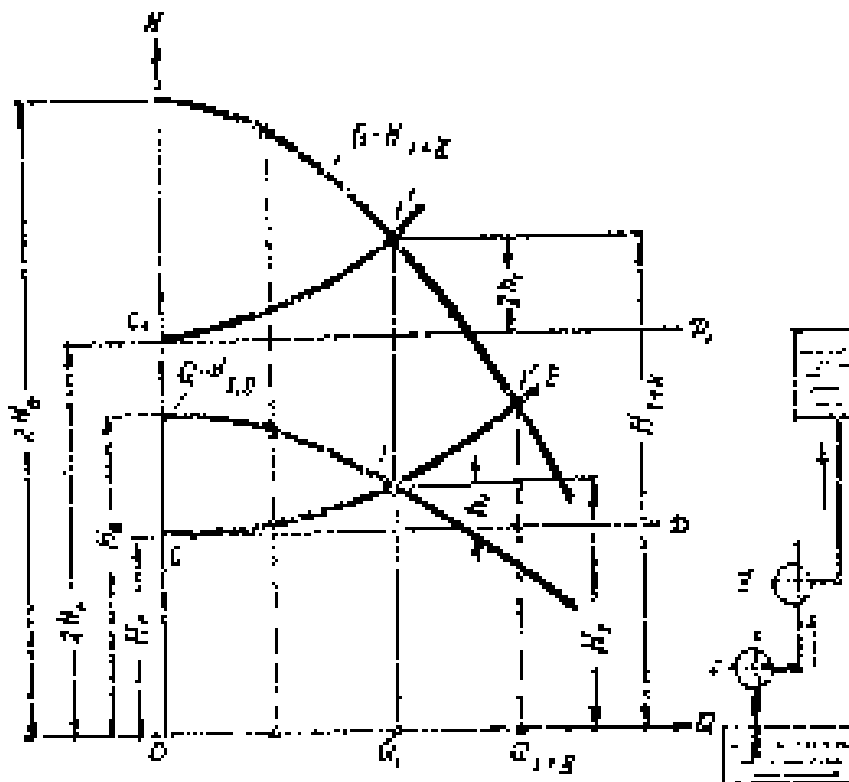


Рис. 5.2 - Характеристики послідовної роботи двох однакових насосів

Для одержання сумарної головної характеристики двох насосів однієї марки, які працюють послідовно, складаються ординати точок кривої  $H = f(Q)$  обох насосів, взятих при одній і тій же абсцисі, тобто складають криві напорів  $Q - H_{i,II}$  обох насосів по вертикалі.

зрівнюють характеристики спільної роботи двох насосів, що працюють послідовно, отриманих експериментально й графічно, шляхом побудови.

### Список літератури

1. Карелин В.Я., Минаев А.В. Насосы и насосные станции. - М. : Стройиздат, 1986.
2. Насосы. Каталог - справочник. - М.: ВИГМ, 1960.
3. СНиП 2.04.02 - 84. Водоснабжение. Внешние сети и сооружения. - М.: Стройиздат. 1989.

## НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ

Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни «Насосні й повітродувні станції» (для студентів 4-5 курсів денної та заочної форм навчання напряму підготовки 0926 «Водні ресурси», спеціальності 6.092600 - «Водопостачання і водовідведення»)

Укладачі: **Яковенко** Микола Михайлович.

**Тітов** Юрій Петрович

Редактор: М.З.Аляб'єв

План 2008, поз. 335-М

Підп. до друку 18.03.08	Формат 60 x 84 1/16	Папір офісний
Друк. на ризографі	Умовн.-друк. арк. 1,7	Обл.-вид. арк. 2
Тираж 100 пр.	Зам. № 4399	

Видавець і виготовлювач:

Харківська національна академія міського господарства,  
вул. Революції, 12, Харків, 61002

Електронна адреса: rectorat@ksame.kharkov.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:

ДК №731 від 19.12.2001